

Universidad Católica Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica



**“DISEÑO Y GENERACIÓN DE UNA SEÑAL ANALÓGICA DEL
ÁNGULO DE VIRAJE DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN DE UNA
PALA ELÉCTRICA EN LA OPERACIÓN MINERA LAS BAMBAS”**

Tesis presentado por el Bachiller:

Zeballos Rosas, Jorge Emilio

Para optar el Título Profesional de:

**Ingeniero Electrónico con
Especialidad en Automatización y
Control**

Asesor:

Mgter. Ing. Delgado Barra, Lucy

Arequipa – Perú

2021

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA ELECTRONICA
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 07 de Septiembre del 2021

Dictamen: 002363-C-EPIE-2021

Visto el borrador del expediente 002363, presentado por:

2006203361 - ZEBALLOS ROSAS JORGE EMILIO

Titulado:

**DISEÑO Y GENERACIÓN DE UNA SEÑAL ANALÓGICA DEL ÁNGULO DE VIRAJE DEL SISTEMA DE
PROPULSIÓN DE UNA PALA ELÉCTRICA EN LA OPERACIÓN MINERA LAS BAMBAS**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**1475 - MALAGA CHAVEZ CESAR EDUARDO
DICTAMINADOR**



**1546 - DELGADO BARRA LUCY ANGELA
DICTAMINADOR**



**1886 - COPA PINEDA JUAN CARLOS
DICTAMINADOR**





DEDICATORIA

“A mis padres por haberme forjado como la persona que soy, formando valores en el día a día y por apoyarme en cada paso, por sus consejos y la educación que me han brindado durante mi formación personal”



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por ser mi guía y guiarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mis padres Yolanda y Jorge, a mi hermana por ser los pilares fundamentales y motivarme a ser mejor cada día, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.

A mis docentes que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional.

A la UCSM por haberme formado profesionalmente.

RESUMEN

En este documento se desarrolla la tesis que lleva por título “Diseño y generación de una señal analógica del ángulo de viraje del sistema de propulsión de una pala eléctrica en la operación minera Las Bambas”. En este trabajo de investigación se planteó como objetivo principal la mejora ingenieril mencionada en el título y cuenta con un diseño experimental. El tipo de investigación es concluyente descriptiva, mientras que el método de investigación es mixto. La técnica e instrumento de investigación empleados son la revisión documentaria y la ficha de contenido respectivamente. A través del análisis situacional realizado se pudo identificar que en el año 2018 se generaron varias paradas no programadas relacionadas a mala operación por exceso de ángulo de viraje y desgaste prematuro de los componentes de carrilería de la pala eléctrica. Ante esta oportunidad de mejora se propuso el diseño y generación de una señal analógica de ángulo de viraje del sistema de propulsión de una pala eléctrica, para lo cual fue necesario construir un modelo matemático, simular la señal, modificar el programa del PLC, modificar el programa el HMI y finalmente se estimó el desempeño de la solución propuesta, la cual tiene el potencial de eliminar los principales modos de falla originados por exceso de viraje y generar ahorros económicos importantes dado que el tipo de equipo es crítico en todas las minas de tajo abierto.

Palabras clave: señal analógica, ángulo de viraje, sistema de propulsión, pala eléctrica.

ABSTRACT

This document develops the thesis entitled "Design and generation of an analog signal of the angle of turn of the propulsion system of an electric shovel in the Las Bambas mining operation". The main objective of this research work was the engineering improvement mentioned in the title and it has an experimental design. The research type is conclusively descriptive, while the research method is mixed. The research technique and instrument used are the document review and the content sheet, respectively. Through the situational analysis carried out, it was possible to identify that in 2018 there were many unscheduled stops related to bad operation practices due to excess steering angle and premature wear of the rail components of the electric shovel. Faced with this opportunity for improvement, an analog signal of the steering angle of the propulsion system of an electric shovel was designed and generated, for which it was necessary to build a mathematical model, simulate the signal, program the PLC, program the HMI and finally it was estimated the performance of the proposed improvement, which has the potential to eliminate failures caused by excessive turning and generate important economic saving as the type of equipment is critical in all open pit mines.

Palabras clave: analog signal, turn angle, propulsión system, electric shovel.

INTRODUCCIÓN

El control automático de procesos es parte del progreso industrial desarrollado durante lo que ahora se conoce como la segunda revolución industrial.

El control automático de procesos se usa fundamentalmente porque reduce el costo de los procesos industriales, lo que compensa con creces la inversión en equipo de control. Además, el control automático genera muchas ganancias intangibles como por ejemplo, la eliminación de mano de obra pasiva, la eliminación de errores en la operación, la mejora de indicadores de disponibilidad y confiabilidad que finalmente se traducen en ganancias financieras para la empresa, optimización de la operación de procesos industriales, etc.

Por este motivo, en la siguiente tesis se desarrolla una propuesta del diseño y generación de una señal analógica que representa al ángulo de viraje del sistema de propulsión de una pala eléctrica en la operación minera Las Bambas con el fin de optimizar la operación de una pala eléctrica y de este modo evitar daños mecánicos graves en partes críticas del equipo lo cual genera pérdida de la producción, caída de los indicadores de confiabilidad como el Mean Time To Repair (MTTR) y Mean Time Between Failures (MTBF) y grandes pérdidas económicas.

El contenido de éste trabajo se estructuró de la forma que se precisa a continuación: En el Capítulo I: Planteamiento Teórico, se detalló el problema general y los principales objetivos de la investigación; así mismo, se determinó el propósito y las delimitaciones de la investigación. En el Capítulo II: Marco Teórico Conceptual, se expusieron las investigaciones que poseen similitudes con la presente y se sentaron las bases teóricas asociadas al tema de investigación. En el Capítulo III: Diagnóstico Situacional, se plasmó la situación actual de la empresa, los problemas generados por el excesivo viraje cuyo impacto se evidencia en los indicadores de mantenimiento y altos costos por paradas no programadas del equipo. Y en el Capítulo IV: Solución Propuesta, se planteó una solución consistente en el diseño y generación de una señal analógica del ángulo de viraje del sistema de propulsión de una pala eléctrica.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	v
ABSTRACT.....	vi
INTRODUCCIÓN	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO TEÓRICO	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1.1. Descripción del problema	1
1.1.2. Identificación del problema	2
1.1.3. Sistematización del problema	2
1.1.4. Tipo del problema de investigación.....	2
1.2. OBJETIVOS	2
1.2.1. Objetivo general.....	2
1.2.2. Objetivos específicos	2
1.3. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION.....	3
1.3.1. Justificación económica.....	3
1.3.2. Justificación operativa	3
1.3.3. Justificación personal.....	3
1.4. ALCANCES.....	3
1.4.1. Campo de verificación	3
1.4.2. Espacial.....	4
1.4.3. Temporal.....	4
1.5. HIPÓTESIS.....	4
1.6. VARIABLES E INDICADORES.....	5

1.7.	ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.7.1.	Diseño de investigación	5
1.7.2.	Tipo de investigación.....	5
1.7.3.	Método de investigación.....	5
1.7.4.	Técnica y estrategia de investigación	6
1.7.5.	Instrumento de investigación	6

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1.	ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN	7
2.2.	MARCO TEÓRICO.....	10
2.2.1.	Diseño.....	10
2.2.2.	Señal analógica	10
2.2.3.	Circunferencia.....	11
2.2.4.	Modelación matemática.....	14
2.2.5.	Pala eléctrica	16
2.2.6.	Controlador lógico programable (PLC).....	22
2.2.7.	Simatic Manager	23
2.2.8.	Supervisión, control y adquisición de datos (SCADA)	23
2.2.9.	Confiabilidad	24
2.2.10.	Disponibilidad.....	25
2.2.11.	Carrilería	26
2.3.	ESQUEMA CONCEPTUAL.....	26
2.3.1.	Propulsión	26
2.3.2.	Mean Time To Repair (MTTR).....	26
2.3.3.	Mean Time Between Failures (MTBF)	26
2.3.4.	Slides.....	27
2.3.5.	Rueda guía	27

2.3.6.	Sprocket	27
2.3.7.	Oruga	27
2.3.8.	Contrato MARC (Maintance and Repair Contract)	27
2.3.9.	Planning Component Replacement (PCR)	27

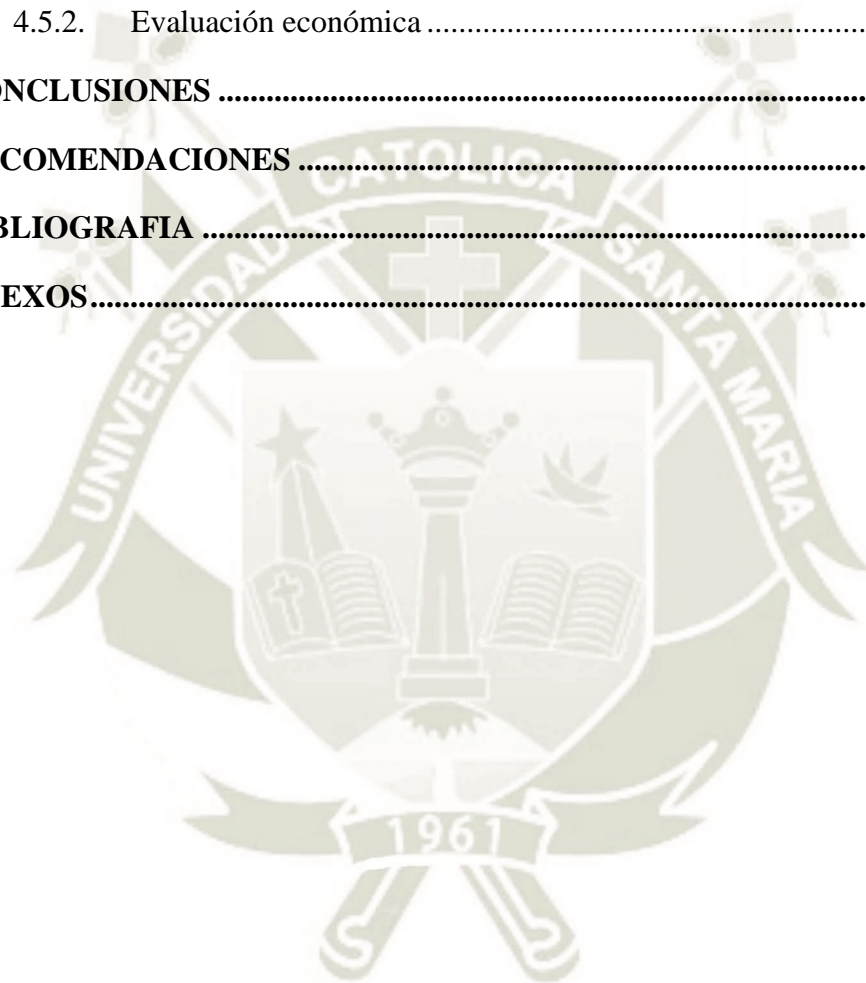
CAPÍTULO IV: DIAGNÓSTICO SITUACIONAL

3.1.	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	28
3.1.1.	Cultura organizacional	28
3.1.2.	Productos	32
3.1.3.	Clientes y proveedores	33
3.1.4.	Proceso productivo	35
3.1.5.	Análisis FODA de minera Las Bambas	44
3.2.	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	48
3.2.1.	KPI's (Key Performance Indicator) de mantenimiento	48
3.2.2.	Top 5 de mantenimiento	52
3.2.3.	Hotsheet UC (under carriage)	64

CAPÍTULO IV: SOLUCIÓN PROPUESTA

4.1.	CONSTRUCCIÓN OBTENCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO.....	70
4.1.1.	Información base para la construcción de modelo matemático	74
4.1.2.	Modelamiento matemático	78
4.1.3.	Ángulo de viraje durante el modo propulsión	84
4.1.4.	Algoritmo para el cálculo del ángulo de viraje	89
4.2.	SIMULACIÓN.....	93
4.2.1.	Descripción	93
4.2.2.	Procedimiento	93
4.3.	PROGRAMACIÓN DE PLC.....	108
4.3.1.	Implementación ángulo de viraje durante modo Propulsión – STEP7... ..	108

4.4.	PROGRAMACIÓN DE HMI	122
4.4.1.	Actualización de HMI de mantenimiento	122
4.4.2.	Actualización de HMI de cabina de operador	131
4.5.	EVALUACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.....	136
4.5.1.	Evaluación del desempeño.....	136
4.5.2.	Evaluación económica	138
	CONCLUSIONES	139
	RECOMENDACIONES	140
	BIBLIOGRAFIA	141
	ANEXOS.....	144



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables e indicadores	5
Tabla 2. Uso industrial del Molibdeno	32
Tabla 3. Subsistema: Zapatas.....	54
Tabla 4. Costos de paradas no planificadas, subsistema: Zapatas	55
Tabla 5. Subsistema: Pasadores y bujes de cadena.....	58
Tabla 6. Costos de paradas no planificadas, subsistema: Pasadores y bujes de cadena	59
Tabla 7. Subsistema: Rueda guía.....	61
Tabla 8. Costos de paradas no planificadas, subsistema: Rueda guía	61
Tabla 9. Resumen de costos de paradas no planificadas	64
Tabla 10. Desgaste componentes carrilería SH001 lado LH	65
Tabla 11. Desgaste componentes carrilería SH001 lado RH.....	66
Tabla 12. Desgaste componentes carrilería SH002 lado LH	67
Tabla 13. Desgaste componentes carrilería SH002 lado RH.....	68
Tabla 14. Mediciones del desplazamiento mínimo de orugas, Correctivo Propulsión SH001	74
Tabla 15. Mediciones del desplazamiento mínimo de orugas, Mantenimiento SH001	74
Tabla 16. Mediciones del desplazamiento mínimo de orugas, Traslado largo SH001	74
Tabla 17. Mediciones del desplazamiento mínimo de orugas, Pre PM SH002.....	75
Tabla 18. Mediciones del desplazamiento mínimo de orugas, Traslado largo SH002	75
Tabla 19. Mediciones del desplazamiento mínimo de orugas, Correctivo Propulsión SH002.....	75
Tabla 20. Mediciones del desplazamiento mínimo de orugas, Mantenimiento SH002	75
Tabla 21. Características de los motores de propulsión.....	78
Tabla 22. Velocidad, tiempo y desplazamiento angular	79
Tabla 23. Signos de velocidad Master Switch y tacómetro	80
Tabla 24. Inversión	138

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagramación de la forma correcta de viraje de pala eléctrica	1
Figura 2. Señal analógica.....	11
Figura 3. Partes de una circunferencia.....	12
Figura 4. Demostración de cálculo de perímetro de círculo	12
Figura 5. Demostración de cálculo de perímetro de círculo	14
Figura 6. Diagrama de flujo del proceso de modelación matemática.....	16
Figura 7. Proceso de modelación matemática, modelo ideal.....	16
Figura 8. Sistema de propulsión	17
Figura 9. Angulo de viraje	18
Figura 10. Diagrama de flujo del proceso de modelación matemática.....	20
Figura 11. Diagrama de flujo del proceso de modelación matemática.....	21
Figura 12. Diagrama de flujo del proceso de modelación matemática.....	22
Figura 13. Estructura orgánica.....	31
Figura 14. Planta concentradora	32
Figura 15. Planta concentradora	33
Figura 16. Planta concentradora	36
Figura 17. Chancado primario	37
Figura 18. Faja transportadora	37
Figura 19. Apilador.....	38
Figura 20. Molienda.....	38
Figura 21. Molienda.....	39
Figura 22. Planta de molibdeno	39
Figura 23. Circuito de filtros.....	40
Figura 24. Almacén de concentrado	40
Figura 25. Contenedor ISO	41
Figura 26. Transporte en camión	41
Figura 27. Transporte en tren.....	42
Figura 28. Puerto Matarani	42
Figura 29. Proceso de elaboración de concentrado de cobre	43
Figura 30. Disponibilidad de flota CAT 7495 año 2018	50
Figura 31. Indicadores de Confiabilidad de la flota CAT 7495 año 2018.....	51

Figura 32. TOP FIVE de flota CAT 7495 año 2018.....	52
Figura 33. TOP FIVE 3 – Transmisión de Propulsión año 2018.....	53
Figura 34. Rotura de zapata	56
Figura 35. Rotura de zapata	56
Figura 36. Caída de pin y rotura de zapata	57
Figura 37. Trabajos de cambio de zapata	57
Figura 38. Caída de pin de zapata.....	60
Figura 39. Rotura de pin	60
Figura 40. Desgaste normal de sprocket.....	62
Figura 41. Desgaste excesivo de sprocket	63
Figura 42. Ruptura de dientes sprocket	63
Figura 43. Posición recomendada de balde y cilindro para realizar propulsión	70
Figura 44. Viraje recomendado para el traslado	71
Figura 45. Centro instantáneo de rotación	72
Figura 46. Diagrama de flujo del modelo matemático	73
Figura 47. Ángulo de viraje	76
Figura 48. Ángulo de viraje	76
Figura 49. Ángulo de viraje	77
Figura 50. Ángulo de viraje	78
Figura 51. Velocidades referenciales y de tacómetro de los Propulsión	80
Figura 52. Longitud del arco, desplazamiento angular y radio de oruga.....	81
Figura 53. Distancia entre orugas	81
Figura 54. Modelamiento matemático del ángulo de viraje	82
Figura 55. Sentido de giro según ángulo de viraje	83
Figura 56. Longitud de la pala eléctrica	84
Figura 57. Diagrama de flujo cálculo del ángulo de viraje.....	92
Figura 58. Estructura principal para el monitoreo del ángulo de viraje	94
Figura 59. Indicadores, controles y valores iniciales.....	95
Figura 60. Sentido de movimiento avance.....	97
Figura 61. Sentido de movimiento reversa	98
Figura 62. Sentido de movimiento contramarcha.....	99
Figura 63. Excesivo ángulo de viraje.....	101

Figura 64. Excesivo ángulo de viraje.....	101
Figura 65. Excesivas alarmas.....	102
Figura 66. Reinicio de variables por desplazamiento	102
Figura 67. Salidas de señal	103
Figura 68. Reinicio de variables por salida del modo Propulsión	103
Figura 69. Apariencia en panel frontal	105
Figura 70. Señal analógica generada a partir de la simulación en Labview del modo propulsión	106
Figura 71. Análisis de señal analógica durante modo propulsión	107
Figura 72. Velocidades de los motores de propulsión– STEP 7.....	109
Figura 73. Bloque de datos DB4300 – STEP7	110
Figura 74. Contramarcha- STEP 7.....	111
Figura 75. Avance- STEP 7	111
Figura 76. Reversa- STEP 7	112
Figura 77. Desplazamiento angular por sentido de movimiento- STEP 7.....	113
Figura 78. Ángulo de viraje – STEP 7.....	114
Figura 79. Desplazamiento lineal oruga 1- STEP 7.....	115
Figura 80. Desplazamiento lineal oruga 2 - STEP 7.....	115
Figura 81. Conversión del ángulo de viraje - STEP 7	116
Figura 82. Condiciones para alarma por exceso de ángulo de viraje - STEP 7.....	117
Figura 83. Reinicio de valores por excesivo ángulo de viraje - STEP 7	117
Figura 84. Contador de alarmas - STEP 7	118
Figura 85. Alarma ANF - STEP 7	118
Figura 86. Reinicio de valores por desplazamiento - STEP 7	119
Figura 87. Reinicio de valores	120
Figura 88. Bit de Activación en DB200	121
Figura 89. Activación de FC4300.....	121
Figura 90. HMI de mantenimiento	122
Figura 91. Implementación del ángulo de viraje HMI de mantenimiento.....	123
Figura 92. Implementación del ángulo de viraje en HMI de mantenimiento	123
Figura 93. Configuración de I/O Field HMI de mantenimiento	124
Figura 94. Configuración de propiedades de I/O Field HMI de mantenimiento	125

Figura 95. Configuración de propiedades de I/O Field HMI de mantenimiento	125
Figura 96. Alarma CDA428.....	126
Figura 97. Lógica de activación Alarma CDA1428 STEP 7	126
Figura 98. Alarma CDA1428 en Wincc	127
Figura 99. Wincc-Alarm logging, alarma CDA428	127
Figura 100. Alarma ANF1428	128
Figura 101. Lógica de activación Alarma ANF1428 STEP 7	129
Figura 102. Alarma ANF1428 en Wincc.....	130
Figura 103. Wincc-Alarm logging, alarma CDA428	130
Figura 104. HMI de cabina de operador	131
Figura 105. Implementación del ángulo de viraje en HMI cabina	132
Figura 106. Configuración de I/O Field HMI cabina	132
Figura 107. Configuración de propiedades de I/O Field HMI cabina	133
Figura 108. Alarma CDA428.....	134
Figura 109. Alarma CDA428.....	134
Figura 110. Alarma CDA1428 en Wincc	135
Figura 111. Wincc-Alarm logging, alarma CDA428	135

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO TEÓRICO

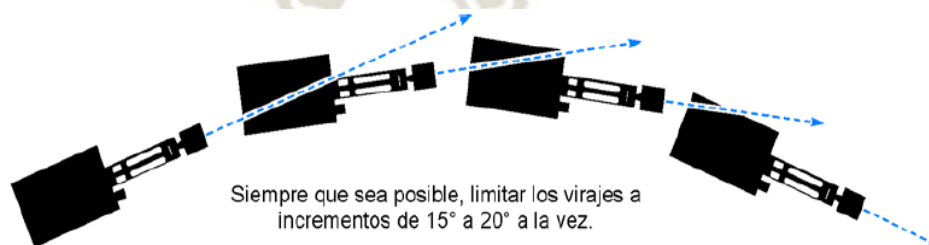
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1. Descripción del problema

En la empresa estudiada se tienen paradas imprevistas por distintos problemas en la carrilería los más comunes son fracturas de zapatas, desprendimiento de slides, fatiga y roturas de pines, desgaste y fracturas en las orejas de zapatas, además de condiciones de desgaste prematuras en componentes mayores de la carrilería como ruedas guías, sprocket. Esto impacta directamente en los indicadores de producción y mantenimiento como la disponibilidad de los equipos además de la confiabilidad. También afecta en el plan de cambio de componentes mayores ya que se tienen condiciones de desgaste prematuras, todo este impacto se traduce en el incremento de costos de mantenimiento.

Al realizar la función de traslado (propulsión) de una pala eléctrica se debe considerar el ángulo de viraje máximo de 20 grados, como se muestra en la Figura 1. En el sistema no se cuenta con una señal que represente el ángulo de viraje lo cual ayudaría en la operación, permitiría crear alarmas de operación y bloqueos por protección ante virajes excesivos.

Figura 1. Diagramación de la forma correcta de viraje de pala eléctrica



Fuente: La empresa, 2013.

En diversas ocasiones se reporta excesivo viraje en la operación lo cual causa múltiples daños en la carrilería. Estas fallas afectan directamente en los indicadores de producción, disponibilidad y confiabilidad como el Mean

Time To Repair (MTTR) y Mean Time Between Failures (MTBF) todo esto se traduce en grandes pérdidas económicas. Además de ocasionar modificaciones en el plan de cambio de componentes mayores por presentar condiciones de daño por desgaste prematuro o inadecuado.

1.1.2. Identificación del problema

¿Cómo diseñar y generar una señal analógica del ángulo de viraje del sistema de propulsión de una pala eléctrica en la operación minera Las Bambas?

1.1.3. Sistematización del problema

- ¿Cuál es la situación actual de la empresa materia de estudio?
- ¿Qué modelo matemático permite generar una señal analógica de ángulo de viraje?
- ¿Cómo realizar la programación del software para la generación de una señal analógica de ángulo de viraje?
- ¿Es factible el diseño y generación de una señal analógica del ángulo de viraje del sistema de propulsión propuesto?

1.1.4. Tipo del problema de investigación

El tipo de problema de investigación es no experimental con características explicativas y descriptivas.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Diseñar y generar una señal analógica de ángulo de viraje del sistema de propulsión de una pala eléctrica en la operación Las Bambas

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar la situación actual de la empresa materia de estudio.
- Establecer un modelo matemático que permita generar una señal analógica de ángulo de viraje.

- Realizar la programación del software para la generación de una señal analógica de ángulo de viraje.
- Estimar los beneficios de la implementación de una señal analógica del ángulo de viraje del sistema de propulsión de una pala eléctrica en la operación minera Las Bambas

1.3. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

1.3.1. Justificación económica

La solución propuesta en la presente tesis permitirá reducir costos no planificados e incrementar la productividad y rentabilidad de la empresa estudiada.

1.3.2. Justificación operativa

Después de aplicar esta tesis, se tendría una menor cantidad de paradas imprevistas (no programadas) por temas de carrilería. Mejora en los indicadores de producción, disponibilidad y confiabilidad, además de mejorar la precisión de los cambios de componentes mayores planificados.

1.3.3. Justificación personal

Mediante la realización de esta tesis, el tesista podrá adquirir su título profesional y por ende obtener beneficios personales como mejores oportunidades en su actual trabajo, nuevas oportunidades laborales y posibles mejores rumbos profesionales.

1.4. ALCANCES

1.4.1. Campo de verificación

- **Campo:** Ingenierías físicas y formales.
- **Área:** Ingeniería electrónica.
- **Línea de investigación:** Optimización del software de control para mejorar la operación del equipo.

La propuesta de mejora planteada en la presente tesis, consistente en el diseño y generación de una señal analógica del ángulo de viraje del sistema de propulsión de una pala eléctrica, partió de una iniciativa generada en Chinalco en el 2016 por una empresa contratista de la mina pero que, al ser implementada en operación minera las Bambas, presentaba múltiples errores y falsas alarmas; las cuales generaban molestias en los operadores, pues no eran reales, de esta manera se decidió reformular el modelo matemático, programación de PLC, programación de HMI considerando variables adicionales como el desplazamiento y direcciones (avance, reversa y contramarcha) bajo el modo propulsión del equipo.

Conjuntamente, el presente trabajo de tesis aporta un análisis detallado del impacto del problema y de la mejora a nivel de indicadores de clase mundial, top 5 de mantenimiento y hotsheet de carrillería, evidenciando la magnitud del problema y la manera en que éste puede ser afrontado a partir de la gestión de mantenimiento.

Considerar además que, toda la información cuantitativa y cualitativa expuesta en la presente tesis es referencial y no pretende mostrar información confidencial de la unidad de estudio.

1.4.2. Espacial

Operación minera Las Bambas, ubicada en las provincias de Cotabambas y Grau en el departamento de Apurímac, en el centro del Perú.

1.4.3. Temporal

Para el diagnóstico se utilizarán datos de los años 2017 y 2018. Por otro lado, para la generación de la solución propuesta se demandaron 2 meses (abril-mayo 2019).

1.5. HIPÓTESIS

Dado que existen problemas originados por la inadecuada operación, es probable que el diseño y generación de una señal analógica del ángulo de viraje del sistema

de propulsión de una pala eléctrica en la operación minera Las Bambas mitigue el desgaste prematuro de los componentes del equipo en mención e incremente su confiabilidad y disponibilidad.

1.6. VARIABLES E INDICADORES

Tabla 1. Variables e indicadores

Variable	Indicador
Variable independiente: "Diseño y generación de una señal analógica del ángulo de viraje del sistema de propulsión"	1. Modelo matemático
	2. Tiempo estimado de desarrollo
	3. Cantidad de personal requerido
	4. Inversión requerida
Variable dependiente: "Reducción de costos de mantenimiento no planificados"	1. Costo de mantenimiento correctivo
	2. Tiempo promedio de vida de componentes
	3. Disponibilidad
	4. Confiabilidad

Fuente: Elaboración propia.

1.7. ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es experimental puesto que se estudiará las condiciones de funcionamiento de la pala eléctrica, para luego diseñar y generar una señal analógica del ángulo de viraje del sistema de propulsión.

1.7.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación es concluyente descriptiva ya que se persigue describir la situación actual de la empresa, las deficiencias y fortalezas del proceso operación de la pala eléctrica y la solución a las problemáticas identificadas.

1.7.3. Método de investigación

El método de investigación es mixto. Cualitativo para el análisis situacional de la empresa y cuantitativo para el análisis de indicadores de mantenimiento,

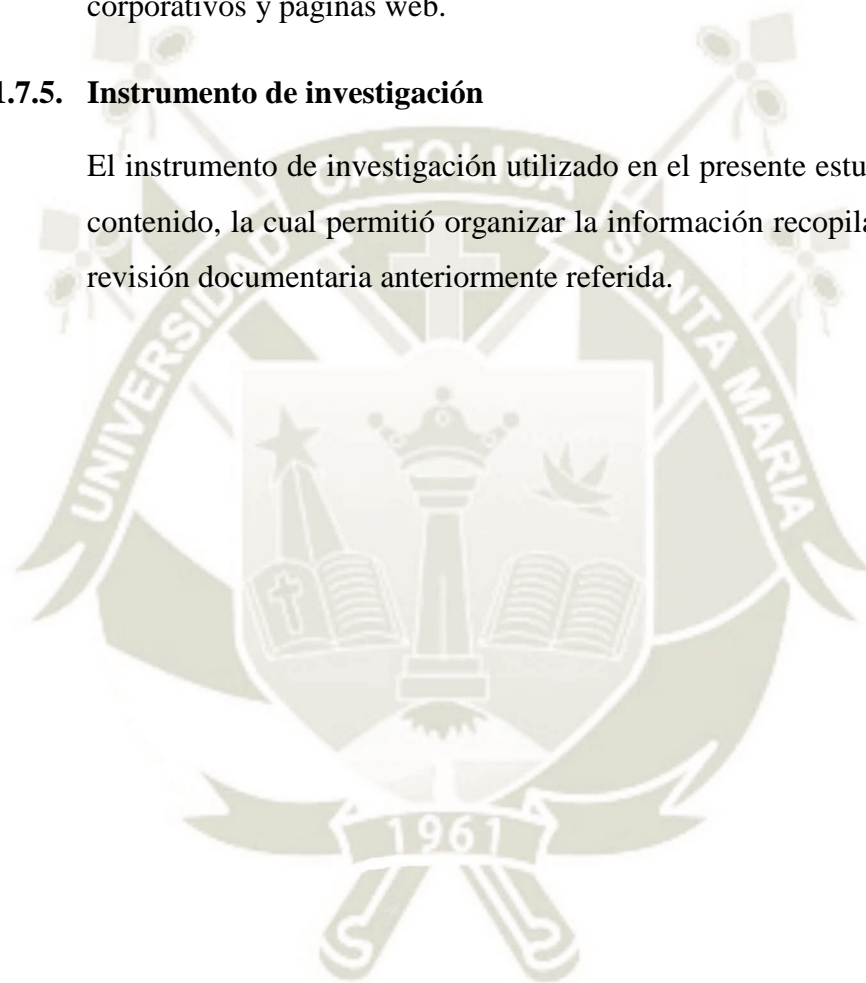
costos y el potencial impacto económico del diseño y generación de una señal analógica del ángulo de viraje del sistema de propulsión de una pala eléctrica.

1.7.4. Técnica y estrategia de investigación

La técnica de investigación utilizada en el presente estudio es la revisión documentaria de textos, información histórica de la empresa, registros corporativos y páginas web.

1.7.5. Instrumento de investigación

El instrumento de investigación utilizado en el presente estudio es la ficha de contenido, la cual permitió organizar la información recopilada a través de la revisión documentaria anteriormente referida.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

Se realizó la revisión documentaria de tesis de investigación sobre temas relacionados al tema abordado en el presente trabajo. Se presentan seguidamente 3 antecedentes locales, 4 nacionales y 2 internacionales.

López y Ninacondor (2017) en su tesis titulada “Mejora en la recuperación para la optimización de la vida útil de cucharón de 74YD3 de una pala P&H 4100XPC” tuvieron por objetivo lograr mejoras en el proceso de recuperación de un cucharón de 74 yd3 de una pala P&H 4100XPC. En esta tesis se menciona que una pala eléctrica es una máquina de criticidad 1 en el sistema productivo de las minas del Perú por este motivo dichas máquinas deben contar con una alta confiabilidad y disponibilidad, una de las principales causas que afectan los indicadores de mantenimiento es la mala operación del equipo. El análisis de estos indicadores como referencia de medición servirá de guía para la evaluación del performance actual del sistema estudiado en la presente tesis.

Merma (2018) en su trabajo de suficiencia profesional titulado “Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM2) en las palas hidráulicas PC4000-6 Komatsu para el incremento de la disponibilidad” tuvo por objetivo determinar e implementar estrategias y el plan de mantenimiento con RCM2 para la flota de palas PC4000 en la unidad minera: Lagunas Norte. En este trabajo define la confiabilidad operacional como la capacidad de un activo (representado por sus procesos, tecnología y gente) para cumplir sus funciones o el propósito que se espera de este, dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional determinado. Además de mencionar la importancia de una buena operación para lograr objetivos específicos de producción. En la presente tesis se plantea generar una señal analógica muy importante para el control del ángulo de

viraje en las palas eléctricas lo que disminuiría notablemente las fallas por mala operación en los componentes de carrilería.

Gómez (2017) en su tesis titulada “Disponibilidad de equipos auxiliares para optimizar la productividad en el carguío y acarreo de las fases 01, 03 y 07 del tajo constancia empresa especializada STRACOM GYM S.A” tuvo por objetivo presentar la metodología usada para lograr que la disponibilidad de los equipos auxiliares optimice la productividad del carguío y acarreo en los tajos de la mina Constancia bajo condiciones severas de operación, tomando en cuenta los factores de seguridad. En esta tesis se identifica diversas demoras en el carguío de mineral, entre las principales la mala operación de los equipos, la necesidad de tener equipos auxiliares operativos y mantener sus disponibilidades altas sobretodo en épocas de lluvia, el traslado de las palas por sus propios medios, este último debe hacerse en condiciones buenas de terreno, bajo la operación que permite el diseño de estos equipos de este modo evitar demoras por paradas imprevistas cuando fallan los componentes del sistema de propulsión (carrilería), en la presente tesis se propone una solución para mitigar las fallas presentadas en este sistema que son ocasionadas por un excesivo ángulo de viraje.

Torres (2015) en su informe de suficiencia profesional titulado “Mantenimiento predictivo para una pala eléctrica CAT 7495” tuvo por objetivo crear un programa de mantenimiento predictivo aplicado a una pala 7495 en base a diferentes técnicas aplicadas a los sistemas principales y ejemplos de costos de mantenimiento aplicados en otras palas similares. En dicho informe se menciona el rol tan importante que cumplen las palas en la gran minería, se mencionan los sistemas principales y su funcionamiento en donde se explica la importancia del sistema de propulsión al trasladar las palas y la correcta operación del mismo para evitar grandes paradas no planificadas y mantenimientos correctivos, siendo este el tema central de la tesis abordada.

Alcides (2018) en su tesis titulada “Motor eléctrico en CA y pala eléctrica 4100XP en la minera Cerro Verde Arequipa” tuvo por objetivo determinar la influencia del motor eléctrico de CA en la Pala Eléctrica 4100XPC en la mina Cerro Verde – Arequipa. En esta tesis define el sistema de propulsión con motores

de corriente alterna y cuatro unidades inversoras. Además, indica que la investigación realizada en dicha tesis tiene como fin contribuir a otras empresas mineras mejorando la productividad de las palas eléctricas, minimizar el tiempo de operación. En la tesis abordada se busca mejorar la calidad de operación al momento de realizar traslados largos generando una señal analógica del ángulo de viraje de este modo disminuir las paradas imprevista y mejor cuidado de componentes mayores del sistema de propulsión.

Corrales (2014) en su tesis titulada “Implementación de un plan de mantenimiento a la flota de palas Eléctricas TZ-WK12C en la unidad minera Shougang Hierro Perú S.A.A. con la finalidad de aumentar la disponibilidad” tuvo por objetivo implementar un plan de mantenimiento para aumentar la disponibilidad en la flota de Palas Eléctricas de cable TZ – WK12C de la empresa minera Shougang Hierro Perú S.A.A y como consecuencia de ello aumentar el MTBF, disminuir el MTTR y los costos de mantenimientos preventivos y correctivos, en dicha tesis se menciona la importancia de los indicadores de confiabilidad como son el MTBF y MTTR los cuales al tener números satisfactorios se traducen en una buena disponibilidad del equipo de esta manera poder asegurar la producción de la empresa. En la presente tesis se estudian dichos indicadores y cuanto pueden ser afectados por las fallas en el sistema de propulsión. Además de estudiar el impacto en su variación después de implementar la mejora propuesta.

Palo (2017) en su tesis titulada “Plan de negocio para la implementación de una empresa de servicio de analítica de datos y monitoreo en línea de palas eléctricas para empresas mineras” tuvo como objetivo generar información y conocimiento del proceso de carguío de material con palas eléctricas, para la ejecución de acciones proactivas en beneficio de las empresas mineras. En esta tesis se menciona la importancia actual de la minería peruana en mover y procesar cada vez mayores cantidades de material, para esto es indispensable el uso de palas eléctricas, en esta tesis se propone generar un sistema de monitoreo en donde se podrían evaluar los principales indicadores del sistema de una pala eléctrica, además monitorear una correcta operación del equipo, generar una base de datos para analizar problemas y detectar la causa raíz. En la tesis abordada se generará

una señal analógica del ángulo de viraje del sistema de propulsión la cual servirá como indicador ante cualquier falla y daño en componentes mecánicos del sistema de propulsión.

Solis (2013) en su tesis titulada “Estrategias de aseguramiento de disponibilidad de palas de cable de mina Radomiro Tomic” tuvo por objetivo identificar las estrategias para mejorar la disponibilidad de la flota de palas de Mina Radomiro Tomic, P&H 4100 XPB y 4100 XPC AC. En esta tesis se identificaron como elementos relevantes en el incumplimiento de las disponibilidades se tienen las prácticas de operación inadecuadas, altos tiempos de reparación programado de elementos estructurales, fallas en sistemas eléctricos y mecánicos. El análisis de dichos elementos y evaluación respecto al impacto en la empresa estudiada servirán de guía para el diagnóstico situacional de la tesis abordada.

Fiscor (2007) en un artículo de la revista Shovel Productivity, menciona los aspectos más importantes para una correcta productividad de las palas hidráulicas y eléctricas, resaltando la tecnología, la capacidad de carga y una correcta operación como los factores principales. En la tesis abordada se considera el impacto en la producción de una buena operación de traslado, además de proponer una mejora en las condiciones para el traslado con la generación de una señal analógica del ángulo de viraje del sistema de propulsión.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Diseño

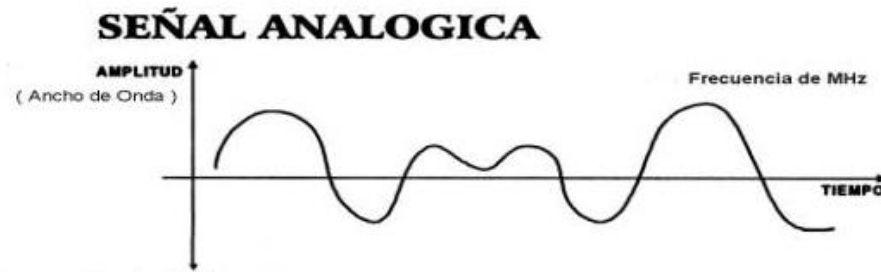
Proyecto, plan a través del cual se bosqueja y describe las características de una mejora (RAE, 2014).

2.2.2. Señal analógica

Tanenbaum y Whetheral (2012) establecen que una señal analógica es una señal que varía continuamente a lo largo del tiempo. Las señales analógicas pueden tomar todos los valores posibles de un intervalo mientras que las digitales solo pueden tomar dos valores posibles. Las señales análogas se

pueden percibir en todos los lugares, por ejemplo, la naturaleza posee un conjunto de estas señas como es la luz, la energía, el sonido, etc.

Figura 2. Señal analógica



Fuente: Tanenbaum, Whetherall, 2012.

2.2.3. Circunferencia

Jiménez (2010) define una circunferencia como un conjunto de puntos en un plano que están situados a la misma distancia de un punto fijo llamado centro. Además, menciona los siguientes elementos asociados a una circunferencia:

- a. Radio: Es el segmento que une el centro con cualquier otro punto de la circunferencia.
- b. Cuerda: Es el segmento que une dos puntos de la circunferencia.
- c. Diámetro: Cuerda que pasa por el centro de la circunferencia.
- d. Arco: Parte curva de la circunferencia.
- e. Secante: Recta que corta la circunferencia en dos puntos.
- f. Tangente: Recta que corta la circunferencia en un solo punto.
- g. Ángulo central: Es el ángulo que tiene su vértice en el centro de la circunferencia y sus dos lados son dos radios.

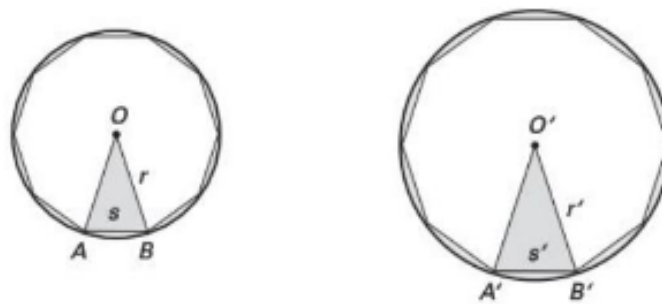
Figura 3. Partes de una circunferencia



Fuente: Jiménez, 2010.

Jiménez (2010) explica el cálculo del perímetro de una circunferencia con la siguiente demostración respecto a la Figura 4.

Figura 4. Demostración de cálculo de perímetro de círculo



Fuente: Jiménez, 2010.

1. Se seleccionan 2 círculos de radios diferentes con el mismo polígono regular inscrito dentro de la circunferencia.
2. Se trazan 2 triángulos isósceles, ΔAOB y $\Delta A'O'B'$, cuya base es el lado del polígono.
3. Las razones de perímetros ambos polígonos p y p' a sus respectivos radios son iguales por ser triángulos semejantes.

$$\frac{p}{r} = \frac{p'}{r'}$$

4. Al aumentar el número de lados del polígono significativamente, los perímetros p y p' se aproximan a las circunferencias C y C' , entonces la proporción anterior se puede describir como:

$$\frac{C}{r} = \frac{C'}{r'} \text{ o bien, } \frac{C}{2r} = \frac{C'}{2r'}$$

Esta fórmula es la razón del perímetro del círculo a su diámetro, es decir:

$$\frac{C}{d'}$$

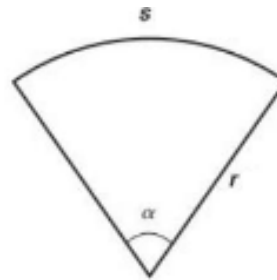
Este número es irracional y no puede escribirse como un decimal exacto, el resultado es aproximadamente igual a 3,14159...y se representa por la letra griega π , por lo tanto, se puede concluir que dado un círculo de radio r y diámetro $d = 2r$, su perímetro es igual a la siguiente expresión:

$$P = 2\pi r = \pi d$$

Jiménez (2010) indica que la medida de un ángulo puede expresarse en diferentes unidades, los de más relevancia son el sistema sexagesimal y el sistema cíclico.

- Sistema sexagesimal es uno de los sistemas más empleados, para medir ángulos el cual consiste en dividir una circunferencia en 360 partes iguales llamadas grados, cada grado se divide en 60 partes iguales llamadas minutos y cada minuto se divide en 60 partes iguales llamadas segundos.
- Sistema cíclico, presenta la unidad cíclica o unidad circular y es el ángulo central de la circunferencia cuyos lados interceptan un arco de longitud igual a la del radio. Radian es el nombre de la unidad cíclica en este sistema.

Jiménez (2010) explica el cálculo del ángulo central de una circunferencia con la siguiente demostración respecto a la Figura 5.

Figura 5. Demostración de cálculo de perímetro de círculo**Fuente:** Jiménez, 2010.

1. Los arcos de los ángulos pueden ser medidos en grados o en medidas circulares (radianes).
2. Por proporcionalidad entre estas medidas se puede determinar en radianes que:

$$\alpha = \frac{s}{r'}$$

3. Como una vuelta en una circunferencia es equivalente a 2π ó 360° , esto significa que $\pi \text{ rad} = 180^\circ$. De este modo, se puede convertir radianes en grados con la siguiente fórmula:

$$1 \text{ rad} = 180^\circ/\pi$$

2.2.4. Modelación matemática

La modelación matemática es un método que permite la aplicación de un conjunto de algoritmos que generalmente son calculados en un sistema de cómputo para el estudio y análisis de situaciones en donde es requerido el planteamiento de modelos para objetos cognitivos en la mayoría de las situaciones se presentan como escenarios inviables o difícil cuantificación (Bassanezzi, 1997).

Como resultados de sus estudios, Bassanezi (1997) llegó a las siguientes conclusiones:

- Trabajar siempre con modelos suele ser una práctica segura, ya que garantiza la funcionalidad de un sistema midiendo el impacto mucho antes de que las variables sean introducidas a modelos reales lo que se traduce en una ventaja teórica.

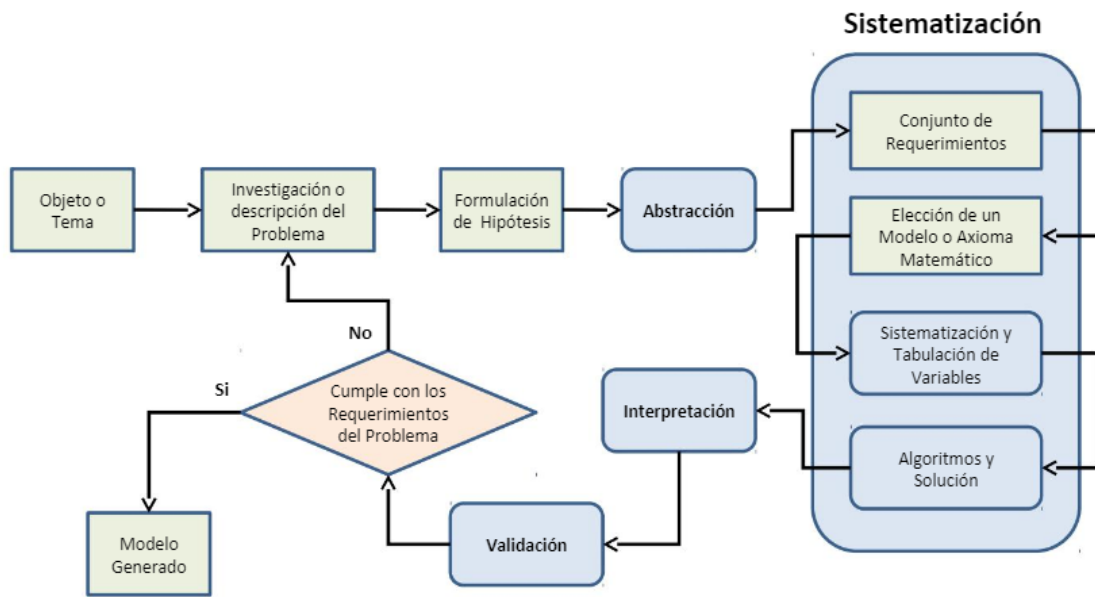
- No siempre el hecho de tener un buen bagaje matemático es traducido en que el investigador logre el éxito en su labor de modelización. Es necesario para el aprendizaje de la modelación es estudiar los modelos clásicos y las bases esenciales que envuelven tales conocimientos.
- La matemática utiliza el poder de la abstracción para plantear modelos matemáticos en situaciones reales. Lo mismo hace la abstracción al utilizar matemática para fundamentar sus propuestas y decisiones.

2.2.4.1. *Tipos de modelos matemáticos*

Bassanezi (1997) presenta los siguientes tipos de modelos matemáticos:

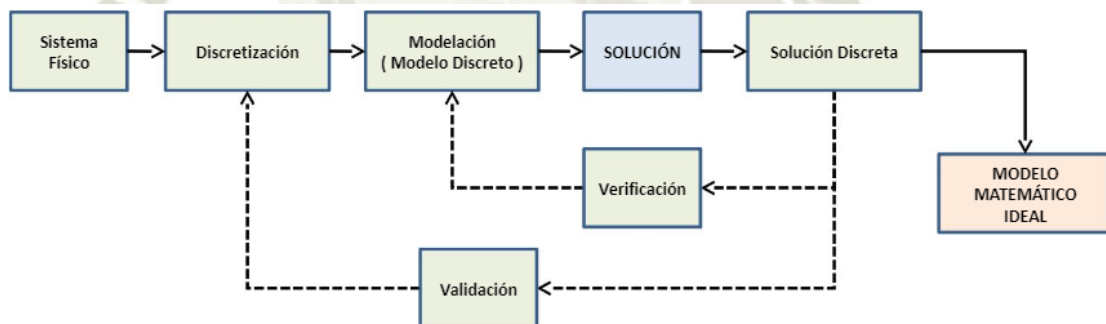
- **Modelo cuantitativo:** Es aquel cuyos símbolos principales son representados por números. Este tipo de modelos necesitan como resultado un número preciso, para lo cual se apoyan en fórmulas matemáticas.
- **Modelo cualitativo:** Es aquel modelo cuyos símbolos representan a cualidades no numéricas, pueden valerse de gráficos que no buscan un resultado de tipo exacto, sino que intentan detectar por ejemplo una tendencia de un sistema a incrementar o disminuir un valor.
- **Modelo probabilístico:** Son modelos basados en la estadística y probabilidades en donde se incorpora incertidumbres que por lo general están presentes dentro de eventos reales.
- **Modelo determinístico:** Corresponde al modelo cuantitativo que no contiene consideraciones probabilísticas.
- **Modelo descriptivo:** Cuando el modelo describe una situación real del mundo en términos matemáticos.
- **Modelo optimizador:** Cuando el modelo está ideado para seleccionar entre varias alternativas de acuerdo a determinados criterios.

Figura 6. Diagrama de flujo del proceso de modelación matemática



Fuente: Gaitán, 2013.

Figura 7. Proceso de modelación matemática, modelo ideal



Fuente: Gaitán, 2013.

2.2.5. Pala eléctrica

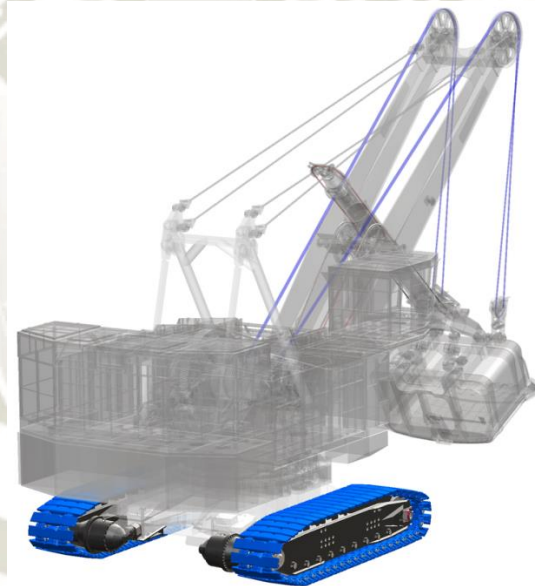
2.2.5.1. Sistema de propulsión

Solis (2013) refiere que el sistema de propulsión es el encargado de desplazar una pala eléctrica. Cuenta con dos superestructuras llamadas bastidores, unidos a una estructura central. El movimiento se realiza por medio de los motores eléctricos. En cada bastidor se acopla una transmisión y motor eléctrico. Los motores transfieren el movimiento a las transmisiones planetarias, las que transmiten potencia a la rueda de propulsión, por medio de un eje. Esto impulsa la oruga, deslizándose la

pala por esta, a través de rodillos. La oruga cuenta con un sistema de tensado y con rieles de desplazamiento, sobre el cual desliza la oruga en la parte superior de cada bastidor. Cada bastidor tiene rodillos de carga, una rueda tensora, una rueda guía y una rueda propulsora por lado (sprocket). En el extremo del motor, esta acoplado un freno de discos accionado neumáticamente.

La transmisión de propulsión es la menos usada en comparación a las demás que posee una pala eléctrica. Pero es la que más “sufre”, debido a la masa que mueve (Solis, 2013).

Figura 8. Sistema de propulsión



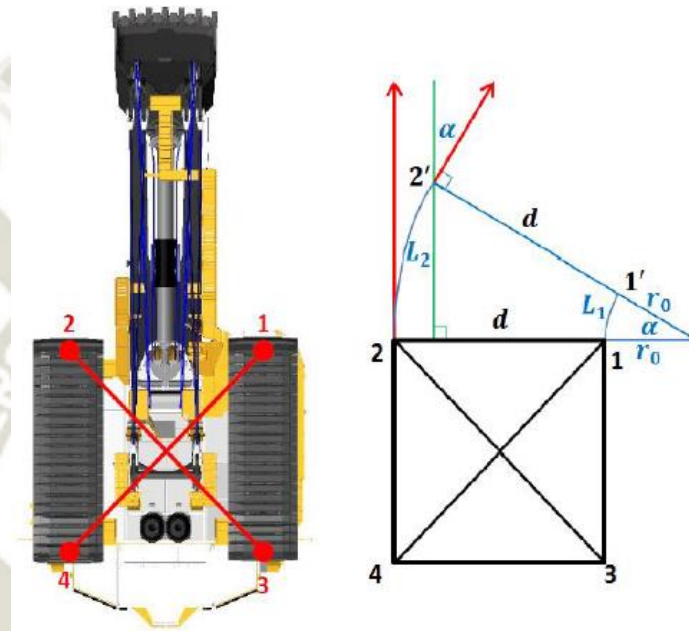
Fuente: La empresa, 2015.

2.2.5.2. Ángulo de viraje

El ángulo de viraje es el ángulo formado por los ejes de las ruedas delanteras de un vehículo con un centro de giro común denominado centro instantáneo de rotación, en el caso de una pala eléctrica, por las ruedas dentadas (sprocket) al trasladar el equipo y virar hacia alguna dirección. Además, se supone que el eje trasero es rígido y el centro de giro común se sitúa en la prolongación de dicho eje trasero (MOPU, 1998).

La finalidad del ángulo de viraje es que, al girar, la rueda delantera correspondiente al interior de la curva forme con el eje longitudinal un ángulo mayor al que forma la rueda del lado exterior de la curva (MOPU, 1998).

Figura 9. Angulo de viraje



Fuente: La empresa, 2015.

2.2.5.3. Motor AC

Los motores son el corazón de las máquinas e instalaciones eléctricas y también de muchas aplicaciones en todos los niveles de nuestra actividad, sean industriales, terciarios o domésticos

El motor de corriente alterna (AC) asíncrono se viene usando a lo largo de todo el siglo XX. Su aplicación viene acompañada de una evolución constante que afecta al diseño del propio motor, el tipo y las características que se trate, los dispositivos de protección, y especialmente sus equipos de control, esto ha permitido obtener unas prestaciones muy acordes con las necesidades de las aplicaciones, como precisión en las maniobras, variación de velocidad, frenado, etc.

Los motores de corriente alterna (AC) han ganado espacio en muchas aplicaciones, cuando han llegado al mercado, muy buenos equipos electrónicos de variaciones de frecuencia con los que se consiguen en cada momento las velocidades que precisan los dispositivos accionados por estos motores (Roldán, 2005).

2.2.5.4. *Tacómetro*

También conocido como sensor de velocidad. Actualmente la detección de velocidad forma parte del proceso de un gran número de sistemas industriales, en los que se requiere un control de la dinámica de los mismos.

Gutiérrez e Itaurralde (2017) mencionan que los sensores de velocidad usualmente son de los siguientes tipos:

- Analógicos: Basados en generadores de Corriente Continua o dinamos tacometricas.
- Digitales: Basados en la detección de frecuencia de un generador de pulsos (encoders u otros).

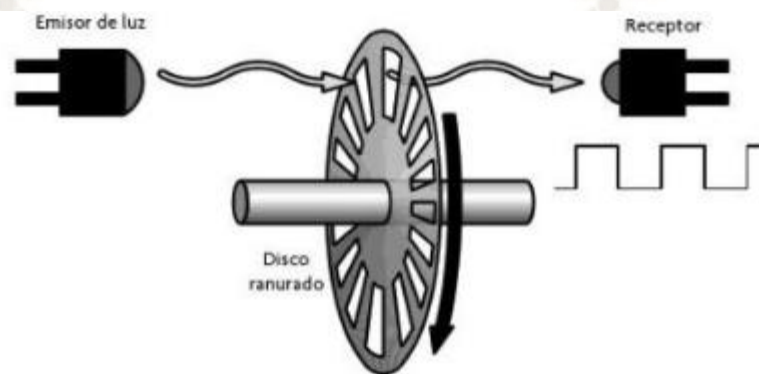
Corona, Abarca y Mares (2016) mencionan que los sensores que son más utilizados para la medición de sistemas rotacionales son los encoder o también conocidos como tacómetros o codificadores de posición. Un encoder es un dispositivo capaz de convertir el movimiento ya sea rotacional o lineal en una señal equivalente. En la actualidad los encoders son generalmente ópticos o magnéticos.

a. Encoders ópticos

Corona, Abarca y Mares (2016) mencionan que generalmente un encoder óptico se compone de un par de dispositivos opto electrónicos, uno de estos constituye el emisor o fuente de luz y el otro es el receptor, para estas funciones generalmente se utiliza un par fotodiodo y un fototransistor, entre estos se coloca un disco ranurado que se encuentra acoplado mecánicamente al eje,

compuesto por n ranuras (ventanas) transparentes. De esta manera cuando el disco gira a través del par emisor/receptor se tiene como resultado una señal alternante en el receptor, la frecuencia registrada por esta señal determina la velocidad del eje de tal modo que a mayor frecuencia de la señal de salida mayor velocidad del eje (Ver figura 10).

Figura 10. Diagrama de flujo del proceso de modelación matemática



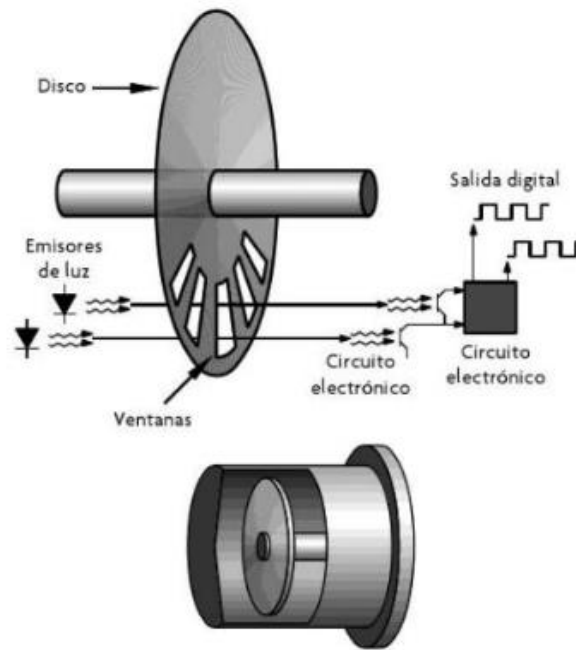
Fuente: Corona, Abarca y Mares, 2016.

Corona, Abarca y Mares (2016) mencionan que según la aplicación al cual se adaptan los encoders ópticos suelen presentarse algunos inconvenientes, ya que una pequeña interferencia provoca una gran falla en la determinación de la posición, también se tienen problemas para determinar el sentido de giro debido a esto se emplean dos tipos de configuraciones: incremental y absoluta.

- **Encoder incremental:** Para aplicar esta configuración se requieren por lo menos dos pares de emisor/receptor, los cuales deberán estar desfasados un cierto número de ranuras más un cuarto de ranura, de este modo cuando el eje comienza a girar en sentido horario, la señal que se genera por el primer par emisor/receptor estará adelantada un cuarto con respecto a la señal del segundo par emisor/receptor, en cambio cuando el eje gira en sentido anti horario, la señal del segundo par emisor/receptor estará

adelantada con respecto a la primera. Considerar que normalmente en este tipo de encoders se suele incluir una ranura adicional la cual indica el momento cuando el eje ha dado una vuelta completa, de esta manera se puede calcular la velocidad angular del eje, su posición y sentido de giro (Corona, Abarca y Mares, 2016).

Figura 11. Diagrama de flujo del proceso de modelación matemática

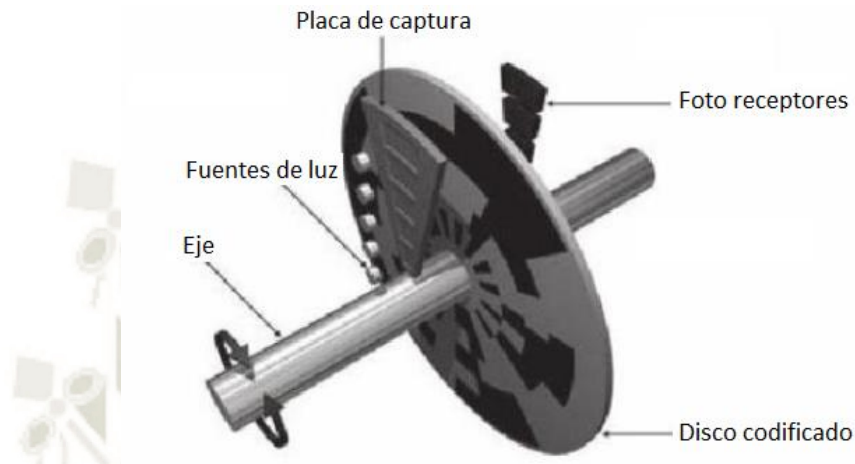


Fuente: Corona, Abarca y Mares, 2016.

- **Encoder absoluto:** En estos encoders el disco tiene varias bandas dispuestas de forma concéntrica, codificadas en código Gray; en donde a cada banda le corresponde un par emisor/receptor de acuerdo con la posición que tenga el disco en ese instante, de esta manera en el receptor se tiene un código el cual determinará la posición. Se utiliza el código Gray debido a que al cambiar de posición entre incremento o decremento solamente varía uno de los bits de esta manera es más fácil monitorear bajo software el estado del encoder. La principal ventaja de este tipo de encoder es que teniendo la codificación de la señal directamente en el

disco, la posición del disco no se perderá después de un corte de alimentación.

Figura 12. Diagrama de flujo del proceso de modelación matemática



Fuente: Corona, Abarca y Mares, 2016.

2.2.6. Controlador lógico programable (PLC)

Los avances tecnológicos en los últimos años tienen un constante desarrollo de los controladores lógicos programables (PLC) y una consiguiente revolución de la ingeniería de control (Bolton, 2015).

Un PLC es una forma especial de microprocesador que utiliza una memoria programable para almacenar instrucciones e implementar funciones como lógica, secuenciación, temporización, conteo y aritmética para controlar máquinas y procesos (Bolton, 2015).

La programación es flexible y esto permite que puedan usarse en sistemas de control que varían bastante en su naturaleza y complejidad. Los PLCs son utilizados para controlar tareas en el entorno industrial (robustos) es por esto que es capaz de soportar ambientes con vibraciones, temperaturas variables, humedad y ruido. Poseen interfaces de entradas y salidas hacia el exterior (Bolton, 2015).

El primer PLC fue desarrollado en 1969, actualmente se usa ampliamente en la industria desde aplicaciones pequeñas hasta grandes aplicaciones con

múltiples módulos de entradas/salidas digitales y analógicas, comunicación con otros dispositivos, módulos de control proporcional, integral, derivativo, etc (Bolton, 2015).

2.2.7. Simatic Manager

Simatic Manager es software de programación el cual presenta un entorno profesional flexible que permite programar todos los autómatas de las familias SIEMENS S7- 300 y S7- 400 entre otros. Para esto está dotado de una potente colección de librerías que almacenan las características específicas de cada hardware (HW) de cada modelo de autómata y los diferentes elementos de conexionado existentes en el mercado para configuraciones en red. Simatic Manager se distribuye como un conjunto de herramientas independientes que se ejecutan por separado pero que se complementan entre ellas, en muchos casos con una aplicación principal que sirve de interfaz con el usuario (La Universidad Politécnica de Madrid, 2016).

La Universidad Politécnica de Madrid (2016) señala que las principales herramientas de Simatic Manager son:

- Herramientas de configuración de las comunicaciones PLC-PC mediante protocolo MPI, NetPro (configuración de redes industriales), etc.
- Herramientas de conversión de archivos entre versiones.
- Administrador de licencias.
- Editores de bloques para lenguajes de programación AWL (texto), FUP (lenguaje gráfico mediante funciones lógicas), KOP (lenguaje escalera), S7-GRAPH (lenguaje grafico mediante grafkets) y SCL (lenguaje de alto nivel).
- Simulador.

2.2.8. Supervisión, control y adquisición de datos (SCADA)

Supervisory Control and Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos). No es una tecnología concreta sino un tipo de aplicación. Cualquier aplicación que obtenga datos operativos acerca de un

“sistema” o “proceso” con el fin de controlar y optimizar ese sistema es una aplicación SCADA (Wonderware, 2019).

La automatización con SCADA es sencillamente un medio para llegar a un fin y no un fin por sí mismo. En última instancia, todos los negocios convergen en la necesidad de maximizar el rendimiento de los activos a través de la excelencia operativa. Para los fabricantes y para otras organizaciones industriales, seguir siendo competitivo significa encontrar constantemente caminos para que la planta funcione de forma más rápida y eficiente. Siempre existe la presión de aumentar la productividad, la eficiencia, la agilidad, la calidad y la rentabilidad, todo ello minimizando los costes (Wonderware, 2019).

Una infraestructura SCADA correctamente ejecutada permite que los procesos sean más rentables y efectivos a un menor coste, aumenta la disponibilidad de los activos y su tiempo de vida, mejora las prestaciones de los equipos, permite fabricar productos de mejor calidad (Wonderware, 2019).

2.2.8.1. SIEMENS WINCC

SIEMENS (2011) indica que WinCC es un software de ingeniería para configurar sistemas SCADA de la marca SIEMENS, en este software es posible configurar los siguientes productos:

- SIMATIC Panels,
- SIMATIC PC industriales
- Standard PC con el software de visualización WinCC Runtime Advanced o el sistema SCADA WinCC Runtime Professional.

2.2.9. Confiabilidad

La confiabilidad es la probabilidad de que un activo opere sin presentar una falla por un determinado período de tiempo especificado y bajo condiciones previamente establecidas (nivel esperado de rendimiento). La definición

incluye el término de probabilidad, la cual indica el uso de una medida cuantitativa. Siendo la Probabilidad la posibilidad de que ocurra de forma particular de un evento. Para el profesional de mantenimiento y el área de gestión de activos físicos es un factor importante, debido que a menor confiabilidad implica una mayor atención y planeación del mantenimiento, además que el elemento bajo análisis requiere para su proceso una alta confiabilidad implica una alta necesidad de mantenimiento para poder llevar este a los niveles requeridos (Arata, 2014).

La definición de confiabilidad permite resaltar dos elementos, se ha de trabajar con datos, estos deben ser recopilados y tratados matemáticamente para que puedan ser de utilidad y el segundo es que permite realizar inferencias, de este modo la confiabilidad será útil hacia el futuro y permitirá predicciones en tiempo futuro (Arata, 2014).

Sánchez (2010) define los siguientes indicadores de confiabilidad: MTBF y MTTR.

2.2.9.1. MTBF (Mean Time Between Failures)

Tiempo medio entre fallas, es el tiempo medio en que un sistema funciona entre fallas, este indicador se expresa generalmente en horas.

2.2.9.2. MTTR (Mean Time To Repair)

Tiempo medio de reparación, es el tiempo necesario para reparar un elemento o equipo que ha fallado, se expresa generalmente en horas.

2.2.10. Disponibilidad

Se define como la proporción de tiempo que un equipo o máquina se encuentra en condiciones de operar y realizar la función para la que ha sido diseñada respecto al tiempo total de horas para un periodo considerado (Huancaya, 2016).

2.2.10.1. Disponibilidad mecánica

Se expresa en porcentaje, se refiere a la cantidad total de horas de mantenimiento mecánicas divididas entre el total de horas calendario (Arata, 2014).

2.2.10.2. Disponibilidad física

Se expresa en porcentaje, se refiere a la cantidad total de horas de mantenimiento divididas entre el total de horas calendario, considerar que la disponibilidad física involucra todos los retrasos generados por el área de mantenimiento. (Arata, 2014).

2.2.11. Carrilería

Componentes encargados de impulsar el equipo a través de una rueda dentada que impulsa las cadenas conformadas por zapatas, está previsto también de una rueda guía, compuesta también de rodillos inferiores y sliders en la parte superior del bastidor que la harán de guía de traslado de los eslabones del tren de rodaje (Huamaní, 2015).

2.3. ESQUEMA CONCEPTUAL

El esquema conceptual propuesto para la tesis es el que se muestra a continuación.

2.3.1. Propulsión

Término en inglés que hace referencia al sistema de propulsión de una pala eléctrica (P&H Peak Services, 2010).

2.3.2. Mean Time To Repair (MTTR)

Tiempo necesario para reparar un elemento o un equipo que ha fallado (Arata, 2014).

2.3.3. Mean Time Between Failures (MTBF)

Tiempo medio en que un sistema funciona entre fallas (Arata, 2014).

2.3.4. Slides

Bases soldadas en la parte superior del bastidor que cumplen la función de deslizar las cadenas con el fin de ser una guía de estas, evitando un descarrilamiento (Bucyrus International, 2011).

2.3.5. Rueda guía

Rueda que permite que las cadenas impulsadas por el sprocket mantengan su alineamiento en los rodillos montados en el bastidor (Bucyrus International, 2011).

2.3.6. Sprocket

Término en inglés correspondiente a la rueda propulsora tipo dentada (piñón) que impulsa las cadenas de las orugas (P&H Peak Services, 2010).

2.3.7. Oruga

Término que se refiere a las cadenas de cada lado de la propulsión de una pala eléctrica (P&H Peak Services, 2010).

2.3.8. Contrato MARC (Maintance and Repair Contract)

Contrato de mantenimiento y reparación, en el que el prestador de servicios se compromete a que los equipos del cliente estarán en condiciones de funcionar una determinada cantidad de horas dentro de un lapso de tiempo determinado mediante la reparación y mantención de los mismos (P&H Peak Services, 2010).

2.3.9. Planning Component Replacement (PCR)

Reemplazo planeado de componente, expresado en horas de funcionamiento (P&H Peak Services, 2010).

CAPÍTULO III

DIAGNÓSTICO SITUACIONAL

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

3.1.1. Cultura organizacional

3.1.1.1. Misión

Hacemos minería con el fin de generar riqueza para nuestra gente, las comunidades en las que desarrollamos nuestras operaciones y nuestros accionistas.

3.1.1.2. Visión

Construir la empresa diversificada de metales base más respetada del mundo.

3.1.1.3. Objetivos

Ser valorados como una de las empresas mineras más importantes del mundo para el año 2020.

3.1.1.4. Estructura orgánica

La empresa cuenta con un organigrama el cual forma parte de la estructura orgánica formal en el que se identifican 7 áreas principales; por otro lado, la toma de decisiones se da en forma vertical descendente permitiendo así el cumplimiento de objetivos propuestos por la empresa.

A continuación, se describe cada una de las gerencias de la empresa que forman parte del organigrama:

- Gerencia general: Esta gerencia es la encargada de definir las políticas de la empresa, directrices y procedimientos corporativos con el fin de lograr la eficiencia administrativa,

financiera y operacional de la minera Las Bambas, generando rentabilidad y crecimiento en el tiempo.

- Gerencia de protección interna: Gerencia encargada de la seguridad de la empresa, de sus activos y bienes, encargada de la aplicación de los procedimientos y disposiciones aprobadas por las autoridades de la institución.
- Gerencia de seguridad, salud y medio ambiente: Gerencia encargada de planificar y controlar la implantación de políticas y procedimientos de la organización en temas de seguridad y salud ocupacional a fin de garantizar condiciones seguras de trabajo para los colaboradores de la empresa, además encargada de dirigir y controlar la implementación y desarrollo de programas de conservación del medio ambiente con el propósito de prevenir situaciones que generen un impacto negativo al medio ambiente y asegurar el cumplimiento de las regulaciones y normas vigentes en la ley relacionadas al medio ambiente.
- Gerencia de recursos humanos: Gerencia encargada de mantener una buena comunicación entre todos los niveles de la organización, para mantener un ambiente de trabajo adecuado proporcionando de esta manera mayor productividad del recurso humano y por ende de la empresa, elaborar y controlar el procedimiento de reclutamiento, selección e inducción del personal a fin de asegurar a los candidatos más idóneos para los puestos de la organización, controlar y supervisar los diferentes beneficios de ley obligados a dar por la empresa.
- Gerencia de operaciones: Gerencia encargada de la administración de los recursos necesarios para el correcto funcionamiento de la producción de la empresa, sus principales funciones son planificar, implementar y supervisar el desarrollo óptimo y la ejecución de todas las actividades diarias de la empresa a fin de brindar una productividad conforme a la planificada o superior a esta. Dentro de esta gerencia se tiene

incluida a la gerencia de mantenimiento la cual es la encargada de la superintendencia de palas y perforadoras siendo el área donde se evidencia el problema descrito en la presente tesis.

- Gerencia logística: Gerencia encargada de permitir el abastecimiento necesario de insumos los cuales permiten la continuidad de las operaciones mineras, anticipándose de esta manera a los cambios y tendencias que pueda sufrir el mercado.
- Relaciones comunitarias: Gerencia encargada de planificar e implementar estrategias exitosas para establecer vínculos de confianza con la comunidad de este modo ser posible fomentar el desarrollo y mejorar la calidad de vida de las poblaciones afectadas, área encargada de mantener y mejorar la imagen y reputación de la compañía.
- Gerencia de excelencia operativa: Gerencia encargada de planificar e implementar un modelo de excelencia operacional exitoso y sostenible, hacer entender que todos los trabajadores de la empresa deben trabajar a fin de obtener objetivos comunes, involucrar a todos los trabajadores de la empresa a estar mejorando continuamente en línea a los objetivos corporativos.

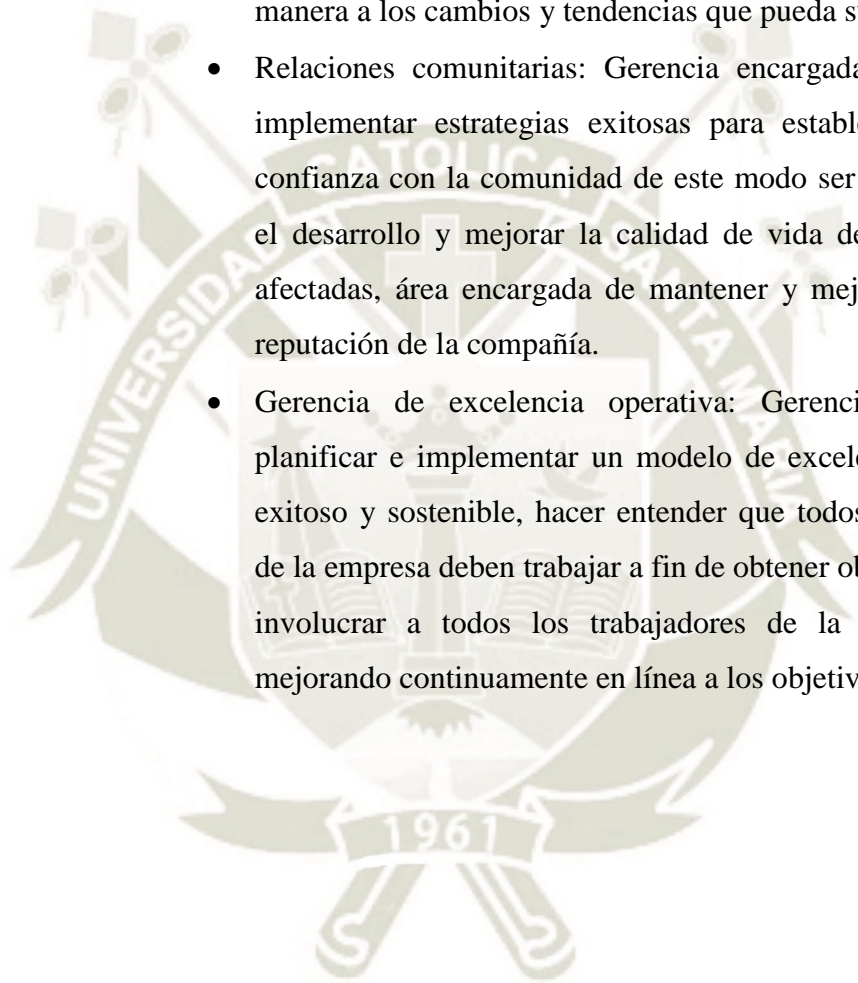
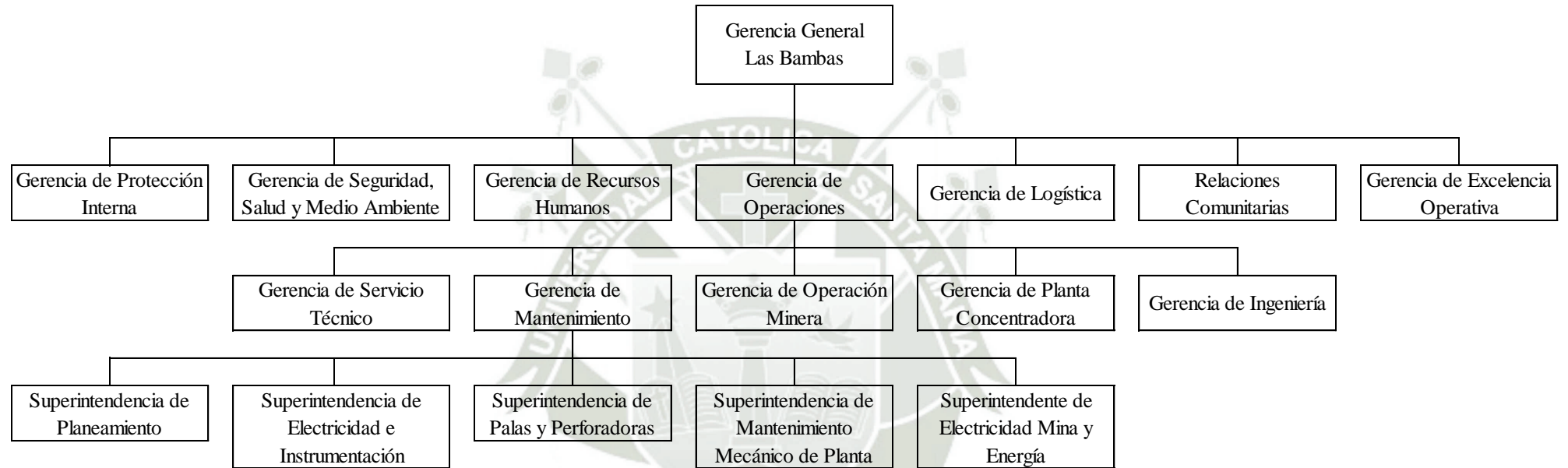


Figura 13. Estructura orgánica



Fuente: La empresa, 2019.

3.1.2. Productos

Las Bambas cuenta con una planta concentradora que tiene una capacidad instalada de 145000 toneladas por día, de este modo se genera concentrado de cobre (Cu) y molibdeno (Mo) como producto final.

3.1.2.1. Concentrado de cobre

Pulpa espesa obtenida de una etapa de flotación en el proceso productivo, en la que se encuentra una mezcla de sulfuro de cobre, fierro y una serie de sales de otros metales.

Figura 14. Planta concentradora



Fuente: La empresa, 2016.

3.1.2.2. Concentrado de molibdeno

También conocido como concentrado de molibdenita o sulfuro de molibdeno es obtenido a partir de los minerales sulfurados durante el proceso de separación del cobre. En la Tabla 2 se indican los principales usos del molibdeno.

Tabla 2. Uso industrial del Molibdeno

Principales usos del molibdeno en la industria	
Aceros inoxidables, superaleaciones	30%
Aceros de baja aleación	30%
Producción química	20%
Elaboración de herramientas	10%
Fundición	10%

Fuente: International Molybdenum Association , 2019.

3.1.3. Clientes y proveedores

3.1.3.1. Clientes

Minera Las Bambas actualmente se encuentra operada por la empresa MMG (Minerals and Metals Group) empresa que lideró el consorcio que adquirió Las Bambas el 31 de julio del 2014 con un 62.5%. MMG cuenta con su sede en Melbourne, Australia. Por otro lado, China Minmetals Corporation cuenta con un 74% de las acciones de MMG.

China Minmetals Corporation es la compañía minera de metal más grande e internacional de China, nacida de la recombinação estratégica de la antigua China Minmetals y el Grupo MCC. Es el proveedor de servicios de ingeniería metalúrgica más grande del mundo. Tiene su sede en Beijing, opera sucursales, proyectos de recursos y proyectos de ingeniería contratados en más de 60 países y regiones. Cuenta con una red de comercio mundial para compras y mercadeo y encabeza a China durante años en términos de volumen de distribución de productos de mineral de metal. De este modo la República Popular China se convierte en el principal cliente de la minera Las Bambas.

Figura 15. Planta concentradora



Fuente: La empresa, 2015.

3.1.3.2. Proveedores

- **Ferreyros S.A:** Empresa líder en la comercialización de bienes de capital y servicios especializados. Representante de Caterpillar y de otras prestigiosas marcas, atiende a los sectores que impulsan el desarrollo del país, con capacidades de soporte únicas en el mercado, es la empresa de mayores volúmenes de operación de la corporación Ferreycorp, integrada por 16 empresas en Perú, Chile, Colombia, Ecuador, Guatemala, El Salvador, Nicaragua y Belice.
- **Komatsu:** Empresa líder en comercialización de maquinaria pesada, brinda soluciones inspiradas en la innovación marcando procesos la vanguardia a nivel mundial en remanufactura y diseño. recuperación de los valiosos componentes que dan vida a diversos equipos mecánicos, hidráulicos y electrónicos.
- **USITEM:** Representantes exclusivos para el Perú de aceros bimetálicos antiabrasivos fabricados en Australia por BRADKEN de marca Vidaplate y Duaplate, dispositivos de Sellado de fluidos marca CHESTERTON fabricado en Estados Unidos de Norteamérica como acoples y accesorios tipo Victaulic fabricados por FUNDICION BRUNO S.A. de Chile. El principal distribuidor de aceros Antiabrasivos y de alta resistencia provenientes de las más importantes acerías del mundo tal como JFE Japón. Fabricante de tolvas y cucharones para los diferentes equipos de movimiento de tierra para la minería y construcción y liners para los chutes de descarga de mineral. Mantenimiento, contratos de soldadura y barrenado en mina y trabajos en planta concentradora.
- **ESCO:** Empresa perteneciente al grupo Weir, se encarga de diseñar, elaborar, suministrar equipos críticos utilizados por empresas en los mercados de minería e infraestructura. Con más de 100 años de experiencia en la ciencia de metales, aleaciones y materiales de desgaste, ESCO es reconocido como un líder en

la industria que ofrece productos innovadores y soluciones personalizadas que mejoran la seguridad y productividad del cliente. ESCO ofrece piezas de desgaste confiables, consistentes y de larga duración, y soluciones desarrolladas a partir de metalurgia, fabricación y garantías superiores, que garantizan que nuestros clientes reciban un valor óptimo. ESCO dirige los mercados de desarrollo de infraestructura y minería de superficie como el líder mundial en sistemas dentales. Desde el diseño inicial hasta la creación y el mantenimiento del producto, los equipos de ingeniería y técnicos globales de ESCO ofrecen asistencia experta a los clientes que trabajan con palas y cucharones para excavadoras, tambores de corte, piezas de desgaste de trituradoras y otros productos utilizados en aplicaciones industriales clave.

3.1.4. Proceso productivo

Minera Las Bambas tiene como proceso principal es la producción de concentrado de cobre y molibdeno la cual sigue la siguiente secuencia de actividades en su producción:

3.1.4.1. Extracción o minado

Minera Las Bambas es una mina a tajo abierto, ya que el mineral se encuentra cerca de la superficie. La mina mueve en promedio más de 170 millones de toneladas de material rocoso, en esta parte del proceso 400,000 toneladas de material son removidas a diario con maquinaria.

Figura 16. Planta concentradora

Fuente: La empresa, 2015.

3.1.4.2. Chancado primario

Después de la extracción del material del minado este llega al chancador con tamaños diversos desde partículas de menos de 1mm hasta fragmentos que son mayores a 1m de diámetro, el objetivo del chancado primario es reducir el tamaño del material hasta un máximo de 7 pulgadas o 18 cm.

El chancador primario consta de dos juegos de chancadores giratorios ubicados junto al tajo Ferrobamba, pueden realizar el ciclo de descarga hasta 4 camiones en simultáneo. Más de 140000 toneladas de material rocoso pasan a diario por el chancador.

Figura 17. Chancado primario



Fuente: La empresa, 2015.

3.1.4.3. Transporte

Luego del chancado primario, el material rocoso pasa a una faja transportadora de 5.2km hasta la planta concentradora. El mineral se descarga desde la faja transportadora a una pila de acopio con capacidad viva de aproximadamente 18 horas de operación.

Figura 18. Faja transportadora



Fuente: La empresa, 2015.

Figura 19. Apilador

Fuente: La empresa, 2015.

3.1.4.4. Molienda

En el área de molienda de la planta concentradora el mineral se recupera de la pila de acopio a través de dos líneas que consisten en un molino SAG y un molino de bolas, en esta etapa se reduce aún más el tamaño del material triturado (el molino SAG se usa para moler las rocas más grandes), hasta obtener un tamaño máximo de 0.18 mm, de esta manera se permite la liberación de la mayor parte de los minerales en forma de partículas individuales. La capacidad diaria es de 140000 toneladas por día, de esta manera se procesará 52 millones de toneladas por año.

Figura 20. Molienda

Fuente: La empresa, 2015.

3.1.4.5. Circuito de flotación

En esta etapa mediante un proceso físico-químico se separan de la roca original los sulfuros de cobre y otros elementos. Se denomina planta de flotación de espuma convencional de Cu – Mo. Consta de 28 celdas en el circuito rougher scavenger y 22 celdas en la tercera etapa de limpieza. El concentrado a granel se envía por tuberías a la planta de separación de molibdeno que se encuentra junto a la planta de flotación a granel.

Figura 21. Molienda



Fuente: La empresa, 2015.

3.1.4.6. Planta de separación de molibdeno

En esta etapa se separa el molibdeno del cobre. Luego el concentrado de molibdeno se transporta en camiones hasta el puerto.

Figura 22. Planta de molibdeno



Fuente: La empresa, 2015.

3.1.4.7. Circuito de filtros

Aquí se filtra el concentrado de cobre y el producto resultante es trasladado al almacén de concentrado, el circuito de filtros recupera el agua usada en el proceso y la rebombea también al circuito de molibdeno.

Figura 23. Circuito de filtros



Fuente: La empresa, 2015.

3.1.4.8. Almacén de concentrado

Este almacén de concentrado tiene una capacidad máxima de 40000 toneladas métricas de concentrado de cobre. Aquí el concentrado es extraído por medio de cargadores frontales los cuales cargan el concentrado en camiones para su posterior transporte al puerto de Matarani mediante un sistema de transporte bimodal (camiones y tren).

Figura 24. Almacén de concentrado



Fuente: La empresa, 2015.

3.1.4.9. Transporte

Aproximadamente se traslada 1.3 millones de toneladas de concentrado de cobre por año, Entre las bambas y el puerto de Matarani el producto final recorre una distancia aproximada de 750km, el transporte se realiza en contenedores ISO cerrados. Desde el 2016 se inició el transporte bimodal (camión-tren) para el concentrado.

Figura 25. Contenedor ISO



Fuente: La empresa, 2015.

Figura 26. Transporte en camión



Fuente: La empresa, 2015.

Figura 27. Transporte en tren

Fuente: La empresa, 2018.

3.1.4.10. Puerto Matarani

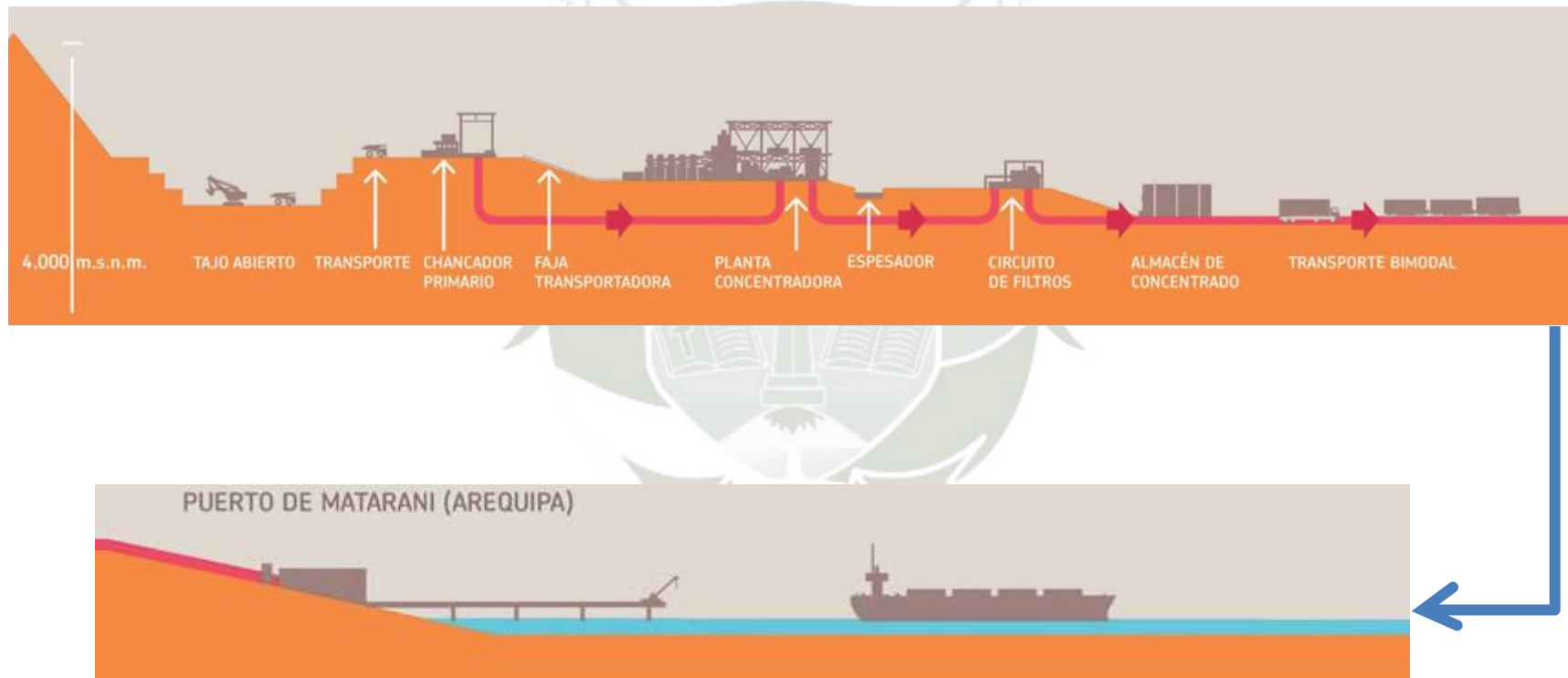
El producto final se envía desde el puerto Matarani, se construyó una nueva área de embarque denominado Amarradero F, que incluye un edificio de descarga de trenes, un cobertizo de almacenamiento de concentrado con una capacidad de 100,000 toneladas, un nuevo muelle con una capacidad para recibir buques graneleros Supramax con un tonelaje de 55,000 DWT y un cargador de barcos con una capacidad de 2000 t/h exclusivamente para las bambas.

Figura 28. Puerto Matarani

Fuente: La empresa, 2018.

En la Figura 29 se observa el flowsheet del proceso de elaboración del concentrado de cobre y molibdeno en la minera Las Bambas:

Figura 29. Proceso de elaboración de concentrado de cobre



Fuente: La empresa, 2018.

3.1.5. Análisis FODA de minera Las Bambas

3.1.5.1. Fortalezas

- Localización: La unidad minera Las Bambas se ubica entre los distritos de Chalhuanhuacho, Tambobamba y Coyllurqui en la provincia de Cotabambas, y el distrito de Progreso, provincia de Grau, en la región Apurímac a una altitud que varía entre los 3800 y 4600 m.s.n.m. a aproximadamente 75km al suroeste de la ciudad de Cusco. Dicha ubicación estratégica genera un considerable potencial de explotación de sulfuros de cobre (MMG Limited, 2019).
- Oportunidades laborales: En el 2018 minera Las Bambas en el 2018 generó más de 1900 empleos directos, los cuales el 20% correspondió a personal local y 7000 empleos indirectos, lo que constituye un beneficio para las economías regionales (MMG Limited, 2019).
- Desarrollo social: Las Bambas es una de las operaciones mineras que busca fomentar el diálogo y promover un modelo de desarrollo sostenible de la mano del estado peruano. Desde el inicio de las operaciones la minera está dispuesta a generar relaciones de confianza y participación con la población.
- Operación moderna: Las Bambas se encuentra en la fase de producción comercial desde julio del 2016 además de contar con componentes complejos y procesos de automatización intensivos en los que se utiliza tecnología de punta y equipos mineros de última generación, esto convierte a las bambas en una de las minas más modernas a nivel nacional
- Sostenibilidad de recursos: En el año 2017 Minera Las Bambas logró una buena eficiencia en la gestión hídrica, cabe indicar que la mayor parte del agua utilizada por los espesadores de relaves, espesadores de concentrado y de la producción es

recirculada, procurando el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos.

- Estándares de talla mundial: Minera Las Bambas al ser una empresa operada por MMG se encuentra alineada bajo sus estándares, estrategias y procesos además de aplicar sus procedimientos específicos, todos estos elementos son prioritarios para la toma de decisiones y actuación empresarial.

3.1.5.2. Oportunidades

- Sector minero en crecimiento: Minera Las Bambas se encuentra en la fase de producción desde julio del 2016, desde entonces los resultados de producción anual y la calidad del concentrado han sido positivos, es importante destacar que la producción peruana de cobre se incrementó en un 3.9% en el 2017 gracias al aporte de minera Las Bambas y el de otras mineras grandes de cobre ubicadas en el Perú.
- Apoyo gubernamental en el sector minero peruano: La gran inversión en los últimos años ha visto aumentos en la producción de cobre, oro y metales básicos en Perú, convirtieron al sector minero en el motor de crecimiento del país, una de las principales causas es en muchos aspectos, sin precedentes se puede atribuir al sistema de permisos establecido en el Perú. El sector minero peruano es realmente el alma de la economía peruana, y como tal, ha demandado mucho esfuerzo gubernamental para desarrollar un marco legal que respalde la inversión extranjera.
- Considerable potencial de exploración: Minera Las Bambas cuenta con tres yacimientos principales, Ferrobamba, Chalcobamba y Sulfobamba. El tiempo de vida estimado es de dieciocho años con un considerable potencial de exploración.
- Nuevas tecnologías de automatización minera: Alrededor del mundo las compañías mineras se encuentran adoptando

rápidamente las últimas tecnologías de automatización minera para modernizar sus operaciones. Como por ejemplo mayores capacidades de acarreo en camiones, camiones autómatas, mayor carga de palas eléctricas, carga con palas híbridas, uso de DCS en plantas, etc.

- Implementación de mejoras por parte de los proveedores: Los principales fabricantes de equipos de maquinaria pesada, camiones de acarreo, palas y perforadoras vienen constantemente trabajando en cartas de servicio (service letter) y magazines que permiten a la minera Las Bambas mejorar tiempos muertos por paradas imprevistas por temas de falla en el producto de fábrica.

3.1.5.3. Debilidades

- Pérdida de horas de producción por mantenimientos correctivos: Debido a malas evaluaciones o fallas a nivel operativo se tienen paradas imprevistas que afectan el cumplimiento del programa de producción.
- Carencia de repuestos críticos: En el área de mantenimiento, minera Las Bambas no cuenta con el stock total de repuestos críticos necesarios para respaldar la operación de equipos críticos del proceso.
- Elevado número de accidentes laborales: En los años 2015-2018 minera Las Bambas presentó bastantes incidentes y accidentes de trabajo que incluso incurrieron en 3 accidentes fatales.
- Procedimientos y estándares no aplicables en todas las áreas: Por la naturaleza de algunas áreas como área mina no se pueden realizar algunos procedimientos de seguridad de manera estándar con el área de planta concentradora; de esta manera, algunos procedimientos sufren algunas diferencias en su ejecución.

- Operación inadecuada de equipos de carguío: Constantemente se tienen paradas no planificadas por la mala operación de los equipos de carguío, se tienen diferencias marcadas en la operación de los equipos de un turno a otro o de una guardia a otra al no considerar todas las instrucciones de operación brindadas por los fabricantes, careciendo del mismo nivel de experiencia entre todos los operadores de estos equipos. Además, muchas veces no son consideradas las condiciones del ambiente de trabajo indicadas por los fabricantes para trabajar eficientemente en un frente de carguío, esta situación también genera retrasos en la producción planificada por paradas imprevistas.

3.1.5.4. Amenazas

- Conflictos sociales: La relación de las comunidades con la minera ha tenido algunos altibajos desde el 2004, el trato ha sido predominantemente positivo. Se tuvieron sucesos de reclamo por parte de las comunidades aledañas desde el año 2010 en que la minera Las Bambas fue comprada por un consorcio conformado por la empresa MMG Limited como el principal accionista, desde entonces es importante que la empresa minera considere los cambios del estudio de impacto ambiental.
- Retornos competitivos: Los accionistas están ávidos de recibir retornos en niveles superiores respecto a los años previos, lo que genera una disyuntiva en las compañías respecto a invertir o repartir sus utilidades.
- Reemplazo de los recursos: Con el pasar de los años los productos finales de las mineras han sido reemplazados por otros en todo el mundo, lo cual ha repercutido en la disminución de las inversiones en proyectos de exploración.
- Optimización de la energía: Minera Las Bambas busca menores costos y una mayor certeza de su suministro energético, siendo

un aspecto relevante que tendrá el tipo de energía elegida, debido por ejemplo su impacto ambiental y la disponibilidad de la misma ante mal tiempo.

- Constante clima severo en temporada de invierno: Esta amenaza de la naturaleza se presenta todos los años. Al tener grandes tormentas no es posible tener una precisión correcta del servicio de mantenimiento de este modo se pierden horas de producción considerables debido a la no disponibilidad de equipos críticos.

3.2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Se realizó la evaluación de distintos indicadores de disponibilidad y mantenimiento para verificar el impacto de las fallas producidas por un excesivo viraje de propulsión.

Para la presente tesis se analizarán datos obtenidos en el año 2018 desde el mes de enero hasta diciembre.

3.2.1. KPI's (Key Performance Indicator) de mantenimiento

Minera Las Bambas junto a sus socios estratégicos evalúan el desempeño de sus equipos críticos mediante la disponibilidad mecánica y física de los equipos de carguío. También es considerada la confiabilidad de los equipos mediante los indicadores MTBF (Mean Time Between Failures) y MTTR (Mean Time To Repair).

Las metas de estos indicadores han sido establecidas mediante un contrato MARC con cada uno de los socios estratégicos.

3.2.1.1. Indicadores de mantenimiento de clase mundial

Se denominan indicadores de clase mundial a los que son utilizados como valor de referencia en todos los países, en la presente tesis se toman los 3 más representativos: La disponibilidad, el tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio para reparar (MTTR)

En minera Las Bambas, la disponibilidad y confiabilidad de los equipos de carguío son medidas mediante los siguientes indicadores:

- **Disponibilidad mecánica:** Se expresa en porcentaje mediante la siguiente fórmula, considerar que la disponibilidad mecánica contemplada en la presente tesis los retrasos generados solamente por la empresa tercera encargada del mantenimiento del equipo CAT 7495:

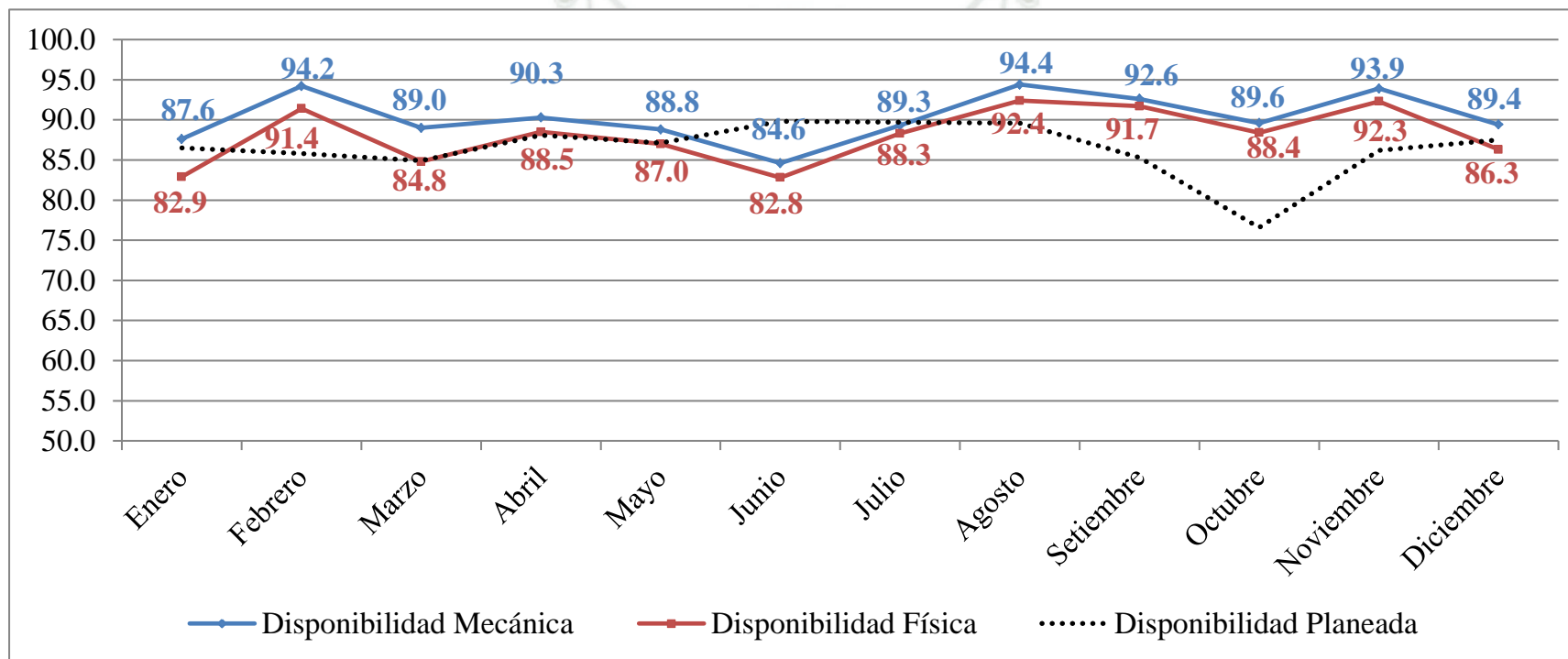
$$\%DM = \frac{\text{Horas de mantenimiento mecánicas}}{\text{Total horas calendario}} \times 100$$

- **Disponibilidad física:** Se expresa en porcentaje, considerar que la disponibilidad física involucra todos los retrasos generados por el área de mantenimiento, no solamente incluyendo a la empresa tercera encargada del mantenimiento mecánico del equipo CAT 7495, sino también a otras encargadas de otros sistemas como el aire acondicionado, gets, rotación y reemplazo de puntas, demoras por tormentas eléctricas, etc.

$$\%DF = \frac{\text{Horas de mantenimiento}}{\text{Total horas calendario}} \times 100$$

En el año 2018 se obtuvieron como resultado los siguientes indicadores de mantenimiento en la flota de carguío CAT 7495:

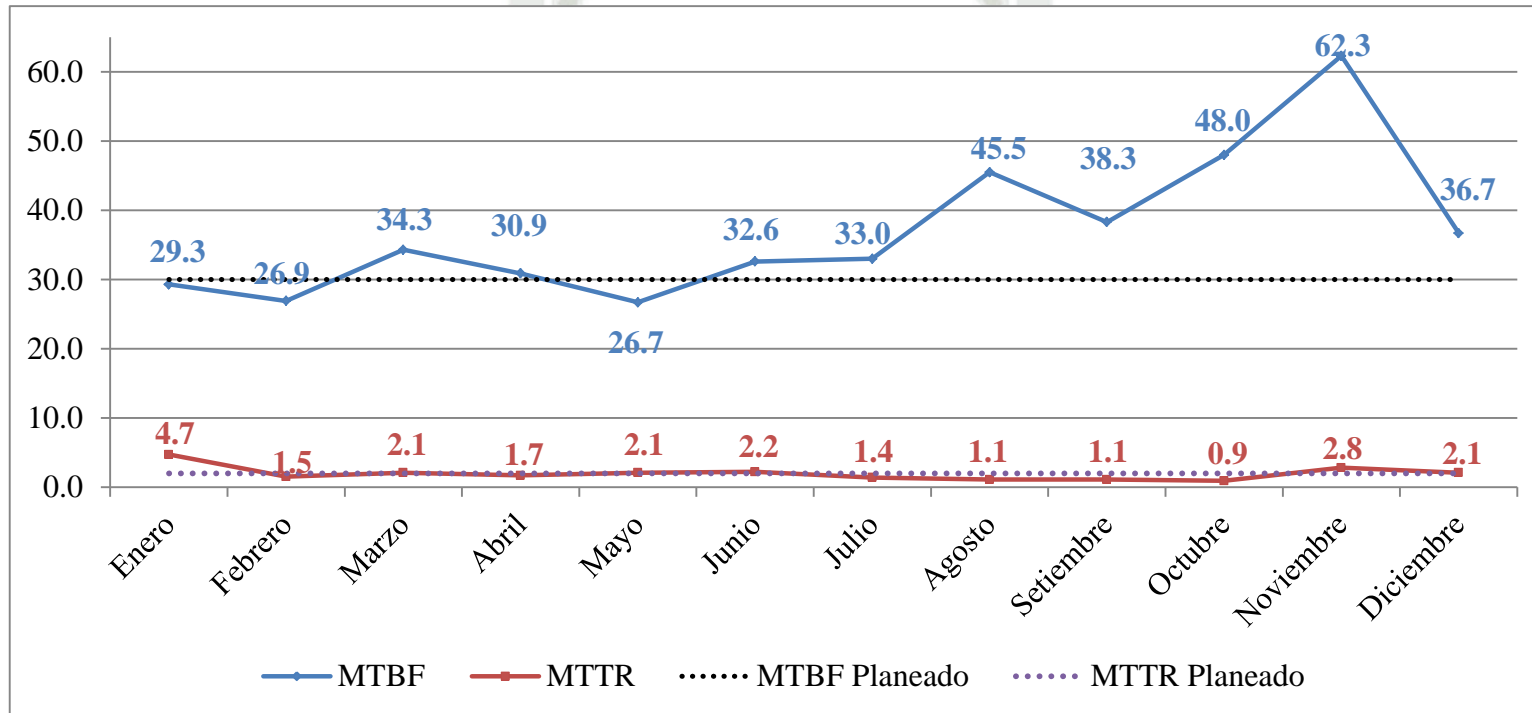
Figura 30. Disponibilidad de flota CAT 7495 año 2018



Fuente: Adaptado de la empresa, 2018.

Además, se obtuvieron los siguientes indicadores referidos a la confiabilidad en la flota de carguío CAT 7495:

Figura 31. Indicadores de Confiabilidad de la flota CAT 7495 año 2018



Fuente: Adaptado de la empresa, 2018.

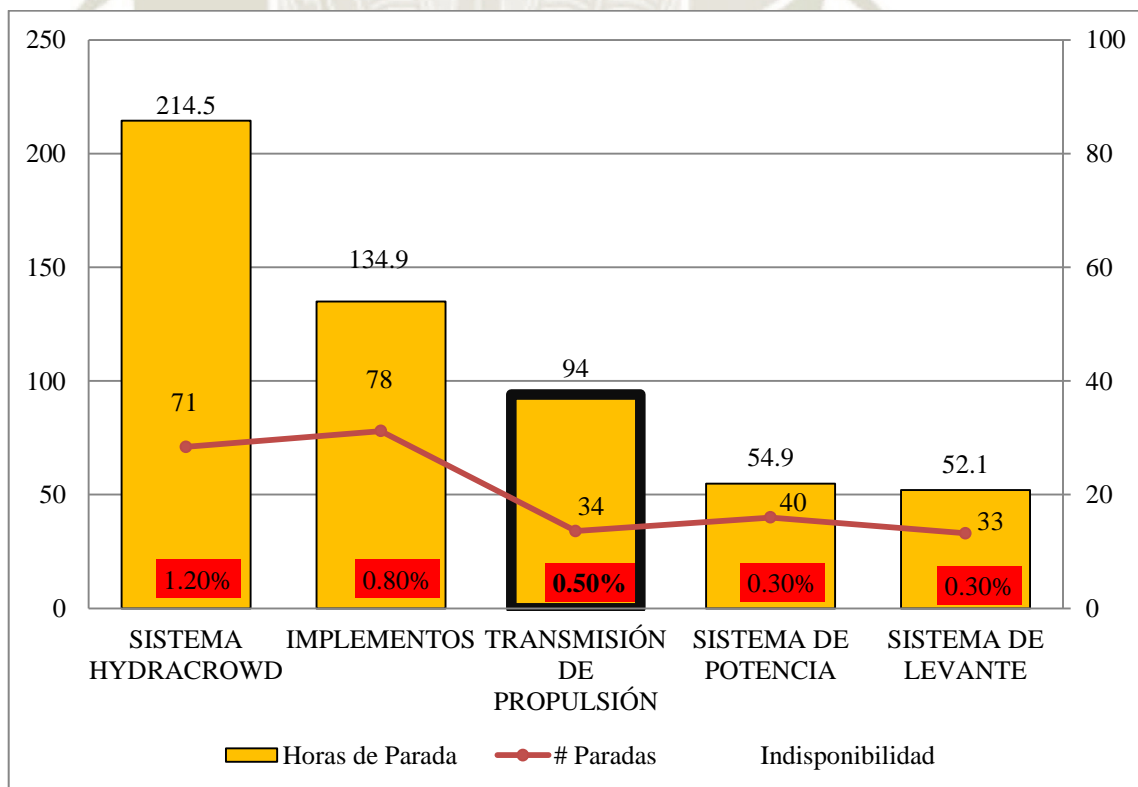
3.2.2. Top 5 de mantenimiento

Mensualmente se realizan reuniones técnicas de mantenimiento mina en las cuales se evalúan los principales indicadores de disponibilidad y confiabilidad, además de problemas técnicos y paradas no programadas que causaron un gran impacto en la producción, esto es analizado en distintas flotas de equipos según su criticidad, una de las principales se refiere a la flota de carguío de las palas eléctricas CAT7495.

Cabe resaltar que una pala eléctrica es una máquina de criticidad 1 en el sistema productivo de una mina de cobre a tajo abierto, de la disponibilidad y confiabilidad de estas máquinas depende directamente la producción total de la mina.

En la Figura 32 se tiene los resultados del TOP 5 de mantenimiento del año 2018 refiriéndose a los 5 principales sistemas que fueron afectados durante las paradas no programadas de mantenimiento.

Figura 32. TOP FIVE de flota CAT 7495 año 2018

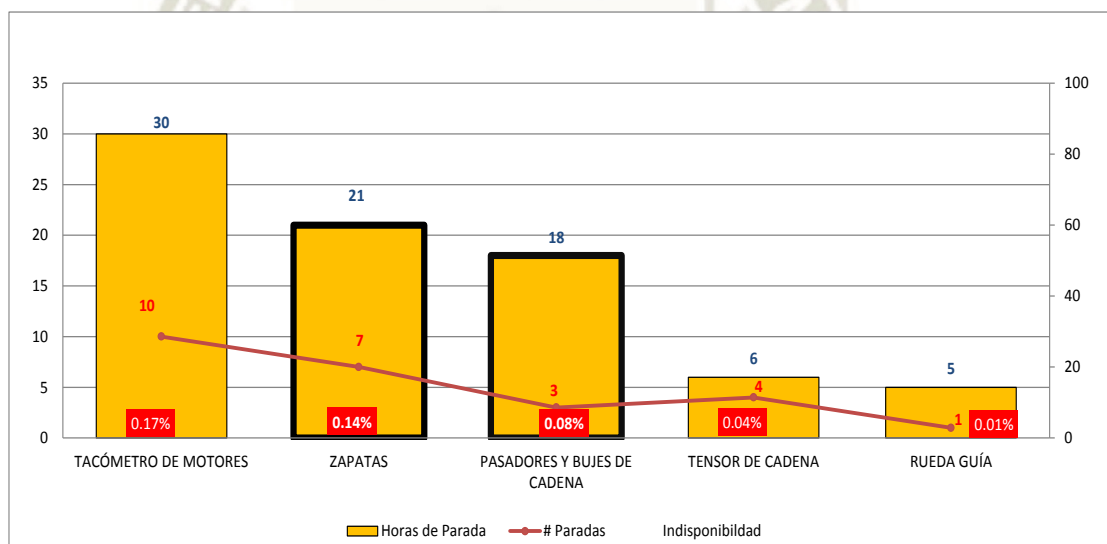


Fuente: Adaptado de la empresa, 2018.

En el año 2018 se identifica en la posición 3 del TOP 5 al sistema de Transmisión de Propulsión el cual tuvo 34 paradas no programadas del equipo con un total de 94 horas, como consecuencia este tiempo de parada no programada provocó el 0.5 % de indisponibilidad del equipo además de grandes pérdidas económicas para la empresa minera por temas de producción, este sistema en mención involucra los problemas relacionados a la mala operación y daños en el equipo por un excesivo ángulo de viraje al realizar el traslado de la máquina.

En la Figura 33 se tiene los resultados del sistema de Transmisión de Propulsión dividido en subsistemas en donde se pueden apreciar las paradas no programadas relacionadas a estos durante el año 2018.

Figura 33. TOP FIVE 3 – Transmisión de Propulsión año 2018



Fuente: Adaptado de la empresa, 2018.

En la Tabla 3 se tiene como subsistemas que presentaron fallas relacionadas al problema de operación de exceso de ángulo de viraje el año 2018 a zapatas, pasadores y bujes de cadena y rueda guía. A continuación, se detallarán las fallas específicas correspondientes a estos subsistemas durante el año 2018, de este modo comprobar su relación al excesivo ángulo de viraje.

Tabla 3. Subsistema: Zapatas

Equipo	Categoría	Fecha inicio	Subsistema	Componente	Horas de parada	Descripción
SH002	No planeado	07/11/2018	Carrileria	Zapatas	3	Cambio de zapata
SH002	No planeado	26/07/2018	Carrileria	Zapatas	1	Bocina de tapa suelta
SH001	No planeado	25/05/2018	Carrileria	Zapatas	3	Cambio de zapata oruga LH
SH002	No planeado	26/03/2018	Carrileria	Zapatas	9	Rotura de zapata Reposición de pin de zapata
SH001	No planeado	05/01/2018	Carrileria	Zapatas	5	LH, voladura, cambio de zapata

Fuente: Adaptado de la empresa, 2018.

En la Tabla 3 se muestran 4 eventos en el año 2018 relacionados a roturas de zapatas por exceso de viraje, los cuales generaron 22 horas de paradas no programadas durante el año 2018, estas influyen directamente en los indicadores de confiabilidad y disponibilidad por ende generan un gran costo a la empresa minera

Según la Tabla 3 se crea la Tabla 4 en donde se tiene un aproximado económico de los gastos generados por estas paradas no planificadas relacionadas al subsistema Zapatas, las cuales afectan directamente a la producción e incrementan su costo.

Tabla 4. Costos de paradas no planificadas, subsistema: Zapatas

Equipo	Evento	Costo de reparación (S/.)
SH001	Cambio de zapata	S/ 230,000.00
SH001	Cambio de zapata oruga LH	S/ 270,000.00
SH002	Rotura de zapata	S/ 650,000.00
SH001	Reposición de pin de zapata LH, voladura, cambio de zapata	S/ 370,000.00

Fuente: Adaptado de la empresa, 2018.

En la Figura 34 se puede apreciar la fractura de una zapata por excesivo ángulo de viraje.

Figura 34. Rotura de zapata



Fuente: La empresa, 2018.

En la Figura 35 se puede apreciar la fractura de una zapata por excesivo ángulo de viraje.

Figura 35. Rotura de zapata



Fuente: La empresa, 2018.

En la Figura 36 se puede apreciar la fractura de una zapata cercana al buje que contiene el pin de unión el cual no se encuentra colocado. Daño que pudo haber sido generado por un excesivo ángulo de viraje.

Figura 36. Caída de pin y rotura de zapata



Fuente: La empresa, 2018.

En la Figura 37 se aprecia al personal técnico de mantenimiento realizando las maniobras para el cambio de una zapata fracturada.

Figura 37. Trabajos de cambio de zapata



Fuente: La empresa, 2018.

En la Tabla 5 se identifican 5 eventos en el año 2018 relacionados a roturas o daños en los pines de zapatas por exceso de viraje, los cuales generaron 21 horas de paradas no programadas durante el año 2018, estas influyen directamente en los indicadores de confiabilidad y disponibilidad por ende generan un gran costo a la empresa minera.

Tabla 5. Subsistema: Pasadores y bujes de cadena

Categoría	Fecha inicio	Subsistema	Componente	Horas de parada	Descripción
No planeado	11/05/2018	Carrilería	Zapatas	2	Instalación de pin de zapata
No planeado	26/03/2018	Carrilería	Zapatas	2	Instalación de pin de zapata
No planeado	10/03/2018	Carrilería	Pasadores y bujes de cadena	1	Instalación de pin de zapata de oruga RH
No planeado	09/02/2018	Carrilería	Pasadores y bujes de cadena	9	Instalación de pines de zapata LH y RH
No planeado	03/02/2018	Carrilería	Pasadores y bujes de cadena	4	Soldadura de seguro de pin de zapata LH caído

Fuente: Adaptado de la empresa, 2018.

Según la Tabla 5 se crea la Tabla 6 en donde se determina un aproximado económico de los gastos generados por estas paradas no planificadas relacionadas al subsistema Pasadores y bujes de cadena, las cuales afectan directamente a la producción e incrementan su costo.

Tabla 6. Costos de paradas no planificadas, subsistema: Pasadores y bujes de cadena

Equipo	Evento	Costo de reparación (S/.)
SH002	Instalación de pin de zapata	S/ 150,000.00
SH001	Instalación de pin de zapata	S/ 110,000.00
SH002	Instalación de pin de zapata de oruga RH	S/ 45,000.00
SH001	Instalación de pines de zapata LH y RH	S/ 630,000.00
SH001	Soldadura de seguro de pin de zapata LH caído	S/ 290,000.00

Fuente: Adaptado de la empresa, 2018.

En la Figura 38 se puede apreciar que la cadena no cuenta con un pin de zapata, este daño pudo ser generado por un excesivo ángulo de viraje.

Figura 38. Caída de pin de zapata



Fuente: La empresa, 2018.

En la Figura 39 se puede apreciar la ruptura de un pin de zapata. Daño que pudo haber sido generado por un excesivo ángulo de viraje.

Figura 39. Rotura de pin



Fuente: La empresa, 2018.

En la Tabla 7 se tiene 1 evento relacionado a la rueda guía además de incluir instalación de dos pines de zapata, el daño prematuro de este componente (rueda guía) podría tratarse de una condición de desgaste prematuro por un excesivo ángulo de viraje al trasladar el equipo este evento generó 6 horas de parada no programada.

Tabla 7. Subsistema: Rueda guía

Equipo	Categoría	Fecha inicio	Subsistema	Componente	Horas de parada	Descripción
SH001	No planeado	29/03/2018	Carrilería	Rueda guía	6	Instalación de laines de rueda guía, instalación de dos pines de zapata

Fuente: Adaptado de la empresa, 2018.

Según la Tabla 7 se crea la Tabla 8 en donde se establece un aproximado económico de los gastos generados por esta parada no planificada relacionada al subsistema Rueda guía, la cual afecta directamente a la producción e incrementan su costo.

Tabla 8. Costos de paradas no planificadas, subsistema: Rueda guía

Equipo	Evento	Costo de Reparación (S/.)
SH001	Instalación de laines de rueda guía, instalación de dos pines de zapata	S/ 350,000.00

Fuente: Adaptado de la empresa, 2018.

En la Figura 40 se observa un desgaste normal de la rueda dentada (sprocket), componente que puede ser reparado según el fabricante, el desgaste debe ser controlado para realizar el cambio en el momento adecuado, de este modo realizar el rolling de este componente.

Figura 40. Desgaste normal de sprocket



Fuente: La empresa, 2018.

En la Figura 41 se observa un desgaste excesivo de la rueda dentada (sprocket), este desgaste no permite que este componente tenga la opción de ser reparado, el desgaste debe ser controlado para evitar este tipo de daños.

Figura 41. Desgaste excesivo de sprocket



Fuente: La empresa, 2018.

En la Figura 42 se observa la ruptura de dientes de la rueda dentada (sprocket), posible daño generado por malas prácticas operacionales como excesivos virajes.

Figura 42. Ruptura de dientes sprocket



Fuente: La empresa, 2018.

En la Tabla 9 se presenta un resumen de los costos estimados por paradas no programadas relacionadas al ángulo de viraje durante el 2018, clasificadas según subsistema.

Tabla 9. Resumen de costos de paradas no planificadas

Componente	Subsistema	Paradas relacionadas al ángulo de viraje	Costo total (S/.)
Trasmisión de propulsión	Zapatas	4	S/ 1,520,000
	Pasadores y bujes de cadena	5	S/ 1,225,000
	Rueda guía	1	S/ 350,000
		Total	S/. 3,095,000

Fuente: Adaptado de la empresa, 2018.

3.2.3. Hotsheet UC (under carriage)





Corresponde al seguimiento del estado de cada componente externo de la carrilería los cuales sufren un desgaste constante, este seguimiento es realizado por parte del personal encargado especialista en carrilería, de este modo detectar condiciones anormales en el desgaste mecánico esperado en el sistema.

Para generar las tablas presentadas a continuación se tomaron datos de seguimiento presentados en las reuniones técnicas de palas y perforadoras del 2018, considerando que éstos no fueron presentados todos los meses para ambas palas y solamente fueron recolectados los datos que fueron entregados en reportes oficiales.

En las tablas siguientes se tienen considerados los desgastes leves de 0 a 29% con el color verde, moderados de 30 a 59% con el color amarillo, graves de 60 a 69% con el color naranja, y muy graves de 70% en adelante con el color rojo, esta semaforización ha sido definida por el fabricante.

En la Tabla 10 se puede verificar el desgaste de los componentes de la carrilería durante el año 2018 correspondiente a la cadena LH y RH de la SH001.

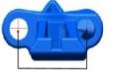



Tabla 10. Desgaste componentes carrilería SH001 lado LH

DESCRIPCIÓN	Medidas de fábrica	Desgaste máximo		ene-18		feb-18		mar-18		abr-18		jul-18		oct-18		dic-18	
				18,889 Horas		19,445 Horas		20,242 Horas		20,850 Horas		22,698 Horas		24,145 Horas		25,644 Horas	
				Medidas	Desgaste	Medidas	Desgaste	Medidas	Desgaste	Medidas	Desgaste	Medidas	Desgaste	Medidas	Desgaste	Medidas	Desgaste
TRACK PAD PITCH 	508	527	Real	516.5	45%	516.6	45%	517.6	51%	518	53%	520	63%	520	63%	520	63%
			Estimado	522	75%	523	77%	523	80%	524	83%	525	90%	526	96%	527	102%
CRAWLER ROLLER PATH 	135	175	Real	153	45%	153.8	47%	155	50%	156	53%	156	53%	157	55%	157	55%
			Estimado	165	75%	166	77%	167	80%	168	83%	171	90%	173	96%	176	102%
PITCH CHAIN PITCH 	2032	2109	Real	2059	36%	2060	37%	2060.5	38%	2060.5	38%	2062	65%	2070	88%	2070	88%
			Estimado	2090	75%	2091	77%	2094	80%	2096	83%	2101	90%	2106	96%	2110	102%
SPROCKET 	338	419	Real	366.6	37%	367	38%	368	39%	388	65%	395	74%	397	77%	397	77%
			Estimado	398	75%	400	77%	403	80%	405	83%	411	90%	416	96%	421	102%

Fuente: Adaptado de la empresa (2018).

En la Tabla 10 se puede ver que el desgaste de la cadena lado LH de la pala SH001 es menor a lo estimado por su PCR de 25,000 horas, teniendo los desgastes mayores correspondientes al estiramiento de la cadena (pitch chain pitch) (88%) y el desgaste de la rueda dentada (sprocket) (77%); incluso teniendo un desgaste muy por debajo del estimado en los casos de bujes de pines (track pad pitch) (63%) y del interior del alojamiento de las zapatas para los rodillos (crawler roller path) (55%). En conclusión, el desgaste real de la cadena como componente se encuentra dentro de los parámetros establecidos en su PCR.

Tabla 11. Desgaste componentes carrilería SH001 lado RH




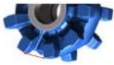
DESCRIPCIÓN	Medidas de fábrica	Desgaste máximo		ene-18		feb-18		mar-18		abr-18		jul-18		oct-18		dic-18	
				18,889 Horas	Desgaste	19,445 Horas	Desgaste	20,242 Horas	Desgaste	20,850 Horas	Desgaste	22,698 Horas	Desgaste	24,145 Horas	Desgaste	25,644 Horas	Desgaste
 TRACK PAD PITCH	508	527	Real	516.5	45%	516.7	46%	517.5	50%	518	53%	519	58%	523	79%	523	79%
				Estimado	522	75%	523	77%	523	80%	524	83%	525	90%	526	96%	527
 CRAWLER ROLLER PATH	175		Real	153.2	46%	153.7	47%	155	50%	155.3	51%	155.3	51%	156	53%	156	53%
				Estimado	165	75%	166	77%	167	80%	168	83%	171	90%	173	96%	176
 PITCH CHAIN PITCH	332	2109	Real	2055	30%	2059	36%	2060	37%	2060	37%	2061	63%	2065	77%	2065	77%
				Estimado	2090	75%	2091	77%	2094	80%	2096	83%	2101	90%	2106	96%	2110
 SPROCKET	338	419	Real	368.5	40%	369.5	41%	370	42%	385	61%	386	62%	387	64%	387	64%
				Estimado	398	75%	400	77%	403	80%	405	83%	411	90%	416	96%	421

Fuente: Adaptado de la empresa (2018).

En la Tabla 11 se puede ver que el desgaste de la cadena lado RH de la pala SH001 es menor a lo estimado por su PCR de 25,000 horas, teniendo los desgastes mayores correspondientes al desgaste de bujes de pines (track pad pitch) (79%), estiramiento de la cadena (pitch chain pitch) (77%); incluso teniendo un desgaste por debajo del estimado en los casos de la medida del interior del alojamiento de las zapatas para los rodillos (crawler roller path) (53%) y el desgaste de la rueda dentada (sprocket) (64%). En conclusión, el desgaste real de la cadena como componente se encuentra dentro de los parámetros establecidos en su PCR.

En la Tabla 12 se puede verificar el desgaste de los componentes de la carrilería durante el año 2018 correspondiente a la cadena LH y RH de la SH002.





Tabla 12. Desgaste componentes carrilería SH002 lado LH

DESCRIPCIÓN	Medidas de fábrica	Desgaste máximo		mar-18		jun-18		sep-18		nov-18		dic-18	
				18,387 Horas		19,943 Horas		21,454 Horas		23,490 Horas		23,702 Horas	
				Medidas	Desgaste	Medidas	Desgaste	Medidas	Desgaste	Medidas	Desgaste	Medidas	Desgaste
TRACK PAD PITCH 	508	527	Real	517	47%	517.5	50%	518.5	55%	518.5	55%	520	63%
			Estimado	522	73%	523	80%	524	86%	526	94%	526	95%
CRAWLER ROLLER PATH 	135	175	Real	151	40%	152	43%	153	45%	153	45%	154	48%
			Estimado	164	73%	167	80%	169	86%	173	94%	173	95%
PITCH CHAIN PITCH 	2032	2109	Real	2051	25%	2052	26%	2064	76%	2064	76%	2066	79%
			Estimado	2088	73%	2094	80%	2098	86%	2104	94%	2105	95%
SPROCKET 	338	419	Real	364	34%	365	35%	365	35%	365	35%	367	38%
			Estimado	397	73%	403	80%	408	86%	414	94%	415	95%

Fuente: Adaptado de la empresa (2018).

En la Tabla 12 se puede ver que el desgaste de la cadena lado LH de la pala SH002 es menor a lo estimado por su PCR de 25,000 horas, teniendo el desgaste mayor correspondientes al estiramiento de la cadena (pitch chain pitch) (79%); e incluso teniendo un desgaste muy por debajo del estimado en los casos de bujes de pines (track pad pitch) (63%), desgaste del interior del alojamiento de las zapatas para los rodillos (crawler roller path) (48%) y el desgaste de la rueda dentada (sprocket) (77%). En conclusión, el desgaste real de la cadena como componente se encuentra dentro de los parámetros establecidos en su PCR.

Tabla 13. Desgaste componentes carrilería SH002 lado RH

DESCRIPCIÓN	Medidas de fábrica	Desgaste máximo		mar-18		jun-18		sep-18		nov-18		dic-18	
				18,387 Horas		19,943 Horas		21,454 Horas		23,490 Horas		23,702 Horas	
				Medidas	Desgaste	Medidas	Desgaste	Medidas	Desgaste	Medidas	Desgaste	Medidas	Desgaste
TRACK PAD PITCH 	508	527	Real	518	53%	518.5	55%	519	58%	519	58%	520	63%
			Estimado	522	73%	523	80%	524	86%	526	94%	526	95%
CRAWLER ROLLER PATH 	135	175	Real	152	43%	153	45%	153	45%	153	45%	154	48%
			Estimado	164	73%	167	80%	169	86%	173	94%	173	95%
PITCH CHAIN PITCH 	2032	2109	Real	2052	26%	2053	28%	2065	77%	2065	77%	2066	79%
			Estimado	2088	73%	2094	80%	2098	86%	2104	94%	2105	95%
SPROCKET 	338	419	Real	367	38%	368	39%	371	43%	371	43%	373	45%
			Estimado	397	73%	403	80%	408	86%	414	94%	415	95%

Fuente: Adaptado de la empresa (2018).

En la Tabla 13 se puede ver que el desgaste de la cadena lado RH de la pala SH002 es menor a lo estimado por su PCR de 25,000 horas, teniendo el desgaste mayor correspondientes al estiramiento de la cadena (pitch chain pitch) (79%);e incluso teniendo un desgaste muy por debajo del estimado en los casos de bujes de pines (track pad pitch) (63%), desgaste del interior del alojamiento de las zapatas para los rodillos (crawler roller path) (48%) y el desgaste de la rueda dentada (sprocket) (45%). En conclusión, el desgaste real de la cadena como componente se encuentra dentro de los parámetros establecidos en su PCR.

En síntesis, como resultado del análisis del hotsheet de carrilería (under carriage), se concluye:

- El desgaste de las ambas cadenas y rueda dentada (sprocket) de la flota CAT7495 se encuentra dentro de los parámetros establecidos en su PCR.
- Las fallas correspondientes a los subsistemas de cadenas, rueda guía, pasadores y bujes de cadena durante el 2018 no fueron generadas debido al desgaste de los componentes contemplados en el hotsheet de carrilería, sino debido a una mala práctica operacional (exceso de viraje).



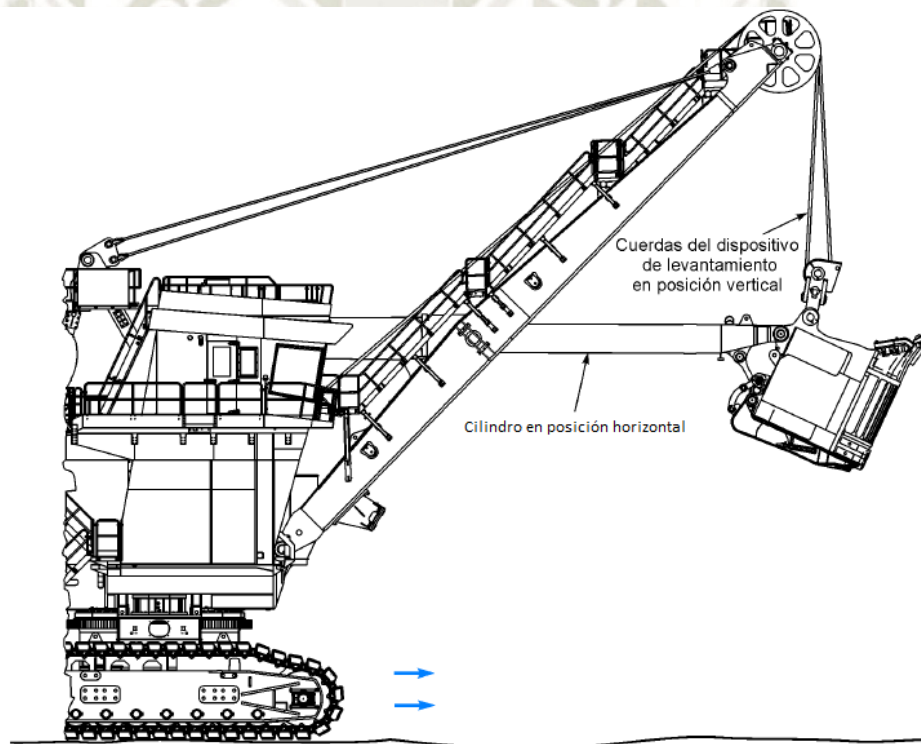
CAPÍTULO IV

SOLUCIÓN PROPUESTA

4.1. CONSTRUCCIÓN OBTENCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO

Según el manual de operación de la pala eléctrica CAT7495, antes de realizar el movimiento de propulsión, se debe verificar que el equipo se encuentre en la posición recomendada del cilindro hydracrowd y balde para realizar este movimiento el cual se explica en la Figura 43.

Figura 43. Posición recomendada de balde y cilindro para realizar propulsión



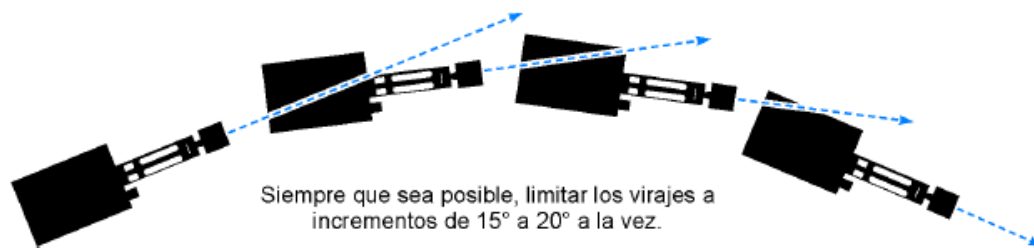
Fuente: La empresa, 2019.

Para realizar una correcta operación, al momento de realizar un viraje hacia la derecha o la izquierda se debe de considerar lo siguiente:

- Los virajes deben realizarse de manera gradual hacia la derecha o hacia la izquierda.

- Siempre que sea posible, los virajes deben de realizarse en incrementos breves de 15° a 20° como máximo.
- Se debe impulsar de manera recta por una distancia corta (como promedio la mitad de la longitud de las cadenas de la oruga), esto para eliminar las rocas y otros residuos de las cadenas luego realizar el viraje, este modo de operación debe repetirse hasta completar el viraje deseado.
- Realizar un solo viraje de manera abrupta generaría la acumulación de material en la trayectoria del rodillo de la cadena de la oruga, esto generando una elevada carga en las orugas y los componentes de propulsión asociados.

Figura 44. Viraje recomendado para el traslado



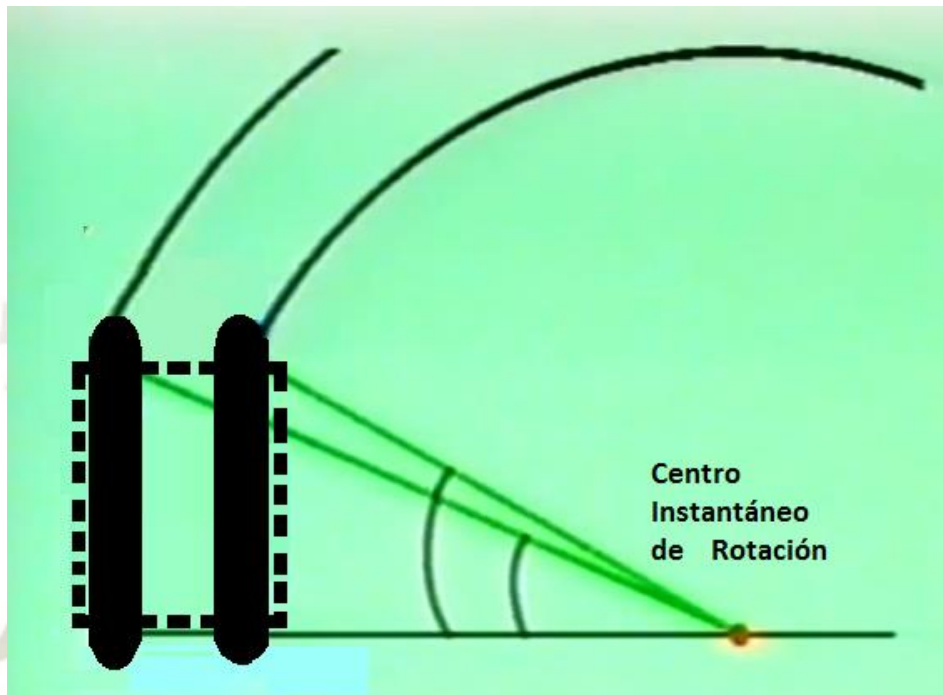
Fuente: La empresa, 2013.

Para obtener el modelo matemático, se siguió el siguiente diagrama de flujo, basando el modelo matemático en un modelo cuantitativo ya que el resultado de este es un número preciso el cual corresponde al ángulo de viraje el cual se obtiene después de aplicar algoritmos matemáticos los cuales representan el movimiento de la pala eléctrica CAT7495 al realizar la función de propulsión.

El ángulo de viraje es el ángulo formado por los ejes de las ruedas delanteras de un vehículo con un centro de giro común denominado centro instantáneo de rotación, en el caso de una pala eléctrica, por las ruedas dentadas (sprocket) al trasladar el equipo y virar hacia alguna dirección. Además, se supone que el eje trasero es rígido y el centro de giro común se sitúa en la prolongación de dicho eje trasero

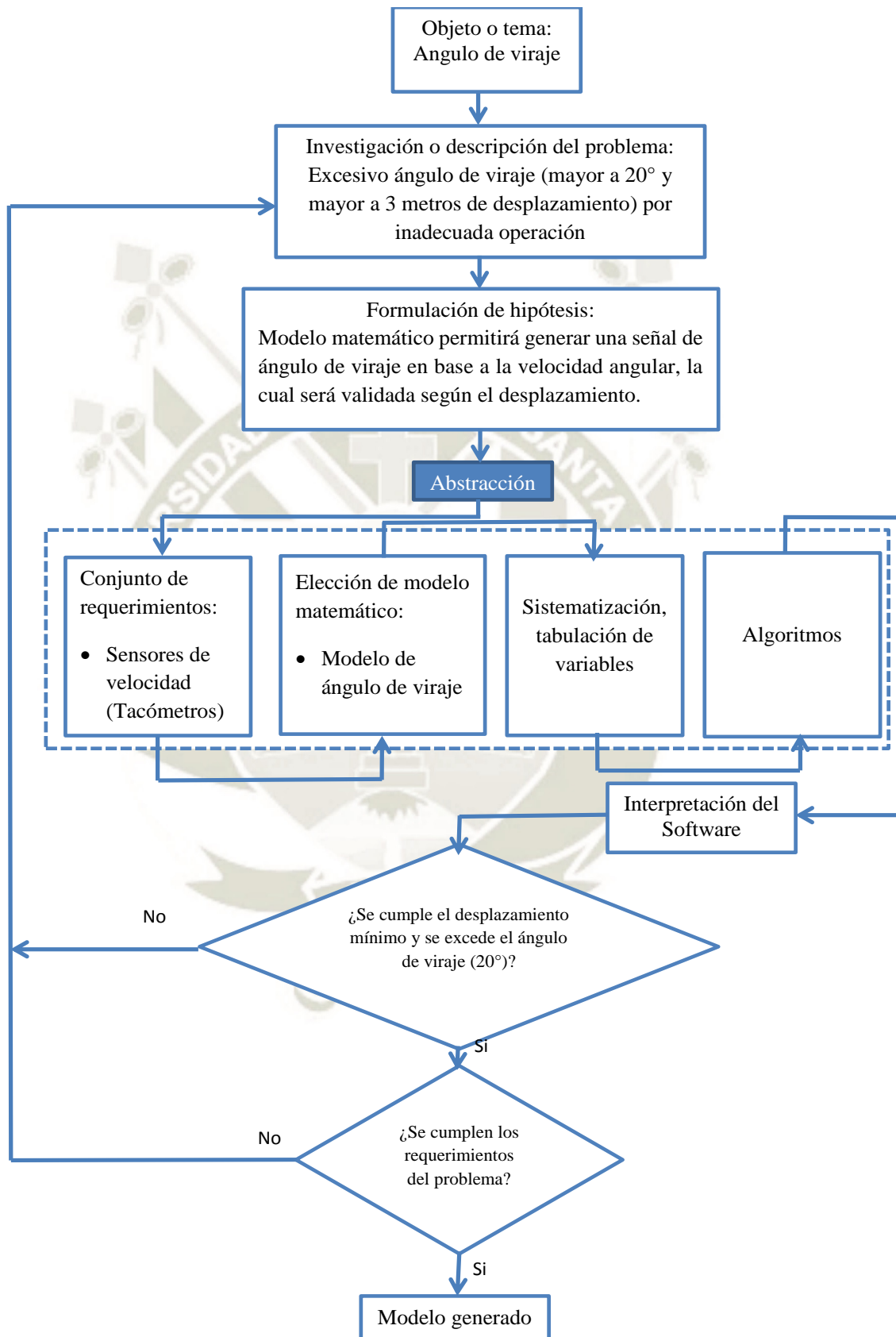
La finalidad del ángulo de viraje es que, al girar, la rueda delantera correspondiente al interior de la curva forme con el eje longitudinal un ángulo mayor al que forma la rueda del lado exterior de la curva (MOPU, 1998).

Figura 45. Centro instantáneo de rotación



Fuente: Elaboración propia.

Figura 46. Diagrama de flujo del modelo matemático



Fuente: Elaboración propia.

4.1.1. Información base para la construcción de modelo matemático

Según el plan de mantenimiento de la mina, las palas eléctricas CAT 7495 ingresan a Mantenimiento Preventivo cada 500 horas (aproximadamente 1 vez al mes), teniendo una intervención entre mantenimientos a las 250 horas (aproximadamente dos semanas antes de cada mantenimiento) denominada Pre PM. En cada una de estas intervenciones se realizaron mediciones del desplazamiento mínimo de las orugas que sobrepasen el ángulo de viraje máximo (20°). A continuación, se muestran las tablas obtenidas en dichas intervenciones a lo largo del año 2019:

Tabla 14. Mediciones del desplazamiento mínimo de orugas, Correctivo Propulsión SH001

Equipo	Fecha	Motivo de intervención	Medición	Ángulo medido (°)	Desplazamiento
SH001	27/09/2018	Correctivo propulsión	1	25	4 m
			2	23	3.2 m
			3	30	4.5m

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Mediciones del desplazamiento mínimo de orugas, Mantenimiento SH001

Equipo	Fecha	Motivo de intervención	Medición	Ángulo medido (°)	Desplazamiento
SH001	27/01/2019	Mantenimiento	1	15	2 m
			2	23	3 m
			3	24	3.8 m
SH001	02/10/2019	Mantenimiento	1	25	4.1 m
			2	22	3 m
			3	15	2 m

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. Mediciones del desplazamiento mínimo de orugas, Traslado largo SH001

Equipo	Fecha	Motivo de intervención	Medición	Ángulo medido (°)	Desplazamiento
SH001	09/07/2019	Traslado largo	1	20	3.1 m
			2	25	4 m
			3	30	5 m

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. Mediciones del desplazamiento mínimo de orugas, Pre PM SH002

Equipo	Fecha	Motivo de intervención	Medición	Ángulo medido (°)	Desplazamiento
SH001	27/09/2018	Correctivo propulsión	1	25	4 m
			2	28	4.1 m
			3	30	4.5m

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Mediciones del desplazamiento mínimo de orugas, Traslado largo SH002

Equipo	Fecha	Motivo de intervención	Medición	Ángulo medido (°)	Desplazamiento
SH002	24/11/2018	Traslado largo	1	15	2 m
			2	20	3 m
			3	25	4 m

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19. Mediciones del desplazamiento mínimo de orugas, Correctivo Propulsión SH002

Equipo	Fecha	Motivo de intervención	Medición	Ángulo medido (°)	Desplazamiento
SH002	25/01/2019	Correctivo PROPULSIÓN	1	20	3 m
			2	25	4 m
			3	30	5 m

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Mediciones del desplazamiento mínimo de orugas, Mantenimiento SH002

Equipo	Fecha	Motivo de intervención	Medición	Ángulo medido (°)	Desplazamiento
SH002	15/02/2019	Mantenimiento	1	25	4.1 m
			2	20	3.1 m
			3	15	2.2 m
SH002	29/05/2019	Mantenimiento	1	20	3 m
			2	25	4 m
			3	24	3.7 m

Fuente: Elaboración propia.

Las mediciones del desplazamiento de orugas obtenidas en la Tabla 14, Tabla 15, Tabla 16, Tabla 17, Tabla 18, Tabla 19, Tabla 20 son el desplazamiento de la oruga externa al sentido de giro.

Conclusión obtenida: El equipo al desplazarse, el ángulo de viraje supera los 20 grados en un desplazamiento por lo menos mayor a 3 metros. Estas condiciones se tomarán en cuenta para el desarrollo del modelo matemático.

A continuación, se ven algunas de las imágenes donde se visualiza el ángulo de viraje observado en las huellas dejadas por el equipo durante las mediciones por intervención.

Figura 47. Ángulo de viraje



Fuente: La empresa, 2020.

Figura 48. Ángulo de viraje



Fuente: La empresa, 2020.

Figura 49. Ángulo de viraje



Fuente: La empresa, 2020.

Figura 50. Ángulo de viraje



Fuente: La empresa, 2020.

4.1.2. Modelamiento matemático

Tabla 21. Características de los motores de propulsión

Potencia	Voltaje	Frecuencia	Velocidad	Polos	Máxima velocidad	Sobre velocidad
700 HP	1400 V	50 Hz	1000 RPM	6	1360 RPM (68 Hz)	1500 RPM 75 Hz

Fuente: La empresa, 2018.

Para el modelamiento matemático se requiere obtener distintas variables, entre ellas:

- Desplazamiento angular.
- Longitud de arco y radio de la oruga.
- Distancia entre orugas.
- Longitud de pala eléctrica.
- Ángulo de viraje.

Nota: No aplica la adición de filtros/variables adicionales a las anteriormente mencionadas debido a que:

- Al realizar la programación del PLC se menciona que los valores de velocidad de ambos motores de propulsión (tacómetros) son obtenidos de la función FC601 en RPM. Estos datos ya han sido tratados y escalados en el bloque de función FC607, en dónde se realiza este escalamiento, el cual anteriormente pasa por el bloque de función FC705, el cual es un bloque de escalamiento que depende del resultado que generan las señales de los joysticks del operador y que ya cuenta con filtros respectivos para eliminación de ruido ya que éste bloque de escalamiento también es usado tanto para la función de levante como la de empuje.
- Así mismo, el bloque de función FC705 es un bloque protegido al contener información confidencial del fabricante.

4.1.2.1. Cálculo del desplazamiento angular

Para los cálculos realizados se toma en cuenta los siguientes datos:

- Relación de transmisión: 355.7:1
- Tasa de muestreo PLC: 0.05 s.

Considerando la relación de transmisión, el tiempo y el desplazamiento angular se construye la Tabla 22.

Tabla 22. Velocidad, tiempo y desplazamiento angular

Velocidad	Tiempo	Desplazamiento angular
355.7 RPM	60 seg	2π rad
355.7 RPM	0.05 seg	0.005236 rad
V. Real	0.05 seg	θ

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los datos de la Tabla 22 y aplicando una regla de tres, un desplazamiento angular θ_x para una V_{real_x} está dada por la siguiente fórmula:

$$\theta_x = V_{real_x} \frac{0.005236}{355.7}$$

θ_x : Radianes

V_{real_x} : rev/min

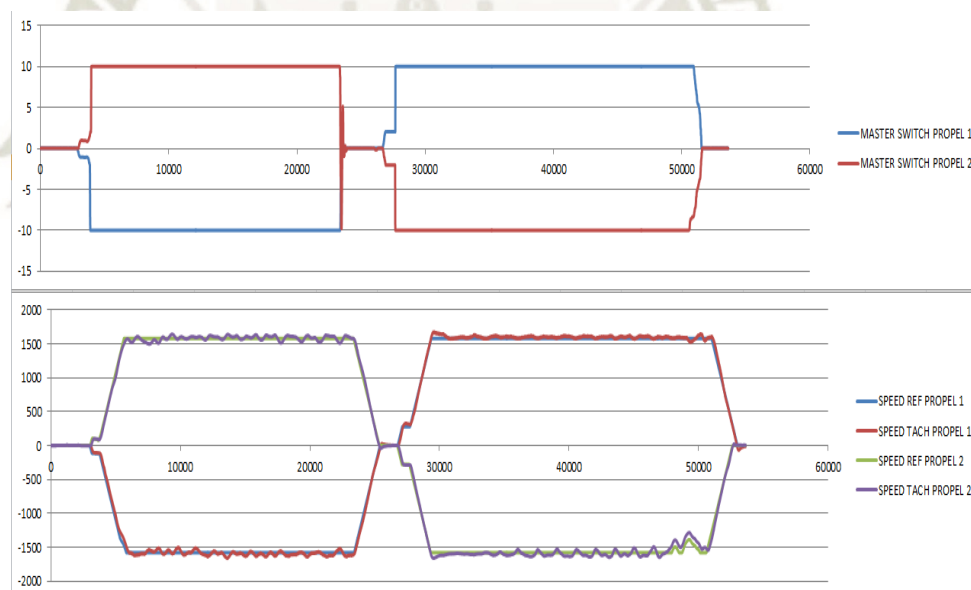
Se debe considerar que el signo de las velocidades de los motores de propulsión RH y LH están dadas por los tacómetros, dado que en el caso de LH los signos son contrarios a los del Master Switch (Joysticks), ver Tabla 23 y Figura 51. Entonces para uniformizar el criterio de sentido de movimiento se multiplicará por (-1) el valor de la velocidad del motor de propulsión LH, para futuros cálculos.

Tabla 23. Signos de velocidad Master Switch y tacómetro

Propulsión	Dirección	Master Switch (Joysticks)	Tacómetro (V.Real)
1. RH	Avanzar	+	+
	Reversa	-	-
2. LH	Avanzar	-	-
	Reversa	+	+

Fuente: La empresa, 2018.

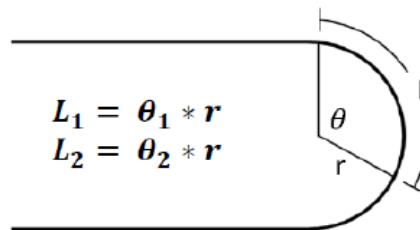
Figura 51. Velocidades referenciales y de tacómetro de los Propulsión



Fuente: La empresa, 2018.

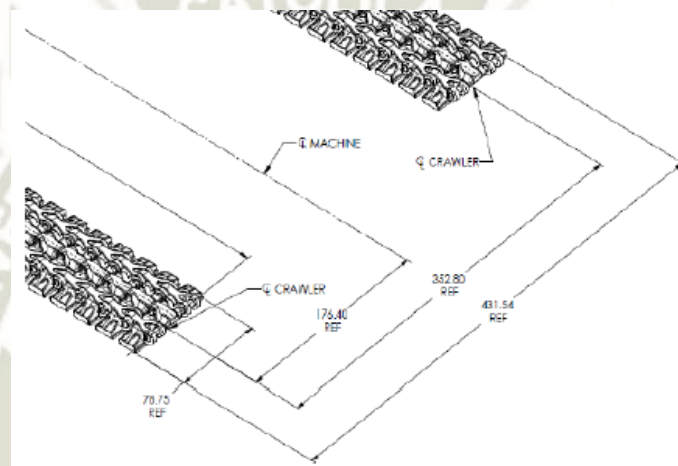
4.1.2.2. Longitud de arco, radio de la oruga y distancia entre orugas

Figura 52. Longitud del arco, desplazamiento angular y radio de oruga



Fuente: Adaptado de la empresa, 2018.

Figura 53. Distancia entre orugas



Fuente: La empresa, 2018.

Teniendo que:

- El radio de la oruga (r): 0.8 m.
- Distancia entre orugas (d): 8.9611 m.

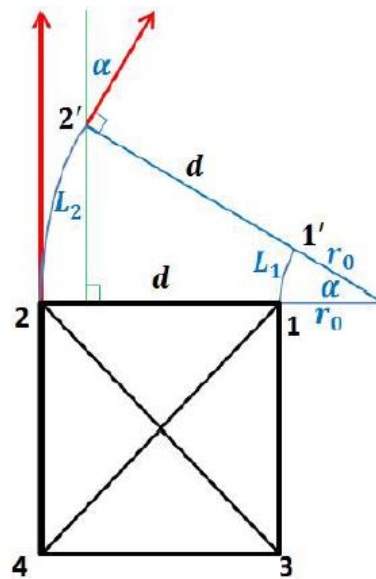
A partir de la Figura 52 se puede calcular el desplazamiento lineal realizado por ambas orugas L_1 y L_2 durante su traslado.

$$L_1 = \theta_1 * r$$

$$L_2 = \theta_2 * r$$

4.1.2.3. Cálculo del ángulo de viraje

Figura 54. Modelamiento matemático del ángulo de viraje



Fuente: Adaptado de la empresa, 2018.

Considerando lo detallado en la Figura 54 se tiene que:

$$L_1 = \alpha * r_0 \dots \dots \dots (1)$$

$$L_2 = \alpha * (d + r_0) \dots \dots (2)$$

De (1):

$$r_0 = \frac{L_1}{\alpha} \dots \dots \dots (3)$$

(3) en (2):

$$L_2 = \alpha * (d + \frac{L_1}{\alpha})$$

$$L_2 = (\alpha * d) + L_1$$

$$\alpha = \frac{L_2 - L_1}{d} \dots \dots \dots (4)$$

$$L_1 = \theta_2 * r \dots \dots (5)$$

$$L_2 = \theta_1 * r \dots \dots (6)$$

(5) y (6) en (4):

$$\alpha = (\theta_2 - \theta_1) \frac{r}{d}$$

$$\alpha = (\theta_2 - \theta_1) \frac{0.8}{8.9611} \text{ rad}$$

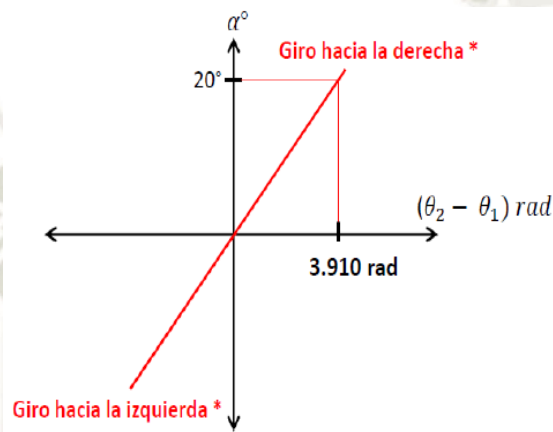
$$\alpha = (\theta_2 - \theta_1) \left(\frac{0.8}{8.9611} \right) \left(\frac{180}{\pi} \right)^\circ$$

$$\alpha = (\theta_2 - \theta_1) 5.1151^\circ$$

Si $\alpha = 20^\circ$

$$(\theta_2 - \theta_1) = 3.910 \text{ rad}$$

Figura 55. Sentido de giro según ángulo de viraje



Fuente: Adaptado de la empresa, 2018.

Entonces la fórmula para calcular el ángulo de viraje es:

$$\alpha = (\theta_2 - \theta_1) 5.1151^\circ$$

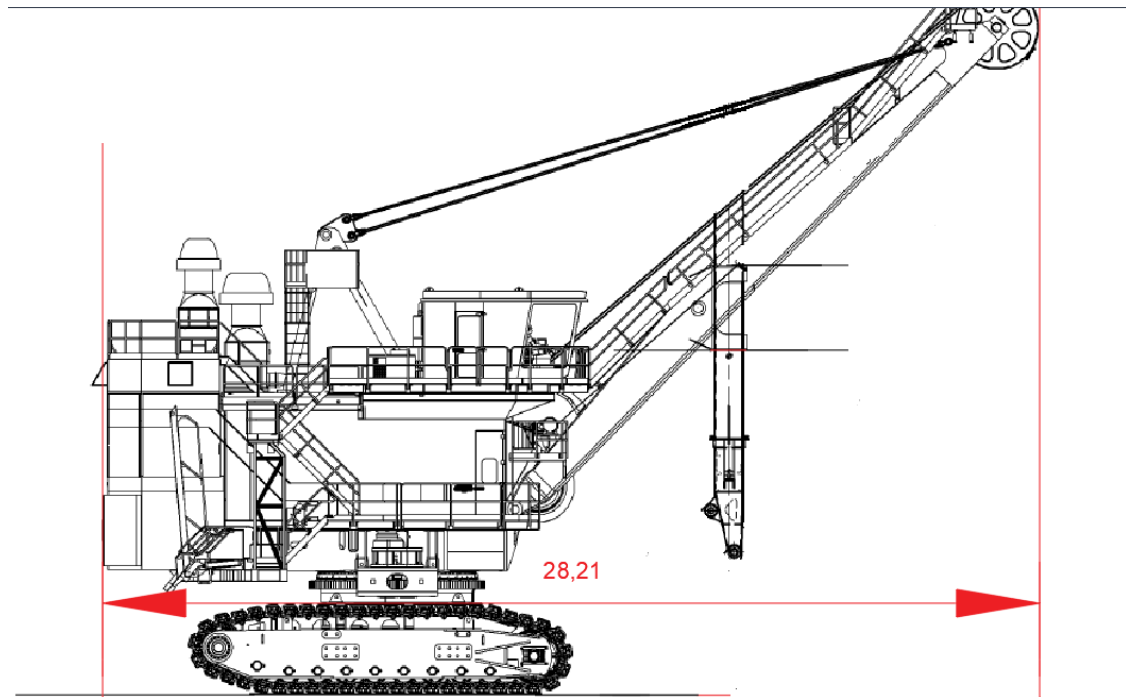
α : Sexagesimales

θ_1 : Radianes

θ_2 : Radianes

Una vez obtenido el modelo matemático para calcular el ángulo de viraje que se produce durante el traslado del equipo, es necesario también conocer la longitud de la Pala eléctrica, esto para una de las condiciones de funcionamiento del traslado del equipo.

Figura 56. Longitud de la pala eléctrica



Fuente: La empresa, 2019.

La Figura 56, corresponde a un archivo CAD, el cual está en una escala 1:1 respecto al tamaño real de una pala eléctrica.

4.1.3. Ángulo de viraje durante el modo propulsión

De acuerdo a las iniciativas anteriores fallidas de modelamientos matemáticos realizados, se planteará las condiciones en las que se genera un ángulo de viraje durante el modo propulsión del equipo, además se determinará los parámetros para que se generen excesivos ángulos de viraje, determinar cuántas veces se producen y las acciones a realizar cada vez que se presentan, esto en base a variables y procedimientos que se detallan a continuación.

4.1.3.1. Variables

- Radio de oruga (r): 0.8 m.
- V_{real_1} : velocidad del motor de propulsión 1 (derecho).
- V_{real_2} : velocidad del motor de propulsión 2 (izquierdo).
- θ_1 : desplazamiento angular de oruga 1 (lado derecho).
- θ_2 : desplazamiento angular de oruga 2 (lado izquierdo).

- L_1 : desplazamiento lineal de oruga 1.
- L_2 : desplazamiento lineal de oruga 2.

4.1.3.2. Procedimiento

a. Equipo en Modo Propulsión (traslado)

El modelo generado inicia su ejecución solo cuando se activa la función propulsión del equipo y permanece ejecutándose mientras este modo esté activado.

b. Valores iniciales de desplazamiento angular y contador de alarmas

Estos valores iniciales son declarados en valor cero debido a que el equipo (Pala eléctrica) inicia su traslado en reposo, además no debería de haber ninguna alarma por excesivo ángulo de viraje durante su traslado cuando aún el equipo no lo hace.

c. Velocidades reales de los motores de propulsión

Estas velocidades V_{real_1} (lado derecho) y V_{real_2} (lado izquierdo) son obtenidas de los sensores de velocidad (tacómetros), cabe recordar que en el caso del motor de propulsión izquierdo los signos son contrarios, es necesario entonces multiplicar por (-1) el valor de V_{real_2} , esto se muestra a detalle en la Tabla 23.

d. Calculo de valores en cada instante de tiempo

Se calcula los valores del desplazamiento angular de cada oruga correspondiente al tiempo que dure el modo Propulsión, como el equipo no se desplaza a una velocidad constante, este cálculo se realiza en cada instante de tiempo (0.05s). Además, a medida que el tiempo avance, al cálculo del desplazamiento angular en un instante de tiempo se le agrega su valor anterior para obtener un desplazamiento angular acumulado.

$$\theta_1 = V_{real1} \frac{0.0064}{1360} + \theta_1$$

$$\theta_2 = V_{real1} \frac{0.0064}{1360} + \theta_2$$

A partir del cálculo del desplazamiento angular se obtiene el ángulo de viraje del equipo cuando se traslade, esto con las formulas planteadas en el modelamiento matemático

$$\alpha = (\theta_2 - \theta_1) 5.1151^\circ$$

Ahora se calcula el desplazamiento lineal realizado por cada oruga L_1 (lado derecho) y L_2 (lado izquierdo), como se tiene calculado el desplazamiento angular en un instante de tiempo (0.05s) y el desplazamiento angular acumulado, entonces se puede calcular el desplazamiento lineal en cada instante de tiempo y el desplazamiento lineal que se produce hasta un determinado tiempo con la fórmula antes planteada.

$$L_1 = \theta_1 * r$$

$$L_2 = \theta_2 * r$$

e. Sentido de movimiento de las orugas

Para determinar el ángulo de viraje máximo que no debería excederse y así conseguir un traslado óptimo, se debe antes determinar el movimiento que realizan las orugas, este movimiento puede ser de avance, reversa y contramarcha. Para determinar qué movimiento están realizando las orugas, se hace una comparación de las velocidades de cada motor de propulsión, para ello se toma en cuenta la Tabla 23, de acuerdo a la cual se tiene que:

- En avance la velocidad del motor de propulsión 2 es negativa y del motor de propulsión 1 positiva.
- En reversa la velocidad del motor de propulsión 2 es positiva y del motor de propulsión 1 negativa.

Entonces en una contramarcha ambas velocidades de los motores de propulsión serán iguales, negativas o positivas.

Tomando en cuenta además las conclusiones de las mediciones realizadas en el apartado 4.1.1 se tiene, que para una condición de excesivo ángulo de viraje, dicho ángulo debe exceder los 20° en un desplazamiento mayor a 3 metros, esto se aplica cuando el sentido de movimiento es de avance y reversa, pero también se aplica para contramarcha, aunque en contramarcha el sentido de movimiento de las orugas es contrario respecto el uno al otro, por lo que ángulo de viraje será mayor que 20° en un desplazamiento menor a 3 metros, entonces en contramarcha será normal ver un ángulo de viraje mayor a 20° y este ángulo de viraje seguirá incrementándose hasta que el desplazamiento sea mayor a 3 metros, debido a que a esta cantidad de desplazamiento se cumpliría la condición que determina un excesivo ángulo de viraje (ángulo de viraje mayor a 20° y desplazamiento mayor a 3 metros).

También se debe tener en cuenta que, cuando el equipo pasa de un movimiento a otro, por ejemplo, si se encuentra en avance y pasa a reversa o contramarcha, los parámetros de desplazamiento angular deberán ser específicos, es decir, cada movimiento (avance, reversa y contramarcha) tendrá un desplazamiento angular solo correspondiente a dicho movimiento, para ello se debe identificar antes en qué sentido de movimiento se encuentra el equipo, además si el equipo se encuentra en avance, solo se tomará el desplazamiento angular específico de avance para el cálculo del ángulo de viraje y desplazamiento lineal de las orugas, mientras se le denota en cero los valores específicos de reversa y contramarcha, de igual se realiza cuando el equipo está en contramarcha o reversa.

f. Sentido de giro de orugas

Se determina el sentido de giro de las orugas calculando el ángulo de viraje (α) entre estos, en este caso en particular cuando el ángulo de viraje calculado es negativo, el giro que realizan las orugas es hacia el lado izquierdo, caso contrario si es positivo, el giro es hacia el lado derecho.

g. Ángulo de viraje excesivo

Para determinar si el ángulo de viraje es excesivo o no, se plantean las condiciones establecidas gracias a las mediciones por intervención vistas en el apartado 4.1.1 y al modelamiento matemático que hace posible el cálculo de las variables.

Para mayor claridad de las condiciones se trabaja con el valor absoluto del ángulo de viraje calculado ($|\alpha|$), entonces para un movimiento de las orugas de avance y reversa la condición de excesivo ángulo de viraje será:

$$|\alpha| > 20^\circ \text{ y } |L_1| > 3 \text{ m o } |\alpha| > 20^\circ \text{ y } |L_2| > 3 \text{ m}$$

Y para un movimiento de las orugas de contramarcha la condición también será la misma, pero siempre teniendo en cuenta que el ángulo de viraje probablemente será mayor a 20° en un desplazamiento menor a 3 metros.

Si alguna de las condiciones antes mencionadas se cumple, entonces hay un excesivo ángulo de viraje, para lo cual se muestra un indicador de ALARMA al operador.

h. Alarma por excesivo ángulo de viraje

Se activa cuando alguna de las condiciones antes mencionadas se presenta, además hay un contador de alarmas, el cual cumple la función de contar las alarmas presentadas e inicializar en cada

alarma a cero, el valor de los parámetros (desplazamiento angular acumulado, ángulo de viraje y desplazamiento lineales de cada oruga) y también restringir la cantidad de alarmas que se puede dar durante el modo propulsión.

- **Primera, segunda y tercera alarma:** ya sea que esta alarma se dé por excesivo ángulo de viraje durante avance, reversa o contramarcha, solo se muestra un indicador de alarma al operador y se reinicializa en cero las variables.
- **Cuarta alarma:** es la cantidad máxima de alarmas que se puede dar durante el modo propulsión del equipo, si se llega a este punto, el contador de alarmas hace que el equipo salga del modo Propulsión. Esta cuarta alarma es una ALARMA DE FALLA (ANF).

i. Desplazamiento lineal de orugas

Si no se presenta una alarma, entonces el operador no realiza maniobras inadecuadas durante el modo propulsión del equipo y seguirá de ese modo hasta que el valor absoluto de desplazamiento lineal realizado por orugas $|L_1|$ o $|L_2|$ sea mayor o igual a la longitud de la Pala eléctrica (28.21 metros), entonces a esta distancia de recorrido, se reinicia el valor de las variables (ángulo de viraje, desplazamiento angular acumulado y los desplazamientos L_1 y L_2), a este proceso se le conoce como reinicio de parámetros por desplazamiento.

El valor del ángulo de viraje que se esté presentando durante el modo Propulsión es mostrado de manera permanente en pantalla hasta que el equipo deje de estar en el modo o función Propulsión (traslado).

4.1.4. Algoritmo para el cálculo del ángulo de viraje

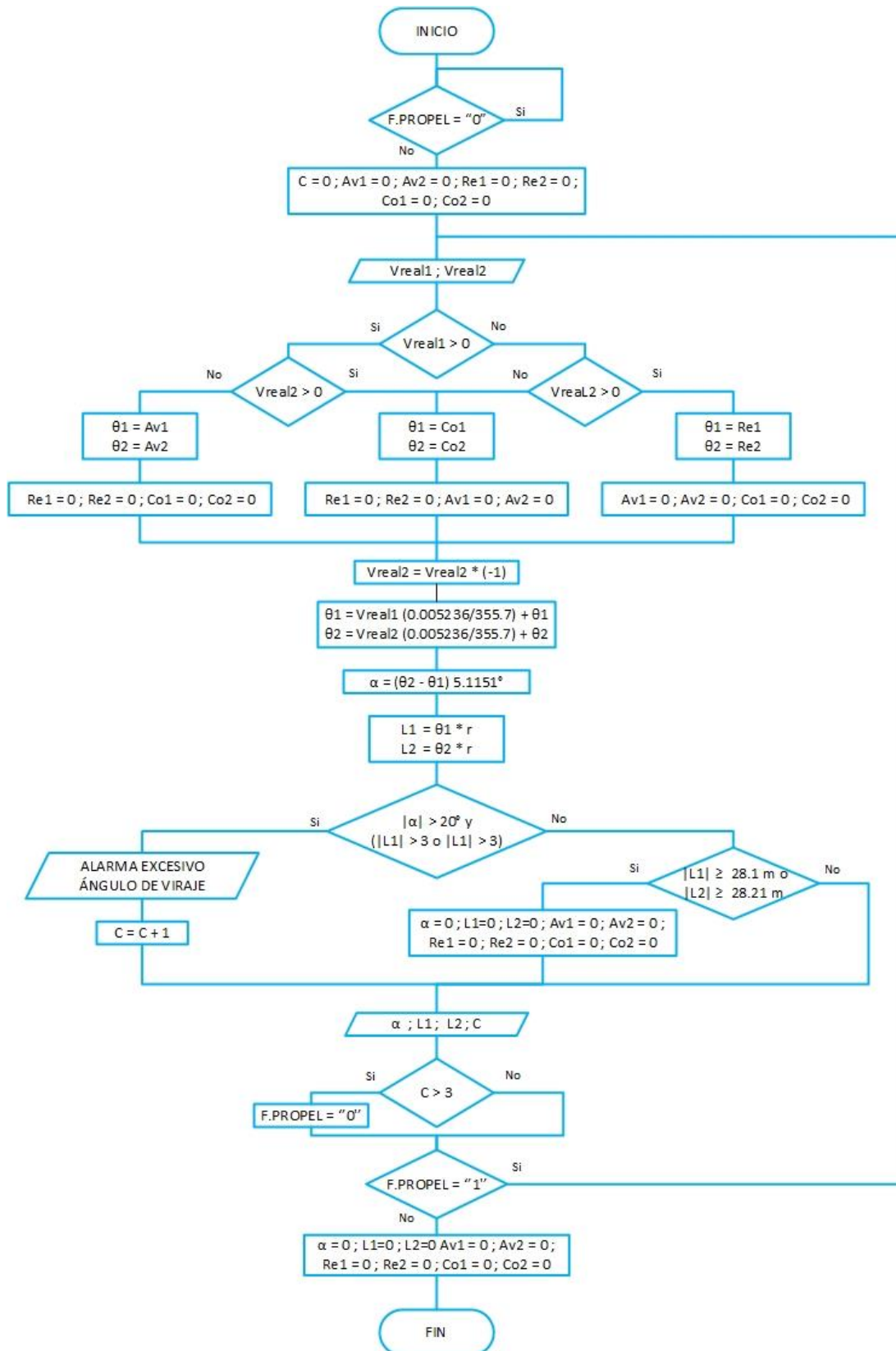
- 1.- Inicio
- 2.- Si Modo propulsión= "0"; ir paso 3, no: ir paso 2.

- 3.- Inicializar a cero el desplazamiento angular (θ_1 , θ_2), el contador de alarmas (c) y los desplazamiento angulares específicos de cada sentido de movimiento.
- 4.- Leer las velocidades de Propulsión V_{real_1} (lado derecho) y V_{real_2} (lado izquierdo) obtenidas de tacómetros.
- 5.- Determinar sentido de movimiento: avance, reversa o contramarcha.
- 6.- Si sentido de movimiento es avance, $\theta_1 = Av1$, $\theta_2 = Av2$, e ir paso 9. Si no, ir paso 7.
- 7.- Si sentido de movimiento es reversa $\theta_1 = Re1$, $\theta_2 = Re2$, e ir paso 9. Si no, ir paso 8.
- 8.- Sentido de movimiento es contramarcha $\theta_1 = Co1$, $\theta_2 = Co2$, e ir paso 9.
- 9.- Multiplicar por (-1) el valor de la velocidad de Propulsión LH (V_{real_2}).
- 10.- Calcular el desplazamiento angular de cada sprocket, θ_1 (lado derecho) y θ_2 (lado izquierdo), añadiendo el valor de θ_x inicial.
- 11.- Calcular el ángulo de viraje.
- 12.- Calcular el desplazamiento lineal de cada oruga L_1 (lado derecho) y L_2 (lado izquierdo).
- 13.- Si $|\alpha| > 20^\circ$ y ($|L_1| > 3$ o $|L_2| > 3$)
Si: Mostrar en pantalla ALARMA, excesivo ángulo de viraje, reiniciar a cero α , $Av1$, $Av2$, $Co1$, $Co2$, $Re1$ y $Re2$, aumentar en uno el valor anterior del contador de alarmas.
No: ir paso 14.
- 14.- Si $|L_1| \geq 28.21$ o $|L_2| \geq 28.21$. Reiniciar a cero α , $Av1$, $Av2$, $Co1$, $Co2$, $Re1$ y $Re2$ e ir al paso 15; no: Ir al paso 15.
- 15.- Mostrar en pantalla α , L_1 , L_2 y C.
- 16- Verificar la cantidad de alarmas contadas hasta ahora, si $C > 3$, se activa una ALARMA DE FALLA y hace que el equipo salga del modo propulsión.
- 17.- Si la función propulsión="1". Ir paso 4. Si no, ir paso 18.
- 18.- Reiniciar a cero α , $L1$, $L2$, $Av1$, $Av2$, $Co1$, $Co2$, $Re1$ y $Re2$
- 19.- Fin

Para poder visualizar el procedimiento que sigue el cálculo del ángulo de viraje se construye un diagrama de flujo en el cual se indica también las acciones a realizar.



Figura 57. Diagrama de flujo cálculo del ángulo de viraje



Fuente: Elaboración propia.

4.2. SIMULACIÓN

Para la simulación en Labview se sigue el modelo realizado en el diagrama de flujo (Ver Figura 57) y algoritmos antes realizados.

A continuación, se detalla la descripción del programa a realizar y el procedimiento en Labview.

4.2.1. Descripción

El programa se realiza con el objetivo del monitoreo del ángulo de viraje y los desplazamientos que se dan cuando el equipo (Pala eléctrica) entra en modo Propulsión (traslado), para ello es necesario obtener las velocidades de ambos motores de propulsión y desplazamiento angular. También se realiza con el objetivo de visualizar las condiciones de un ángulo de viraje excesivo, visualizar las condiciones para reiniciar los valores y la cantidad de veces que la alarma se activa debido al excesivo ángulo de viraje.

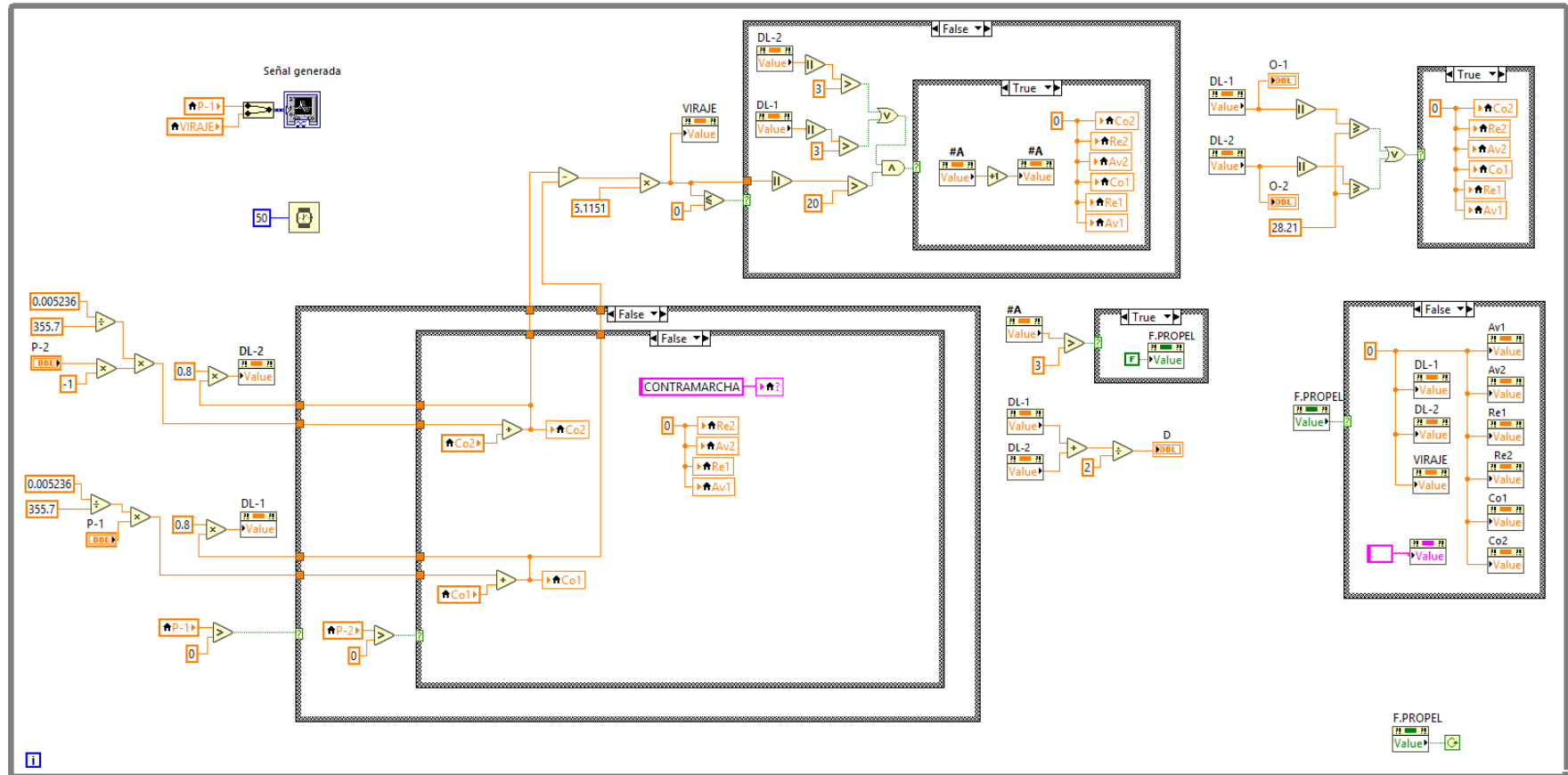
4.2.2. Procedimiento

Insertar en el panel frontal de Labview indicadores y controles (numéricos, slides, botón) para ángulo de viraje, desplazamiento angular 1 y 2 específico en avance, reversa y contramarcha, desplazamiento lineal realizado por oruga 1 y oruga 2, contador de alarmas, botón para activar modo Propulsión (traslado) y un waveform chart (gráfica) para generar una señal analógica del ángulo de viraje.

A continuación, en el diagrama de bloques se realiza las estructuras a implementar para el monitoreo del ángulo de viraje. Ver Figura 58.

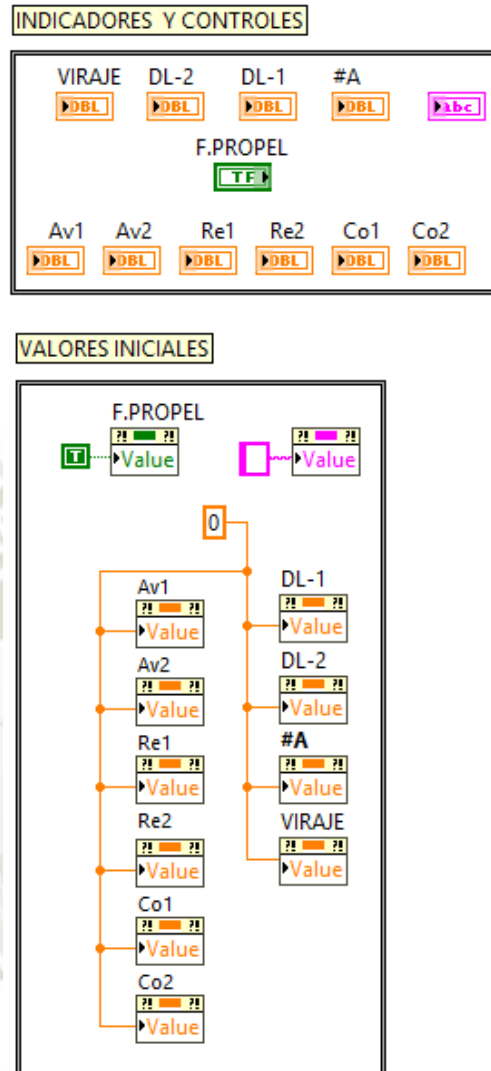
Además, se tiene la lista de los controles e indicadores utilizados, así como también los valores iniciales de los mismos. Ver Figura 59.

Figura 58. Estructura principal para el monitoreo del ángulo de viraje



Fuente: LabVIEW (Elaboración propia).

Figura 59. Indicadores, controles y valores iniciales



Fuente: LabVIEW (Elaboración propia).

La estructura principal es un While Loop (ver Figura 58), en la cual mientras el modo Propulsión (F. PROPULSIÓN) esté activada seguirá el bucle.

En el bucle lo primero a realizar es la programación para identificar el movimiento que realiza el equipo (avance, reversa o contramarcha).

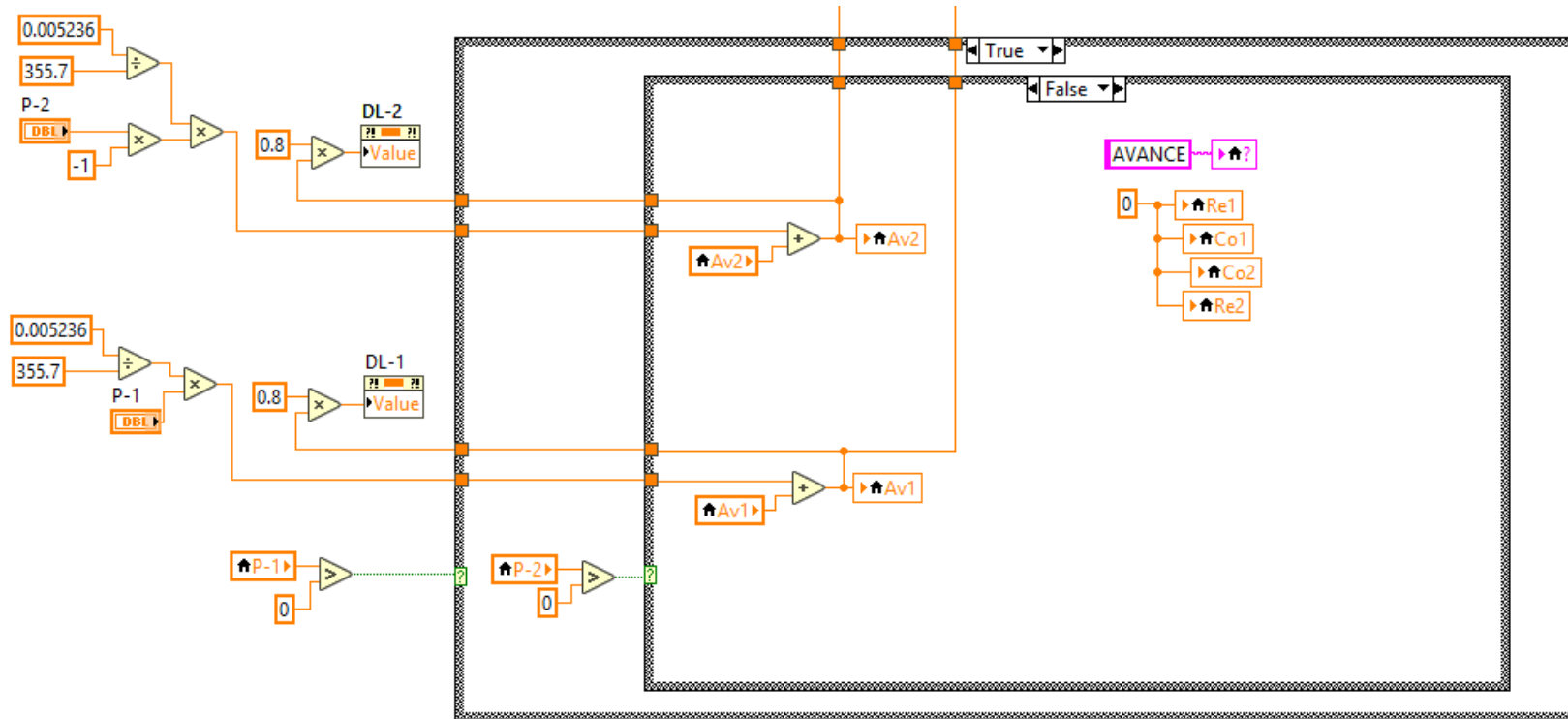
Si la velocidad de motor de propulsión 1 (P-1) es positiva y la velocidad de motor de propulsión 2 (P-2) es negativa, entonces el equipo realiza un movimiento de avance.

Si la velocidad de motor de propulsión 1 (P-1) es negativa y la velocidad de motor de propulsión 2 (P-2) es positiva, entonces el equipo realiza un movimiento de reversa.

Si ambas velocidades de los motores de propulsión son iguales, positivas o negativas, el equipo realiza una contramarcha.

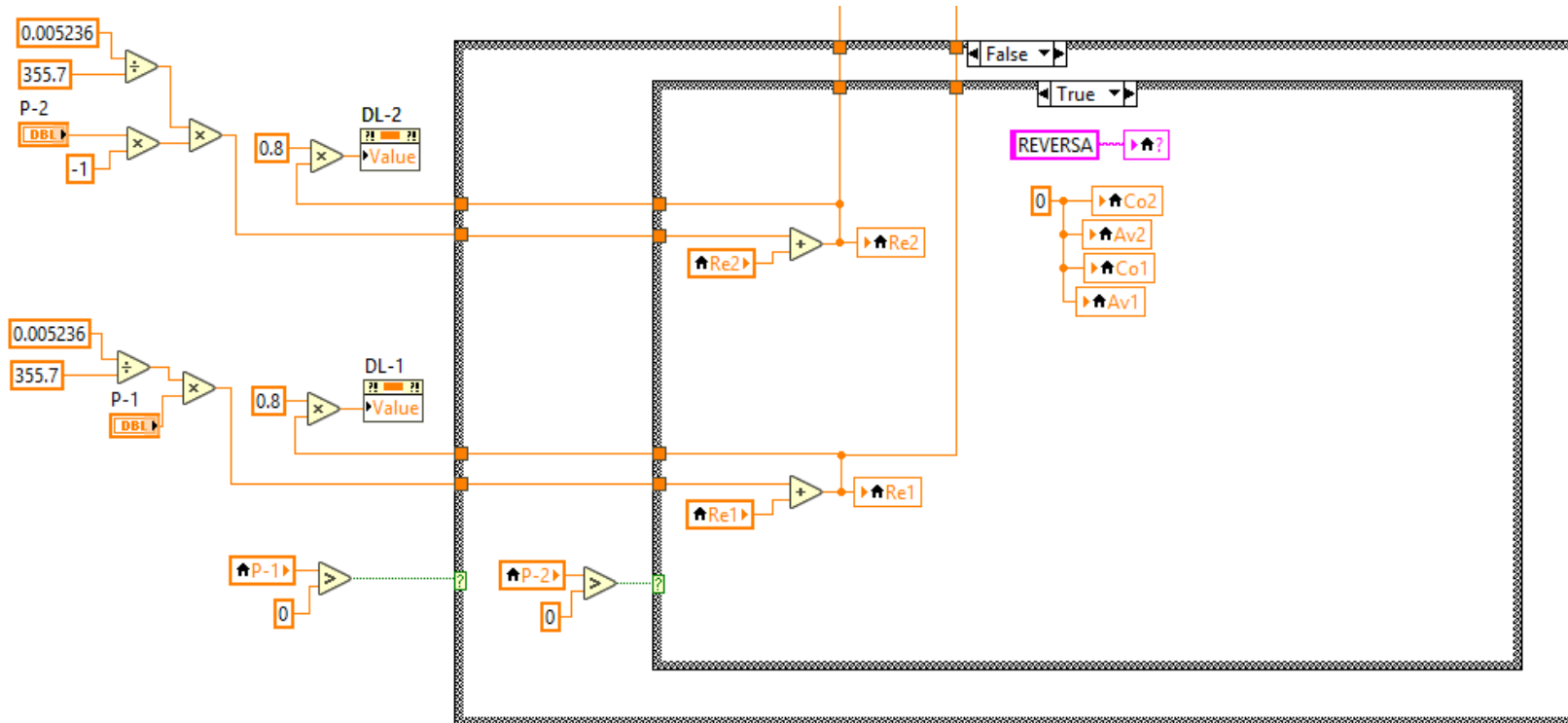


Figura 60. Sentido de movimiento avance



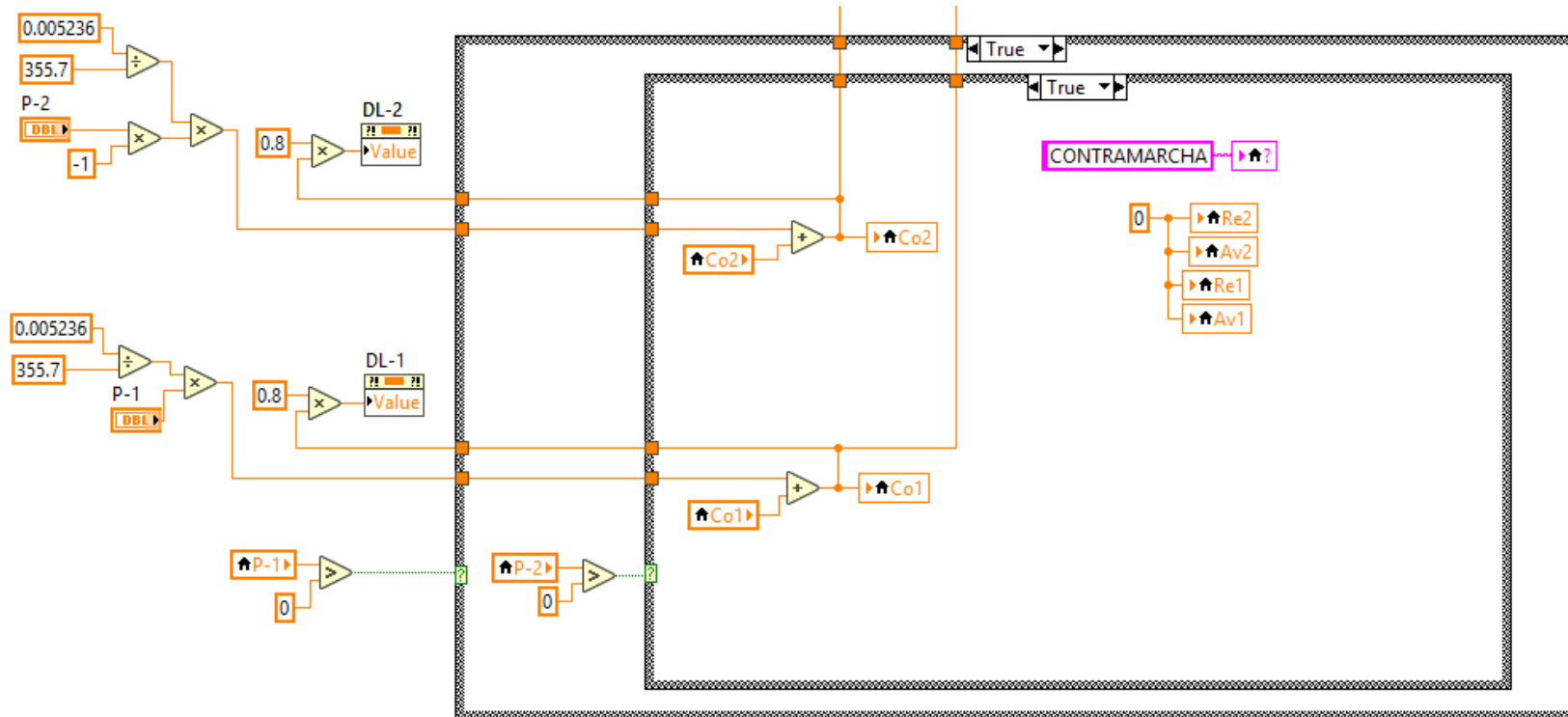
Fuente: Labview (Elaboración propia).

Figura 61. Sentido de movimiento reversa



Fuente: Labview (Elaboración propia).

Figura 62. Sentido de movimiento contramarcha



Fuente: Labview (Elaboración propia).

Una vez identificado el movimiento que realiza el equipo, se calcula el desplazamiento angular específico, el cual depende del movimiento realizado por el equipo (avance, reversa o contramarcha), para obtener el desplazamiento angular específico de la oruga 1 se utiliza las fórmulas planteadas en el modelamiento matemático, para lo cual es necesario obtener el valor de velocidad del control (P-1) que simula al Joystick (palanca de mano) derecho de una Pala eléctrica, la salida será el desplazamiento angular durante una iteración, este valor obtenido se suma al valor inicial del desplazamiento específico durante el movimiento realizado ya identificado (avance, reversa o contramarcha) y la salida será el desplazamiento angular 1 acumulado durante ese movimiento, este valor irá incrementado debido al bucle, pero si el sentido de movimiento cambia, el valor del desplazamiento angular acumulado 1 se reinicia.

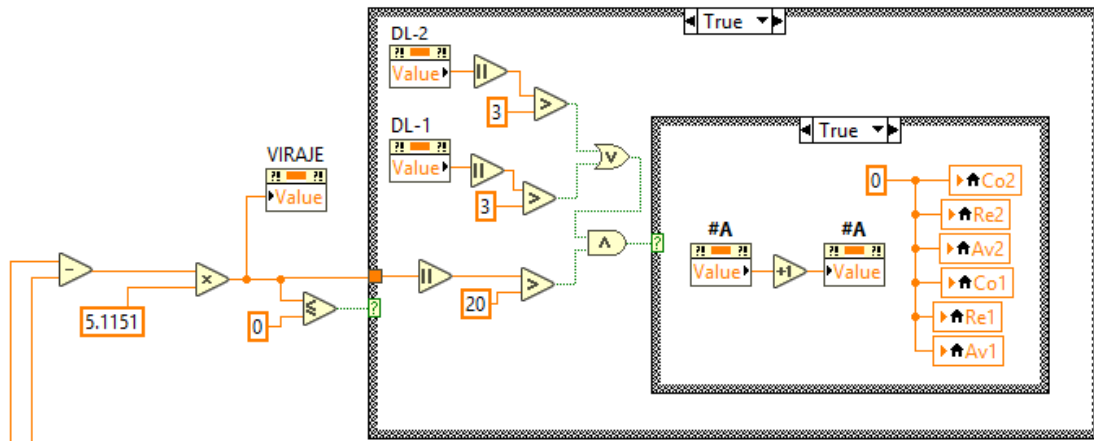
El desplazamiento lineal de oruga 1 (DL-1) se obtiene solo con multiplicar el desplazamiento angular acumulado por el radio de la oruga, esto debido a las fórmulas planteadas en el modelamiento matemático.

El procedimiento se repite para obtener el desplazamiento angular acumulado y desplazamiento lineal de oruga 2, solo que ahora la velocidad dada por P-2 se multiplica por -1, debido a que P-2 simula al joystick izquierdo.

Una vez obtenido el desplazamiento angular acumulado y lineal de ambas orugas, se obtiene el ángulo de viraje y se determina si hay un excesivo viraje lo cual se calcula con las fórmulas ya planteadas en el modelamiento matemático del cálculo del ángulo de viraje.

Para ello se implementa dos estructuras, cada una de ellas con dos estados (verdadero-falso). Empieza con una comparación de si el ángulo de viraje es menor o igual a cero, luego hace una segunda comparación para determinar si hay excesivo ángulo de viraje, si esta resulta ser cierta entonces se activa el contador de alarmas y aumenta en uno su valor anterior y hace que se reinicie las variables. Ver Figura 63. Si la segunda comparación resulta ser falsa el bucle sigue sin acción alguna.

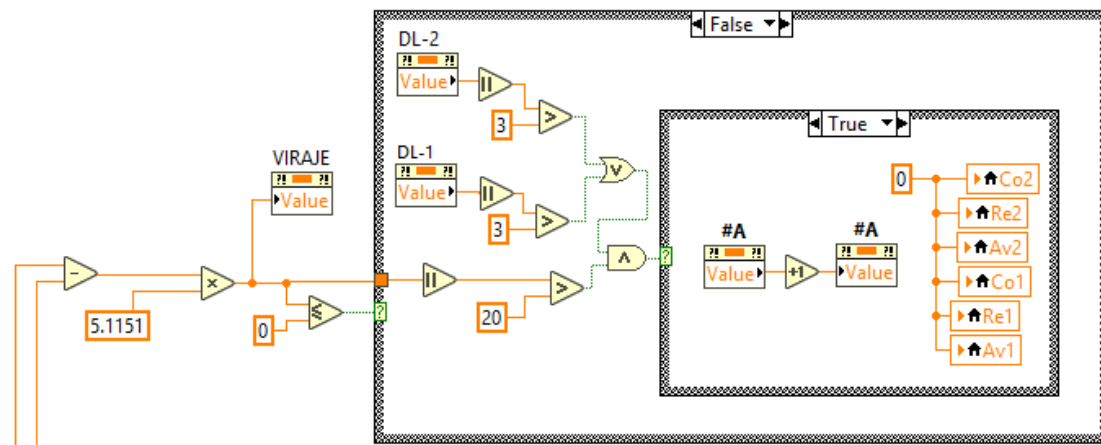
Figura 63. Excesivo ángulo de viraje



Fuente: Labview (Elaboración propia).

Si la comparación de que el ángulo de viraje sea menor que o igual a cero es falsa entonces hace una segunda comparación. Si dicha comparación nueva resulta ser cierta entonces se activa el contador de alarmas y aumenta en uno su valor anterior, inicializa las variables y el bucle continúa, ver Figura 64. Si la segunda comparación resulta ser falsa el bucle sigue sin acción alguna.

Figura 64. Excesivo ángulo de viraje



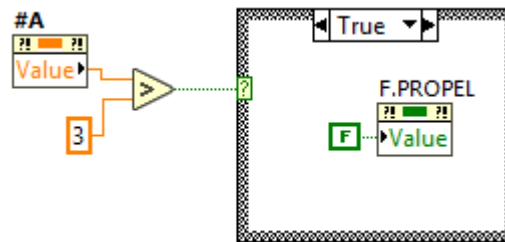
Fuente: Labview (Elaboración propia).

Cuando se presenta un excesivo viraje se activa una alarma y reinicializa el valor de las variables locales que representa al desplazamiento angular acumulado 1 y 2 durante cada movimiento que realiza el equipo (avance,

reversa o contramarcha), además de lo anterior, hace que el contador aumente en uno su valor anterior.

Si el contador de alarmas marca más de 3 alarmas el programa hace que el equipo salga de modo Propulsión. Ver Figura 65.

Figura 65. Excesivas alarmas

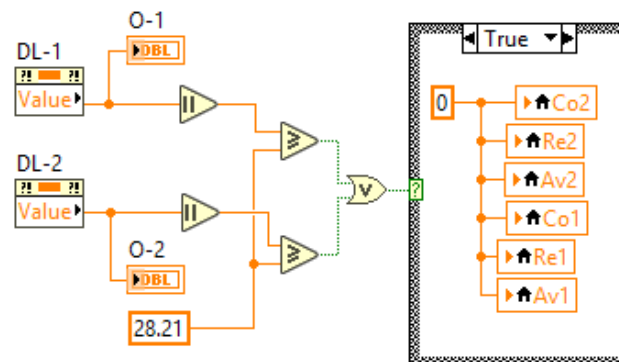


Fuente: Labview (Elaboración propia).

Luego de determinar el ángulo de viraje, sentido de movimiento y la activación del contador de alarmas. Ahora se hace la programación para determinar a qué cantidad de desplazamiento lineal se reinician las variables, para ello se presenta la siguiente comparación:

Si el valor absoluto del desplazamiento de oruga 1 o si el valor absoluto del desplazamiento de oruga 2 es mayor o igual a 28.21 metros (longitud horizontal de Pala eléctrica) entonces se reinicia las variables y continúa el bucle, ver Figura 66. Si dicha comparación es falsa continúa el bucle sin una acción adicional.

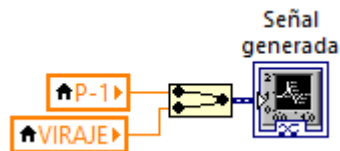
Figura 66. Reinicio de variables por desplazamiento



Fuente: Labview (Elaboración propia).

Para visualizar como varía el ángulo de viraje y las velocidades (en RPM) a lo largo del tiempo, se toma los valores actuales del ángulo de viraje, velocidad del motor de propulsión 1 (P-1) y velocidad del motor de propulsión 2 (P-2) y con la ayuda de un Merge signals es posible ingresarlas en un waveform chart para poder verlas. Ver Figura 67.

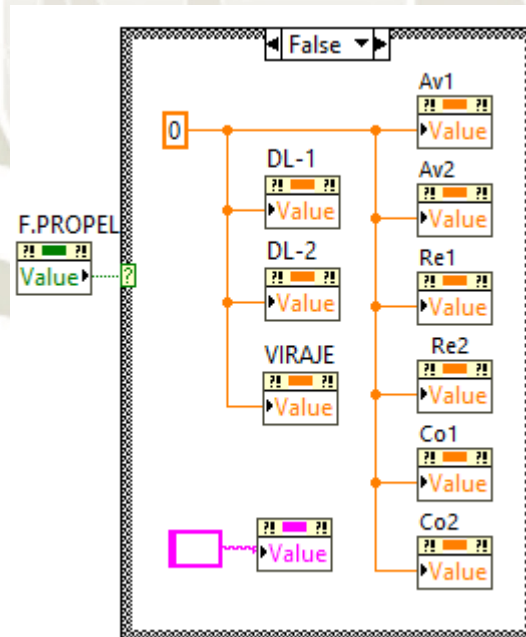
Figura 67. Salidas de señal



Fuente: Labview (Elaboración propia).

Cuando se sale del modo Propulsión se reinicializa los valores del ángulo de viraje, desplazamiento angular y desplazamiento lineal realizado por ambas orugas.

Figura 68. Reinicio de variables por salida del modo Propulsión



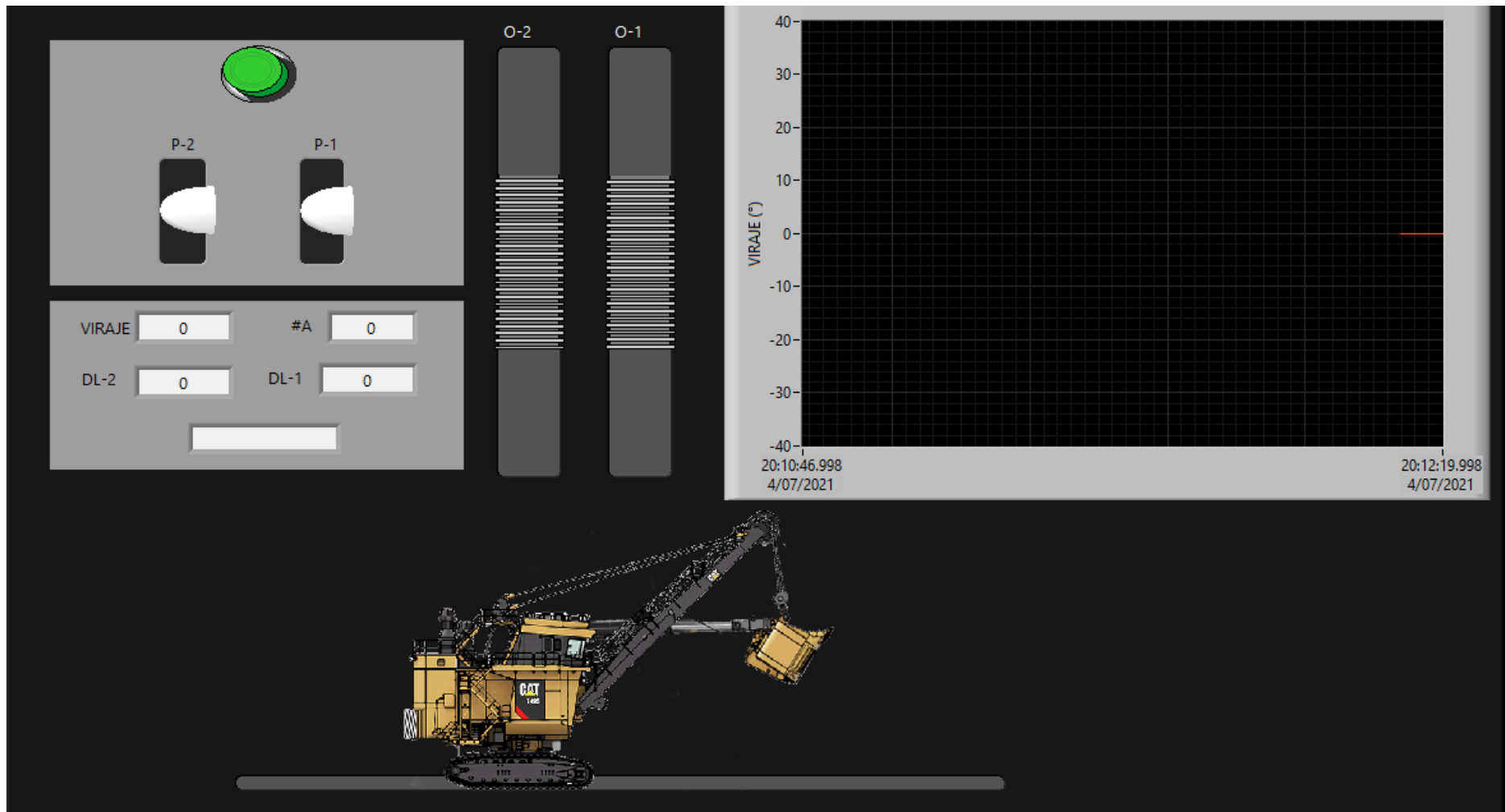
Fuente: Labview (Elaboración propia).

La apariencia de lo programación en el diagrama de bloques se visualiza en el panel frontal de labview, ver Figura 69. Donde se puede mostrar el desplazamiento de perfil que realiza la Pala eléctrica, el desplazamiento

realizado por las orugas mostradas desde una vista superior, así como el indicador del ángulo de viraje, indicador de desplazamiento lineal, los joysticks, el botón para activar el modo o función Propulsión y las señales analógicas generadas.



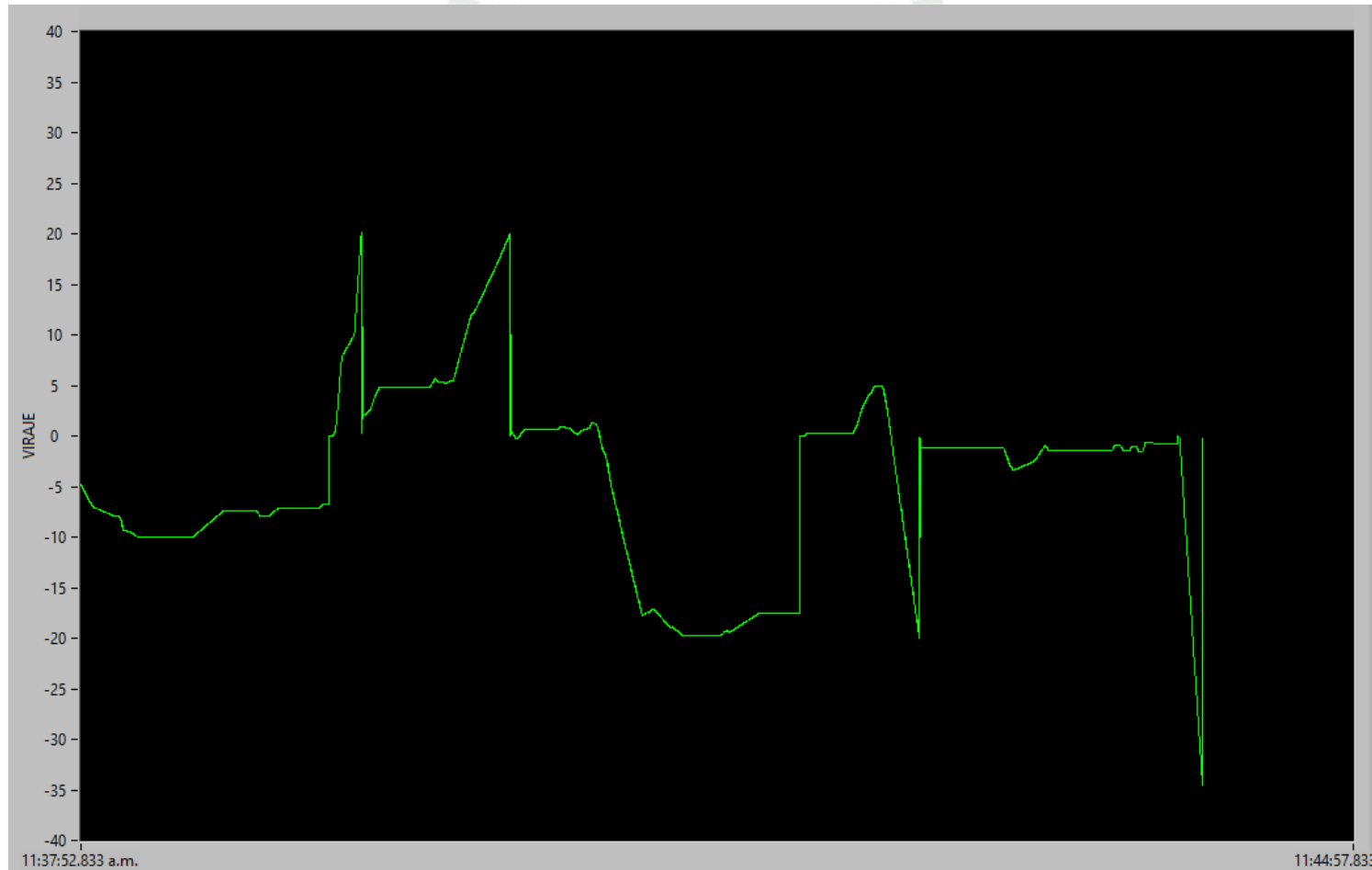
Figura 69. Apariencia en panel frontal



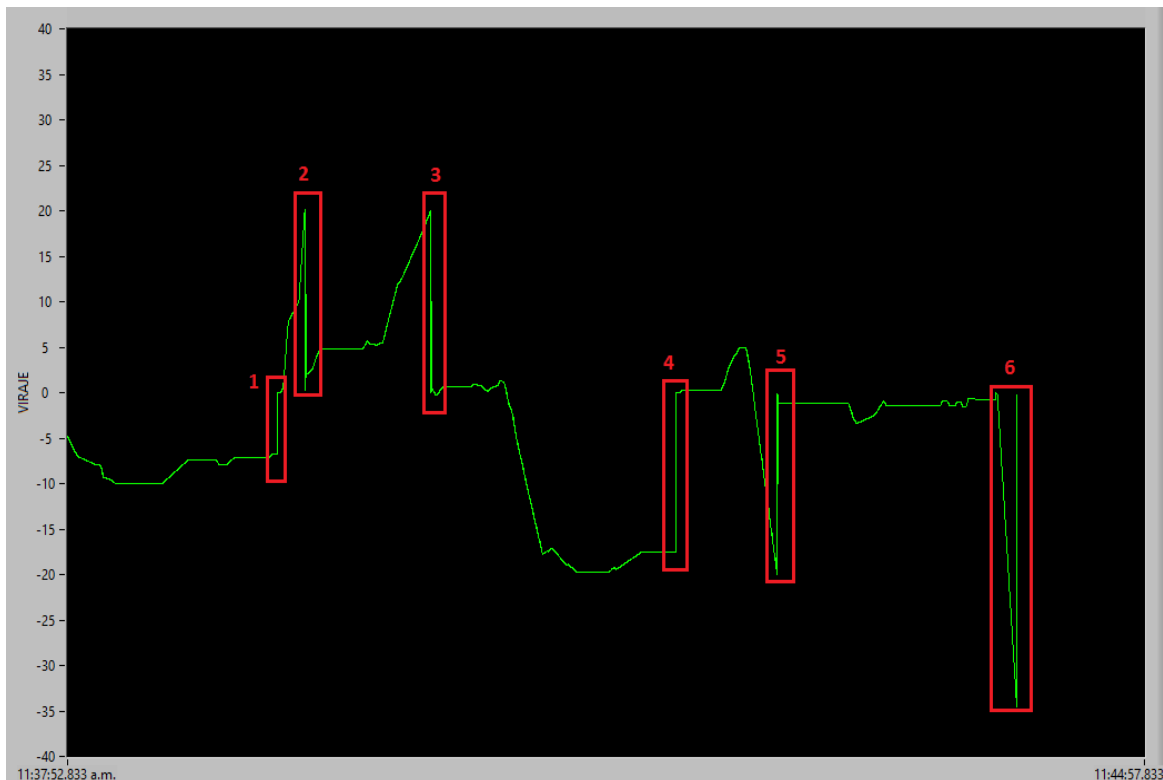
Fuente: Labview (Elaboración propia).

Para visualizar la señal analógica que se genera cuando la pala eléctrica entra en modo Propulsión (traslado), se simula en Labview el modo Propulsión y se obtiene la siguiente señal analógica del ángulo de viraje que se produce durante este modo.

Figura 70. Señal analógica generada a partir de la simulación en Labview del modo propulsión



Fuente: Labview (Elaboración propia).

Figura 71. Análisis de señal analógica durante modo propulsión

Fuente: Labview (Elaboración propia).

- 1.- Se trata de un reinicio de variables por desplazamiento. El equipo empezó su traslado con un ángulo de viraje negativo hasta el punto 1, lo que indica que el desplazamiento de la oruga 1 (derecho) fue mayor, pero no llega hasta un máximo de -20° , es decir no hay un excesivo ángulo de viraje, luego de haber realizado un giro el ángulo de viraje se mantiene casi constante, lo que indica que el equipo se desplaza sin giros (desplazamiento casi recto), luego realiza un giro para el lado derecho, pero tampoco hay excesivo ángulo de viraje, sigue su desplazamiento casi recto, luego el ángulo de viraje se reinicializa, a este reinicio se le conoce como reinicio por desplazamiento, debido a que recorrió más de 28.21 metros. Durante este desplazamiento no hay alarmas por excesivo viraje, es un desplazamiento óptimo.
- 2.- Es un reinicio de variables debido a excesivo viraje. El contador de alarmas debería tener como valor 1. Entre el punto 1 y punto 2 se visualiza que el equipo realiza un giro con un ángulo de viraje que supera los 20° en

un desplazamiento mayor a 3 metros, lo que conlleva a reinicio de variables por excesivo viraje.

- 3.- Se trata de otro evento de excesivo ángulo de viraje, el valor del contador de alarma debería ser dos. Luego del reinicio de variables en el punto 2, el equipo sigue realizando el giro aproximadamente 5° más, luego realiza un desplazamiento casi recto donde el viraje se mantiene constante, seguidamente el equipo realiza un giro en el que se presenta excesivo viraje.
- 4.- Es un reinicio por desplazamiento mayor a 28.21 metros, en el trayecto el equipo realiza giros, pero no hay presencia de excesivo viraje.
- 5.- Se trata de un excesivo ángulo de viraje, el valor del contador de alarmas debería ser 3 en el trayecto del punto 4 a 5, el equipo siguió un desplazamiento casi recto y el valor del viraje se mantiene constante, pero luego realiza un giro y sigue con otro giro en sentido contrario al anterior con un ángulo superior a los -20° y se reinician las variables.
- 6.- Se trata de una contramarcha, debido a la rapidez con la que el ángulo de viraje aumenta en una distancia corta, el valor del ángulo ronda por los 35° y se reinicializa por que el desplazamiento ya supera los 3 metros y ahora si cumple la condición de excesivo ángulo de viraje. El contador de alarmas debería tener como valor 4 y la acción que realiza es salir del modo Propulsión (ANF), debido a excesivas alarmas por ángulo de viraje.

4.3. PROGRAMACIÓN DE PLC

La programación sobre el ángulo de viraje en PLC está orientada a la propuesta de implementación adicional del programa a crear, en el programa del sistema de palas ya existente.

4.3.1. Implementación ángulo de viraje durante modo Propulsión – STEP7

Para la implementación en el STEP 7 se consideró lo siguiente:

- Crear una nueva función FC llamado desde el OB32.

- Crear un DB asociado a la función creada.
- Las velocidades necesarias pertenecientes a los motores de propulsión se tomarán del FC601.
- Agregar en el DB200 una opción para habilitar la función creada.

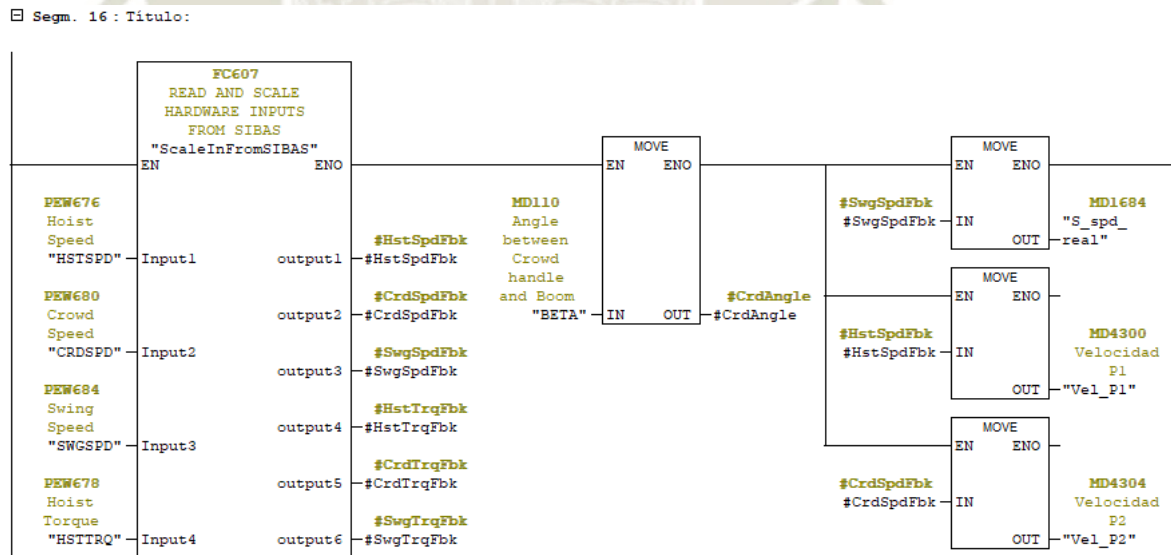
FC4300: es la función donde se desarrolla la programación del cálculo del ángulo de viraje, se ejecutará siempre y cuando sea llamado desde el OB32.

DB4300: es el bloque de datos que guarda los parámetros que serán procesados o utilizados durante la ejecución de la función creada.

Se inspecciona la disponibilidad de las direcciones FC4300, DB4300, T750 para poder realizar la programación.

En la función FC601 segmento 16, se mueve los valores de velocidad pertenecientes a los tacómetros de los motores de propulsión a las marcas MD4300 y MD4304.

Figura 72. Velocidades de los motores de propulsión– STEP 7



Fuente: STEP 7 (Elaboración propia).

Se crea el bloque de datos DB4300, donde se define los parámetros y los valores iniciales de los mismos, necesarios para el cálculo del ángulo de viraje. Ver Figura 73.

Figura 73. Bloque de datos DB4300 – STEP7

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
0.0		STRUCT		
+0.0	R_TxPropel	REAL	3.557000e+002	Relacion de la transmision de propel
+4.0	Dist_Orugas	REAL	8.961100e+000	Distancia entre orugas (metro)
+8.0	Rad_Oruga	REAL	8.000000e-001	Radio de oruga (metro)
+12.0	Fact_Desp_Ang	REAL	0.000000e+000	Factor calculo del desplazamiento angular - t.muestreo 50mS
+16.0	Desp_Ang1_acm	REAL	0.000000e+000	Desplazamiento angular acumulado propel 1
+20.0	Desp_Ang2_acm	REAL	0.000000e+000	Desplazamiento angular acumulado propel 2
+24.0	Rel_rD	REAL	0.000000e+000	Relacion r/D
+28.0	Fact_ATP	REAL	0.000000e+000	Factor Ang_Tras_Propel
+32.0	Ang_Tras_Prop	REAL	0.000000e+000	Angulo de Traslacion Propel
+36.0	Ang_Tras_Prop_HMI	INT	0	Angulo de Traslacion Propel para HMI
+38.0	Long_Desp1_Tot	REAL	0.000000e+000	Long. desplazamiento linal oruga 1
+42.0	Long_Desp2_Tot	REAL	0.000000e+000	Long. desplazamiento lineal oruga 2
+46.0	Cont_Alarma	INT	0	Contador de alarma
+48.0	Adva_Ang1_acm	REAL	0.000000e+000	Desplazamiento angular acm en avance propel 1
+52.0	Adva_Ang2_acm	REAL	0.000000e+000	Desplazamiento angular acm en avance propel 2
+56.0	Rev_Ang1_acm	REAL	0.000000e+000	Desplazamiento angular acm en reversa propel 1
+60.0	Rev_Ang2_acm	REAL	0.000000e+000	Desplazamiento angular acm en reversa propel 2
+64.0	Counter_Ang1_acm	REAL	0.000000e+000	Desplazamiento angular acm en contramarcha propel 1
+68.0	Counter_Ang2_acm	REAL	0.000000e+000	Desplazamiento angular acm en contramarcha propel 1
=72.0		END_STRUCT		

Fuente: STEP 7 (Elaboración propia).

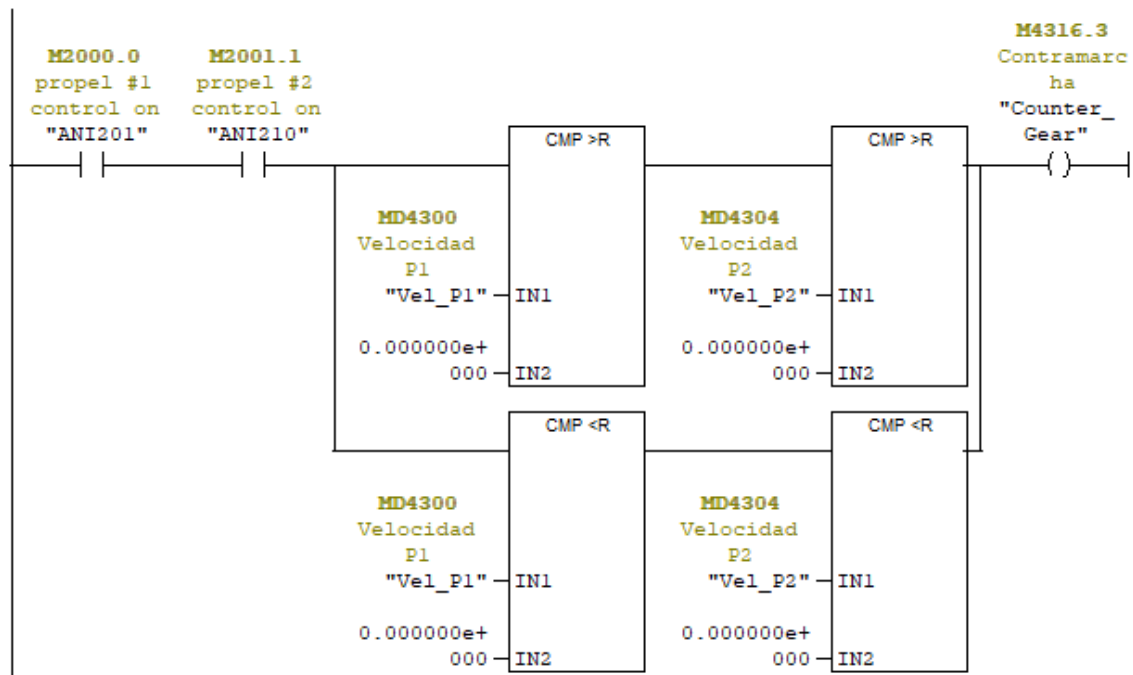
Se desarrolla la programación en la FC4300, el programa funciona cuando se activa el modo Propulsión (traslado) del equipo.

Como se tiene almacenada en las marcas los valores de las velocidades de ambos motores de propulsión (tacómetros), se realiza la programación para identificar qué tipo de movimiento realiza el equipo (avance, reversa o contramarcha). Para esto solo se compara las velocidades de los motores de propulsión obtenidas de los sensores de velocidad (tacómetros).

El objetivo para identificar el sentido de movimiento es poder asignar un desplazamiento angular acumulado 1 y 2 específicos para cada movimiento y así poder identificar en la futura señal analógica la variación en el ángulo de viraje que se da por el cambio de movimiento (avance, reversa o contramarcha), además será posible visualizar los movimientos realizados durante el modo Propulsión del equipo.

Figura 74. Contramarcha- STEP 7

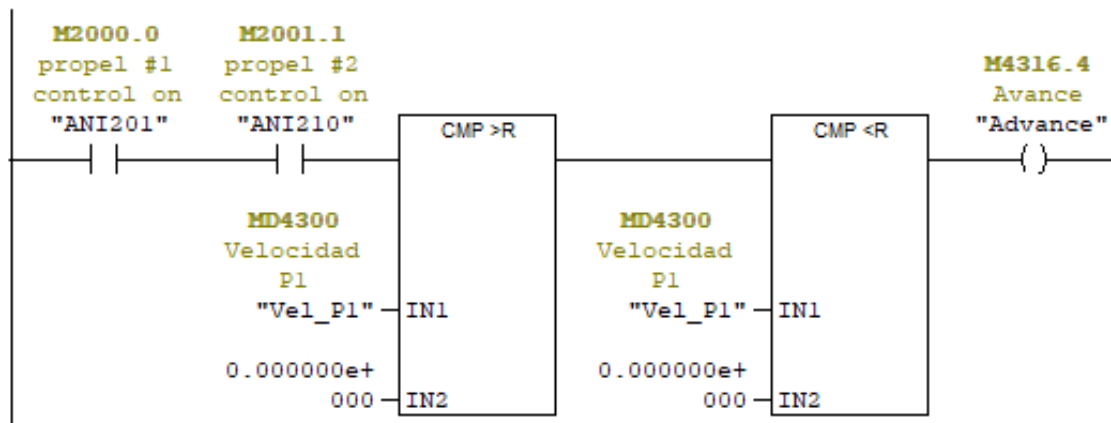
Segm. 2 : Título:



Fuente: STEP 7 (Elaboración propia).

Figura 75. Avance- STEP 7

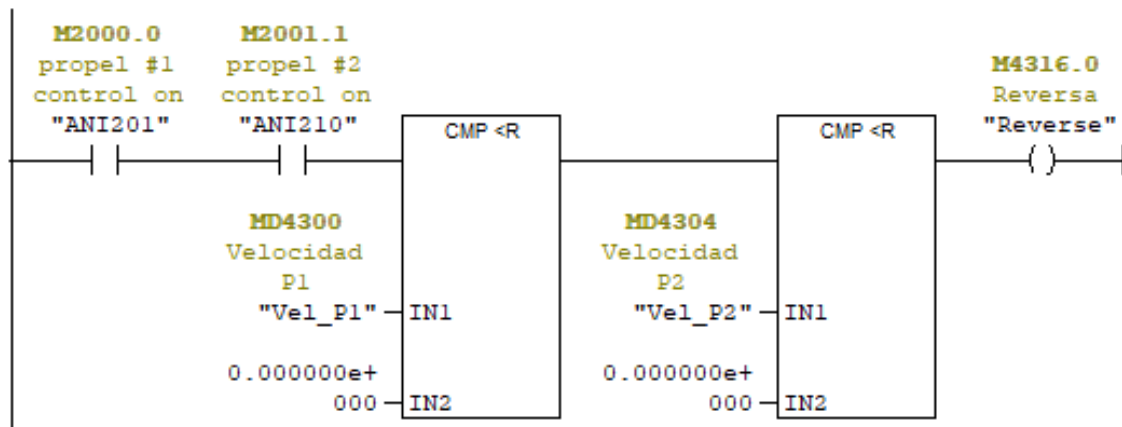
Segm. 3 : Título:



Fuente: STEP 7 (Elaboración propia).

Figura 76. Reversa- STEP 7

Segm. 4 : Título:

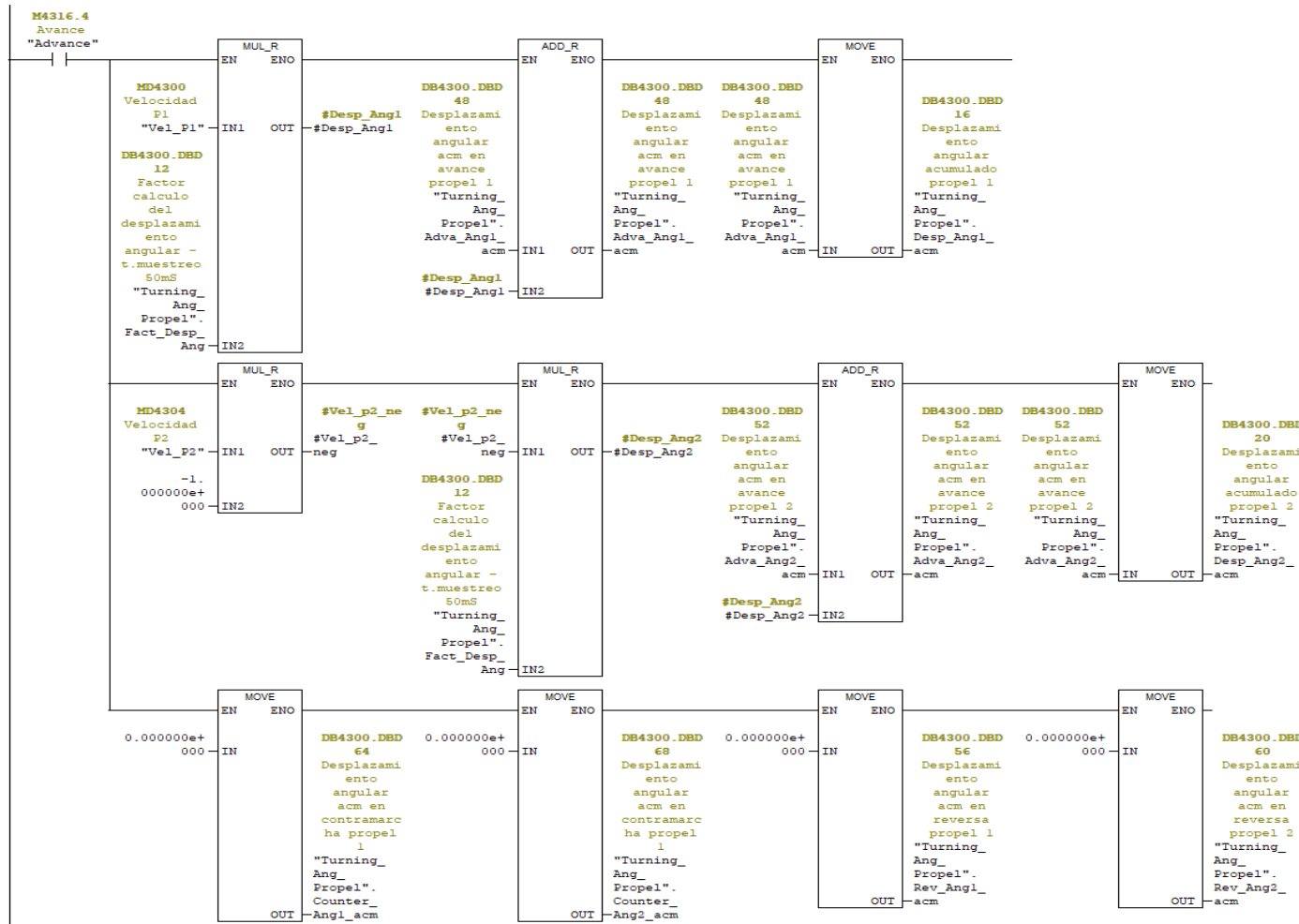


Fuente: STEP 7 (Elaboración propia).

Una vez identificado el movimiento que realiza el equipo, ahora se realiza la programación para calcular los desplazamientos angulares específicos de cada motor de propulsión durante un determinado sentido de movimiento. Por ejemplo, si el equipo realiza un movimiento de avance, entonces el cálculo para obtener el desplazamiento angular de ambas orugas solo corresponde a este movimiento y hace uso de sus variables ("Adva_Ang1_acm" y "Adva_Ang2_acm") y los desplazamientos angulares específicos en sentido de movimiento de reversa y contramarcha están en valor cero.

Así también, si el sentido de movimiento es de reversa o contramarcha, solo sus variables relacionadas serán utilizadas para obtener el desplazamiento angular de ambas orugas.

Figura 77. Desplazamiento angular por sentido de movimiento- STEP 7

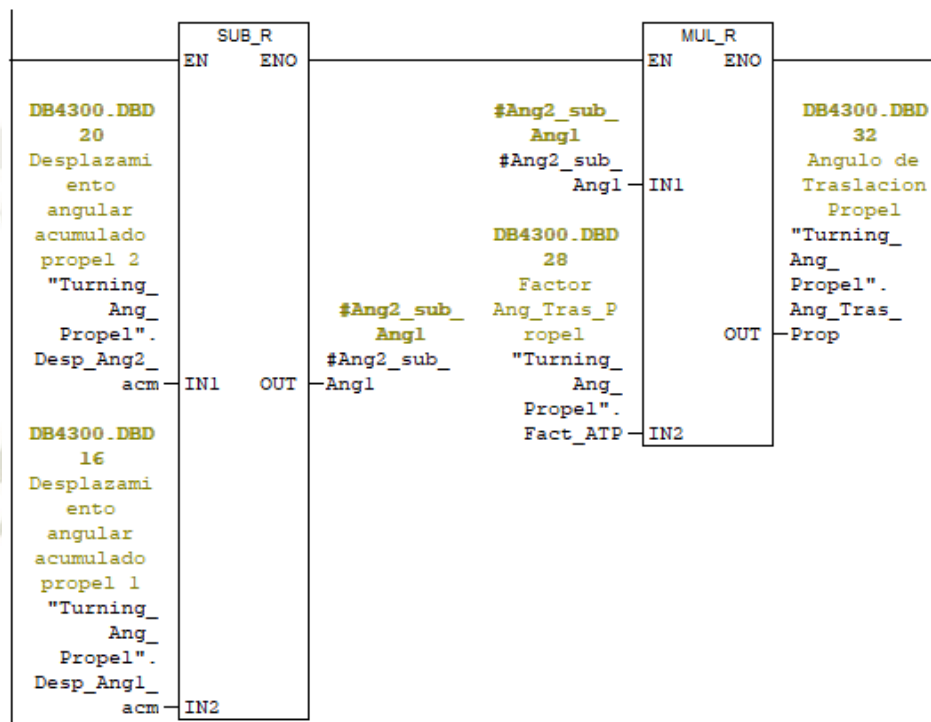


Fuente: STEP 7 (Elaboración propia).

Cabe mencionar que el desplazamiento angular específico 1 y 2 durante un movimiento, por ejemplo, en avance ("Adva_Ang1_acm" y "Adva_Ang2_acm") se le asigna a la variable " Desp_Ang1_acm" y " Desp_Ang2_acm" respectivamente, esto para calcular el ángulo de viraje (Ang_Tras_Prop). Ver Figura 78.

Figura 78. Ángulo de viraje – STEP 7

Segm. 9 : Título:

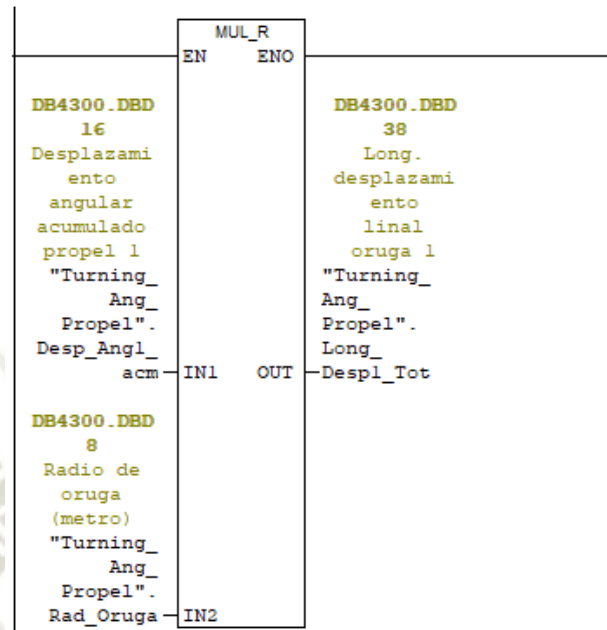


Fuente: STEP 7 (Elaboración propia).

Seguidamente se hace la programación para calcular el desplazamiento realizado por la oruga 1 (Long_Ang1_Tot) y oruga 2 (Long_Ang2_Tot). Ver Figura 79 y Figura 80.

Figura 79. Desplazamiento lineal oruga 1- STEP 7

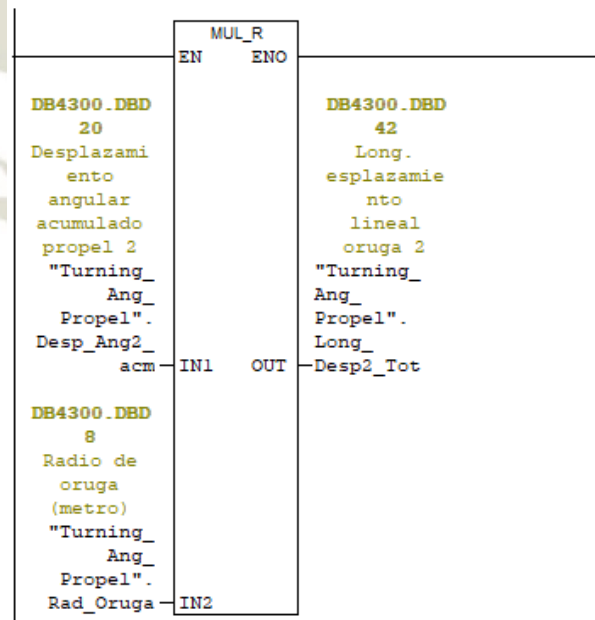
Segm. 10 : Titulo:



Fuente: STEP 7 (Elaboración propia).

Figura 80. Desplazamiento lineal oruga 2 - STEP 7

Segm. 11 : Titulo:

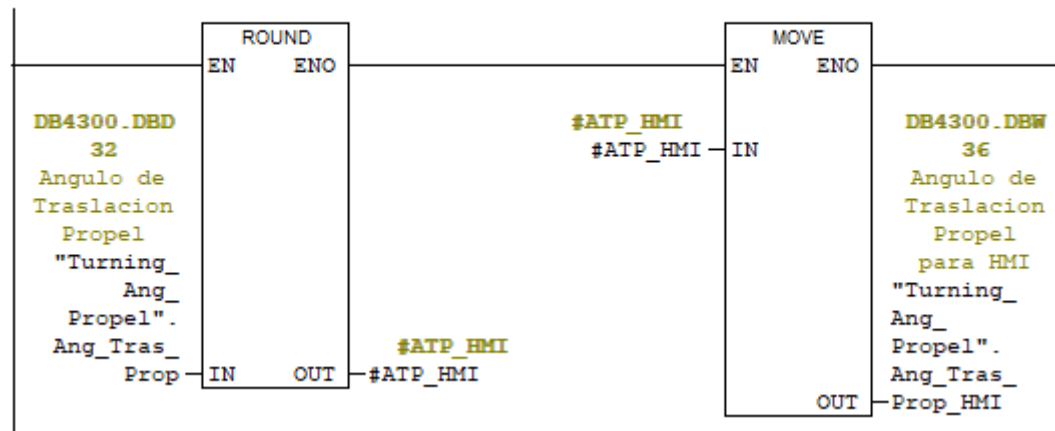


Fuente: STEP 7 (Elaboración propia).

Se realiza la conversión del ángulo de viraje obtenido a entero para luego mostrarlo en el HMI. Ver Figura 81.

Figura 81. Conversión del ángulo de viraje - STEP 7

☐ Segm. 12 : Título:



Fuente: STEP 7 (Elaboración propia).

Una vez realizada la programación del ángulo de viraje y los desplazamientos lineales de ambas orugas, ahora se realiza la programación para determinar si se presenta un ángulo de viraje excesivo durante el traslado (ver Figura 82), para lo cual primero se obtiene el valor absoluto de las variables.

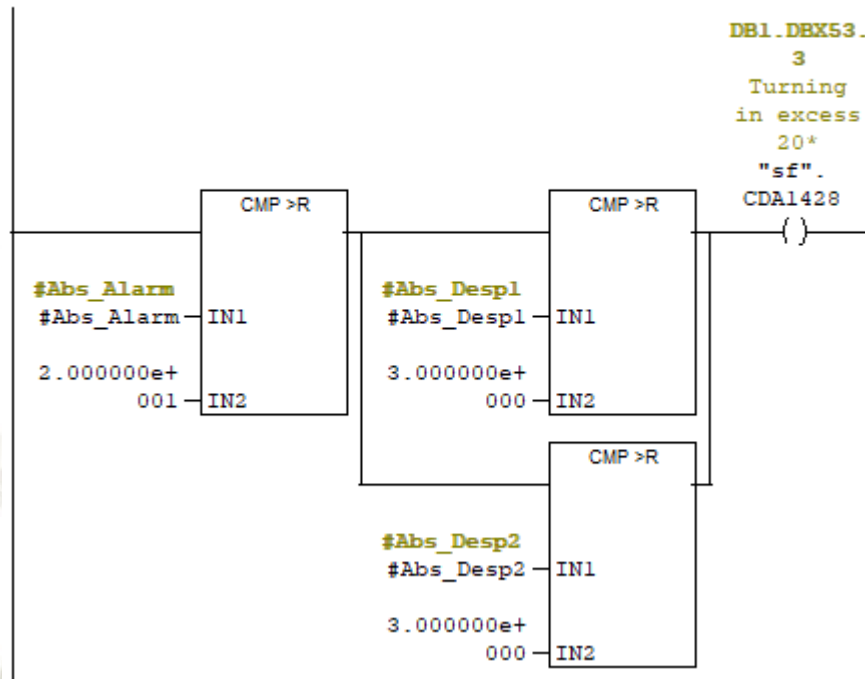
Para que se presente un excesivo ángulo de viraje tiene que cumplirse una de las siguientes condiciones:

- Que el valor absoluto del ángulo de viraje sea mayor a 20 y el desplazamiento lineal de oruga 1 sea mayor a 3 metros.
- Que el valor absoluto del ángulo de viraje sea mayor a 20 y el desplazamiento lineal de oruga 2 sea mayor a 3 metros.

Si se presenta una de las dos condiciones mencionadas antes se activa la alarma de advertencia y esta alarma activa el reinicio de variables. Ver Figura 83.

Figura 82. Condiciones para alarma por exceso de ángulo de viraje - STEP 7

Segm. 14 : Titulo:



Fuente: STEP 7 (Elaboración propia).

Figura 83. Reinicio de valores por excesivo ángulo de viraje - STEP 7

Segm. 16 : Titulo:

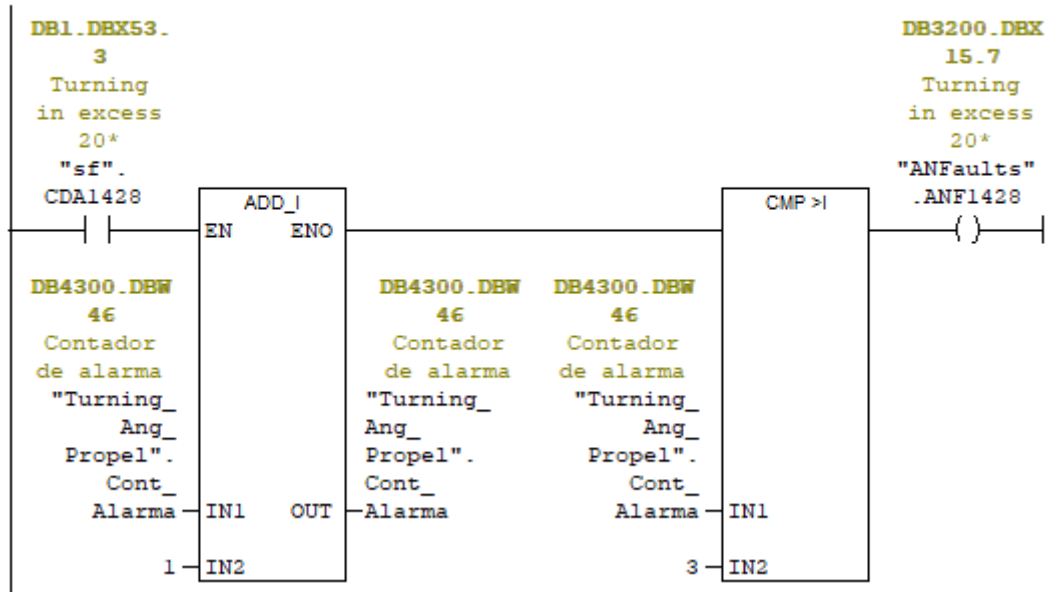


Fuente: STEP 7 (Elaboración propia).

Se implementa un contador de alarmas por excesivo ángulo de viraje, el cual, cuando llegue a contar más de 3 alarmas de advertencia, se activa la alarma de falla (ANF), Ver Figura 84, la cual hace que el equipo salga de modo Propulsión.

Figura 84. Contador de alarmas - STEP 7

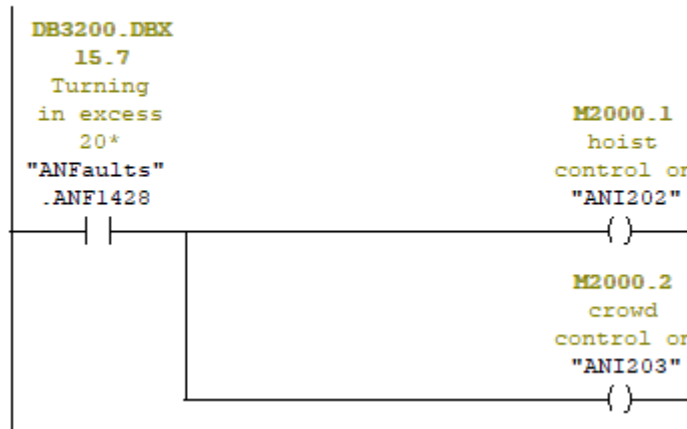
Segm. 15 : Título:



Fuente: STEP 7 (Elaboración propia).

Figura 85. Alarma ANF - STEP 7

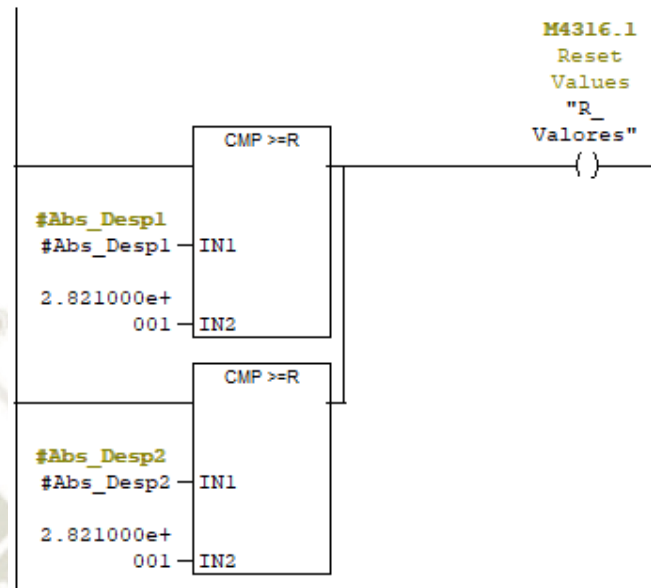
Segm. 17 : Título:



Fuente: STEP 7 (Elaboración propia).

Luego se implementa el reinicio de valores por desplazamiento, el cual se aplica si el valor absoluto del desplazamiento realizado por oruga 1 u oruga 2 es mayor o igual a 28.21 metros. Ver Figura 86.

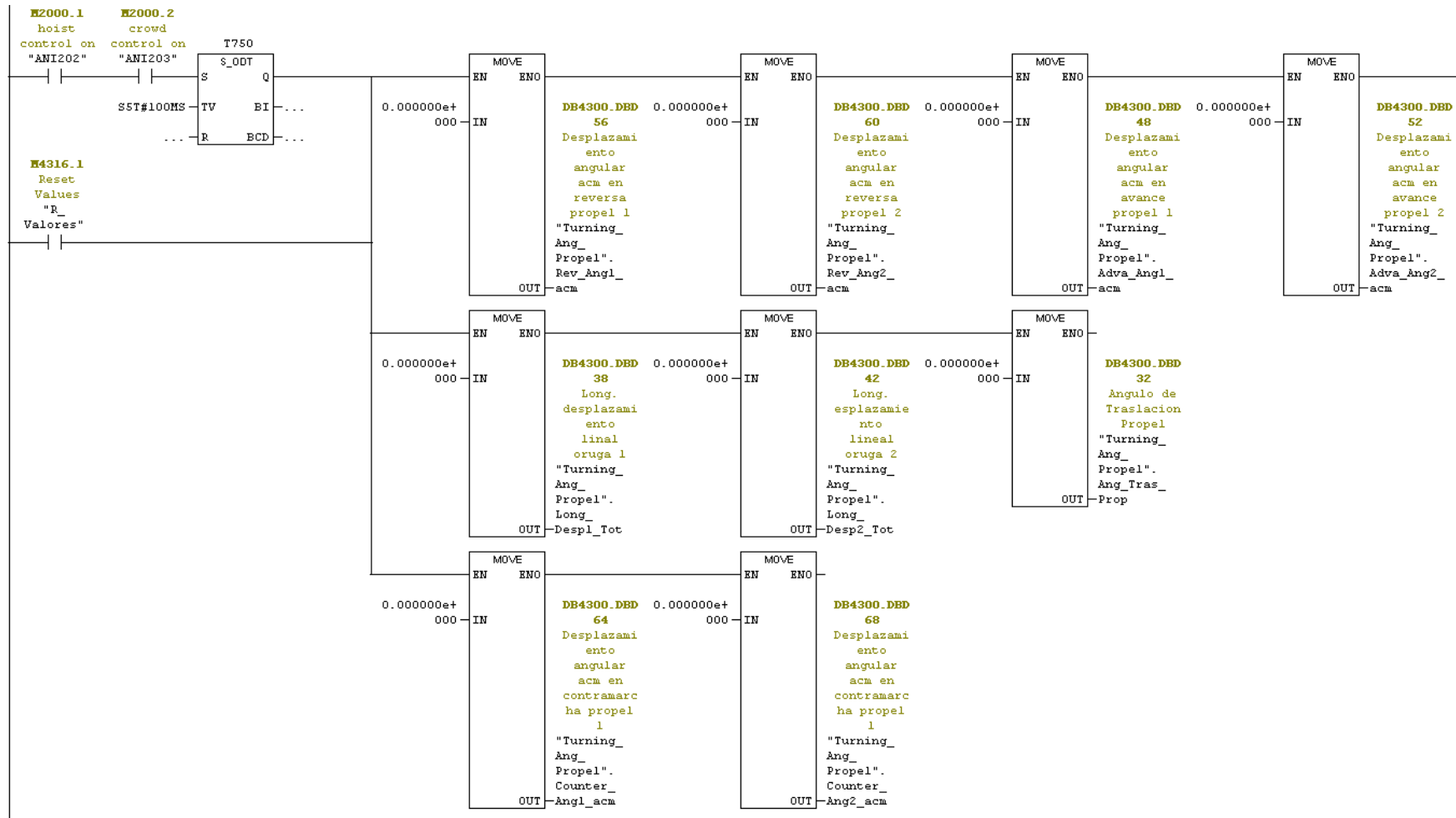
Figura 86. Reinicio de valores por desplazamiento - STEP 7



Fuente: STEP 7 (Elaboración propia).

Para que los valores del ángulo de viraje, desplazamiento angular y desplazamiento lineal de ambas orugas se reinicien, se tiene que activar el reinicio de valores (R_Valores) y también cuando se deje de estar en el modo Propulsión (traslado), ver Figura 87, cabe decir que se le agrega un temporizador para reiniciar las variables después de un tiempo predeterminado (100 ms) cuando se sale del modo Propulsión, si se regresa de nuevo al modo Propulsión antes de ese tiempo los valores de las variables aún permanecerán.

Figura 87. Reinicio de valores



Fuente: STEP 7 (Elaboración propia).

Ahora se define el bit de activación para el cálculo del ángulo de viraje durante el modo Propulsión en el DB200 (Opciones).

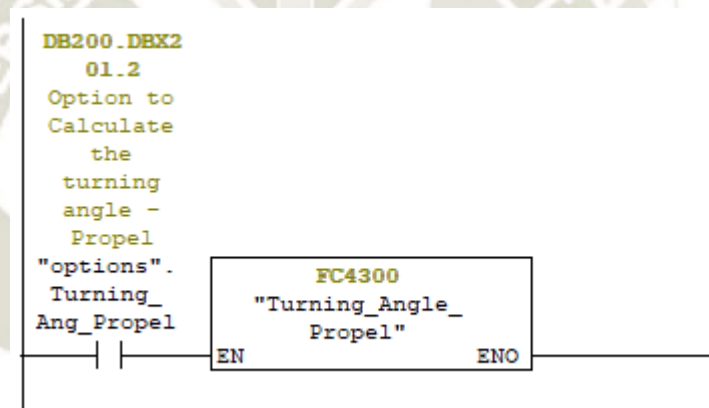
Figura 88. Bit de Activación en DB200

+201.0	OilBoardPower	BOOL	FALSE	Option for Oil Board Power
+201.1	HealthInterfaceModule	BOOL	TRUE	Minestar Health Interface Option
+201.2	Turning_Ang_Propel	BOOL	FALSE	Option to Calculate the turning angle - Propel
+201.3	spare6	BOOL	FALSE	
+201.4	spare7	BOOL	FALSE	
+201.5	spare8	BOOL	FALSE	

Fuente: STEP 7 (Elaboración propia).

Lo que continua es la activación de la función creada FC4300 desde el OB32.

Figura 89. Activación de FC4300



Fuente: STEP 7 (Elaboración propia).

4.4. PROGRAMACIÓN DE HMI

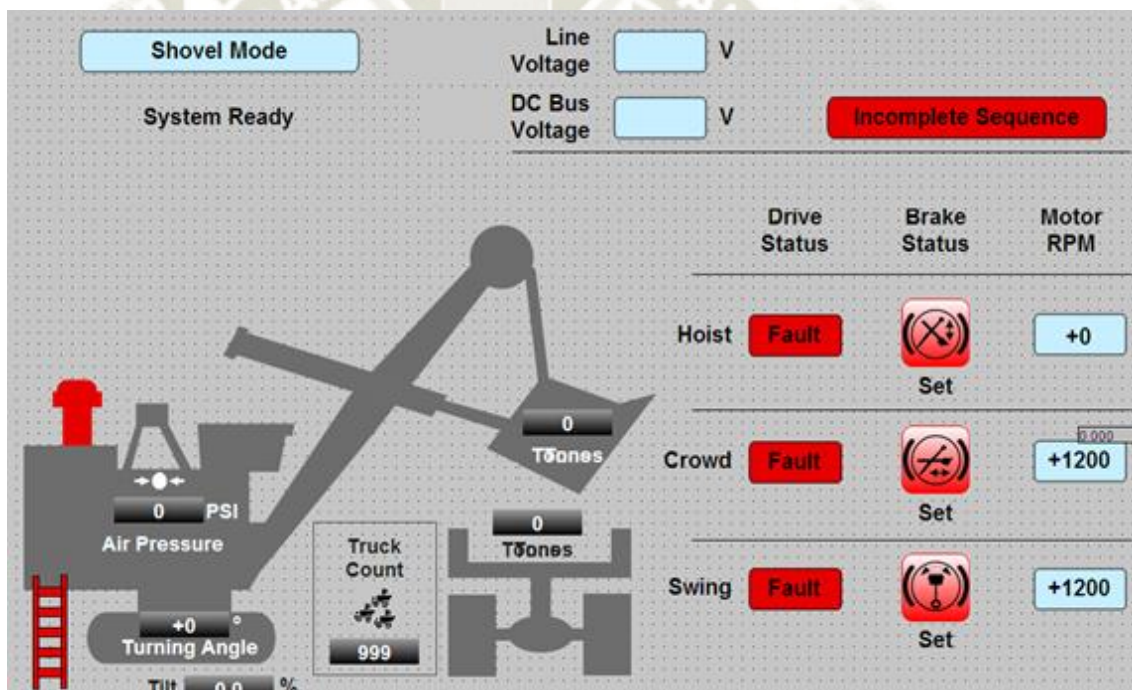
La programación en HMI se ve centrada también en la implementación del modelo generado sobre el ángulo de viraje durante el modo propulsión en el programa general ya existente sobre el monitoreo del equipo, la implementación se realiza en la HMI de mantenimiento y en la HMI de cabina del operador.

El procedimiento de la actualización de las HMIs se detalla a continuación.

4.4.1. Actualización de HMI de mantenimiento

4.4.1.1. Implementación del ángulo de viraje en Wincc

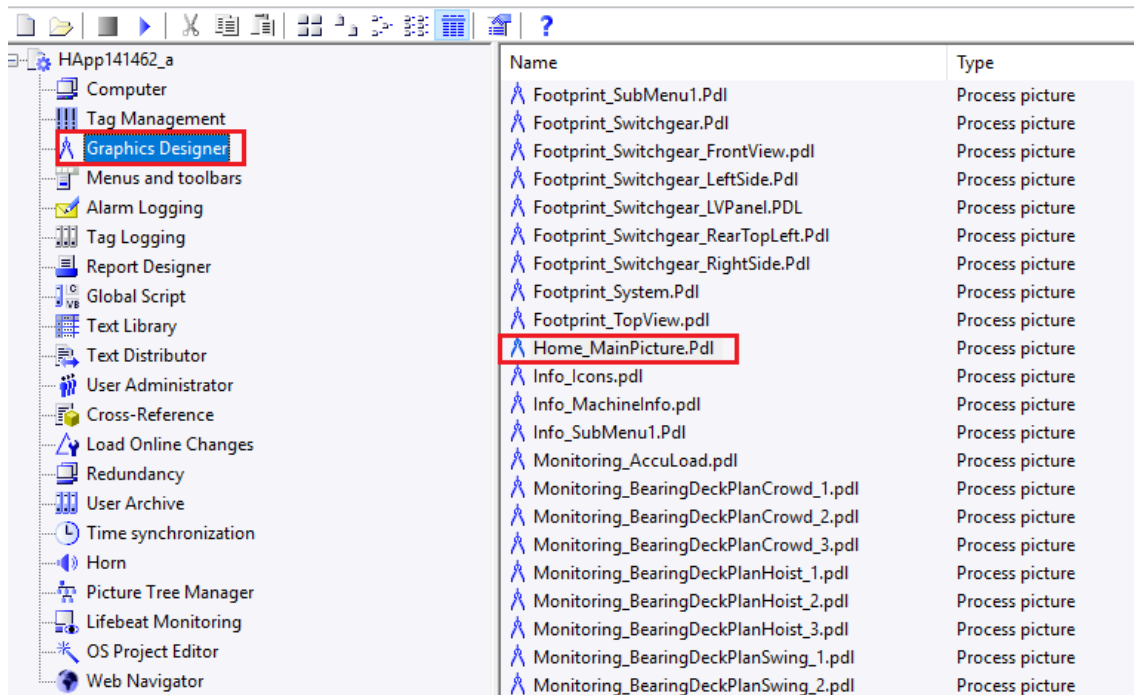
Figura 90. HMI de mantenimiento



Fuente: Adaptado de la empresa, 2018.

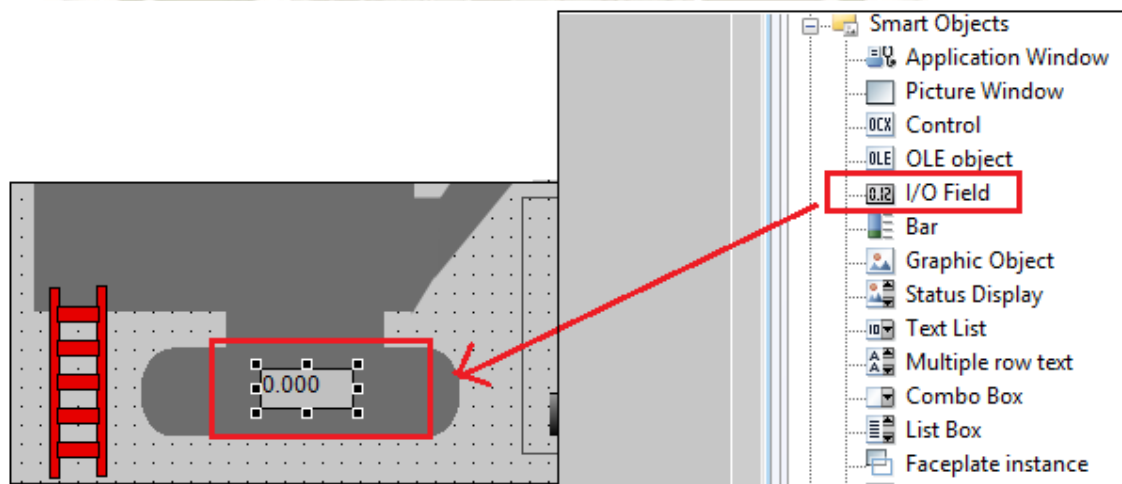
Una vez dentro del archivo general del monitoreo del equipo se selecciona la opción de Graphics Designer, y se escoge la opción de “Home.MainPicture” que será la ventana donde se mostrará el ángulo de viraje durante modo propulsión. Una vez ubicado en la ventana, se dirige a la paleta de objetos (Object palette) e inserta el objeto I/O Field en el espacio donde se quiera presentarlo.

Figura 91. Implementación del ángulo de viraje HMI de mantenimiento



Fuente: Adaptado de la empresa, 2018.

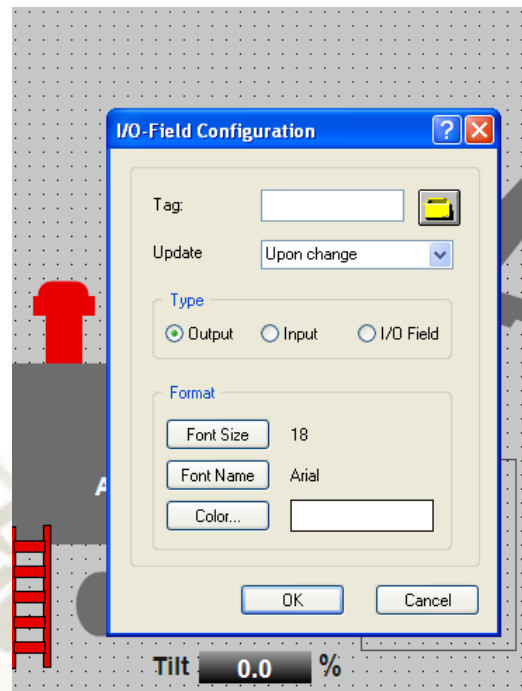
Figura 92. Implementación del ángulo de viraje en HMI de mantenimiento



Fuente: Adaptado de la empresa, 2018.

Se realiza la configuración de I/O Field, se asigna el nombre de la variable (tag) asociada al ángulo de viraje para mostrar en HMI. En el campo de actualización seleccionar Upon change y el tipo, salida.

Figura 93. Configuración de I/O Field HMI de mantenimiento



Fuente: Adaptado de la empresa, 2018.

Se configura las propiedades del objeto creado.

En otras propiedades (Miscellaneous):

- Display: NO.
- Dynamic – Expression/Formula: 'SS_DPC' && 'ANI208' && '!ANI217' && 'ANI218'.

Considerar el siguiente detalle:

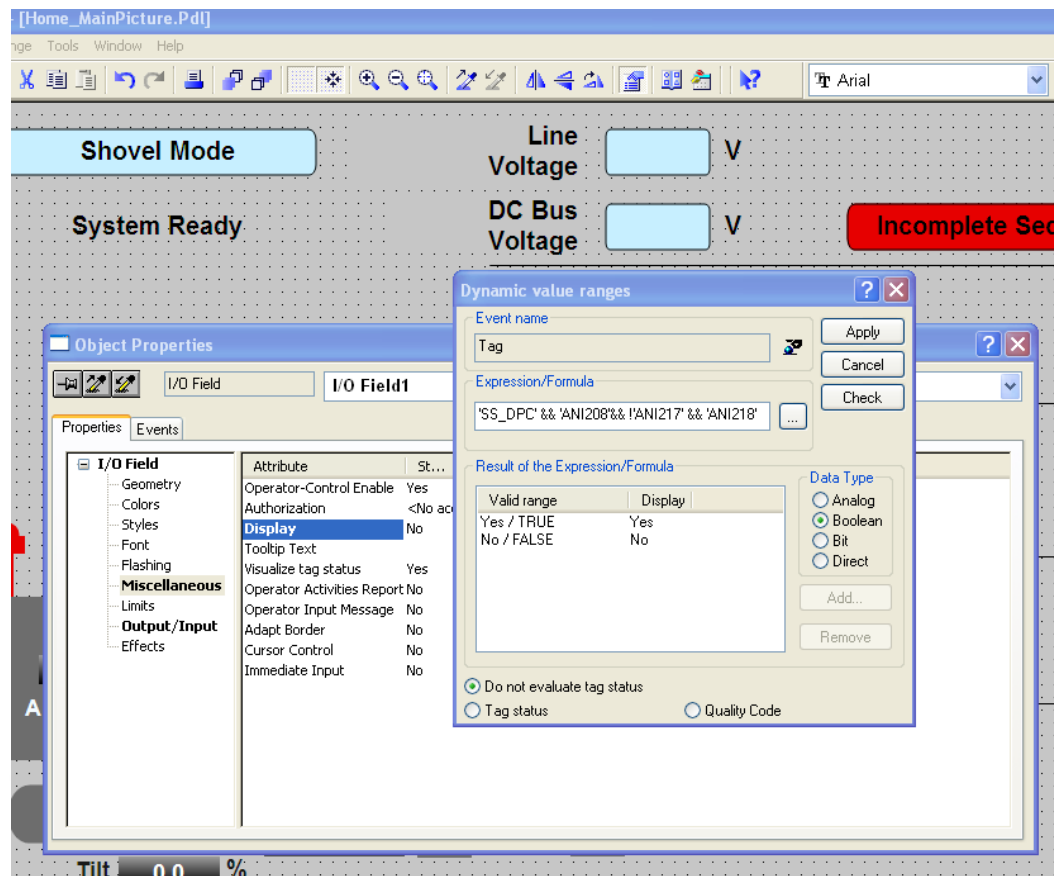
- SS_DPC: Confirmación de Drive Power Contactor (encendido de la pala)
- ANI208: Confirmación de Liberación de frenos de propulsión
- ANI217: Modo excavación habilitado
- ANI218: Modo propulsión habilitado

Con la formula anterior, el ángulo de viraje sólo se mostrará cuando el equipo esté en modo Propulsión.

En propiedades Output/Input:

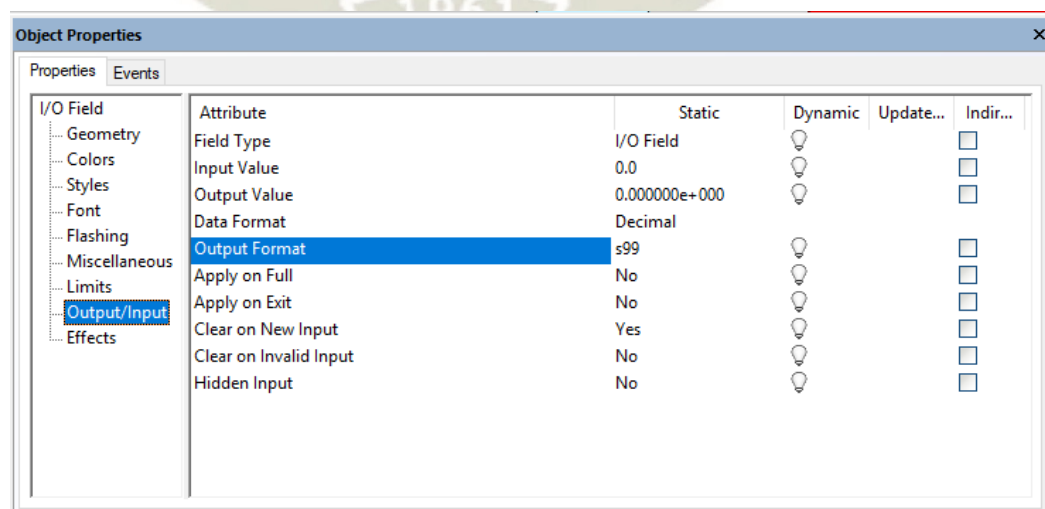
- Output format: s99.

Figura 94. Configuración de propiedades de I/O Field HMI de mantenimiento



Fuente: Adaptado de la empresa, 2018.

Figura 95. Configuración de propiedades de I/O Field HMI de mantenimiento



Fuente: Adaptado de la empresa, 2018.

4.4.1.2. Implementación de alarma CDA428 – Excesivo viraje

En el bloque de datos 1, DB1.DBX53.3 adicionar la alarma CDA428.

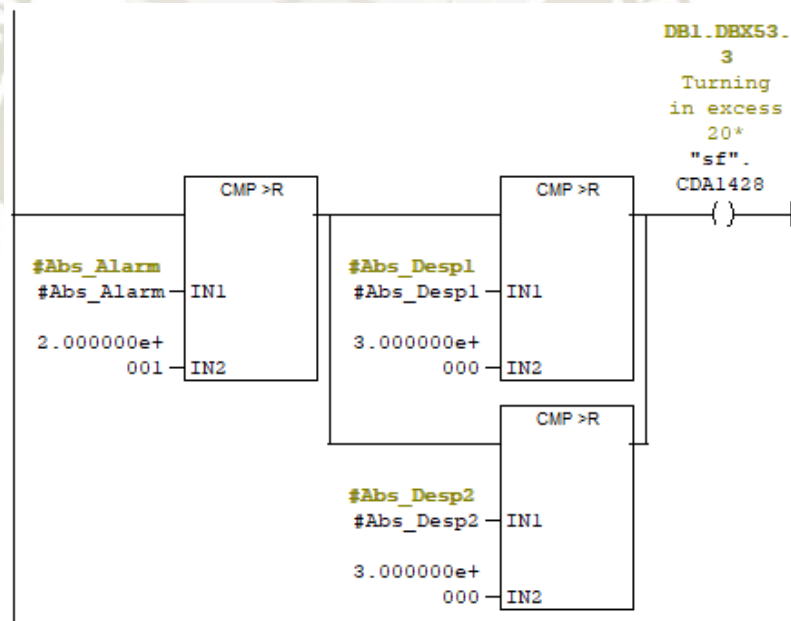
Figura 96. Alarma CDA428

UP - [DB1 -- "sf" -- 141508_g\SIMATIC 400(1)\CPU 416-2 DP\...\DB1]				
Edición Insertar Sistema de destino Test Ver Herramientas Ventana Ayuda				
+53.0	CDA1425	BOOL	FALSE	Approaching Grade Limit *141463 only*
+53.1	CDA1426	BOOL	FALSE	Reached Grade Limit *141463 only*
+53.2	CDA1427	BOOL	FALSE	Exceeded Grade Limit *141463 only*
+53.3	CDA1428	BOOL	FALSE	Turning in excess 20*
+53.4	CDA1429	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+53.5	CDA1430	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*

Fuente: Elaboración propia.

Se agrega en la función creada FC4300 la lógica de activación cuando se presente un excesivo ángulo de viraje.

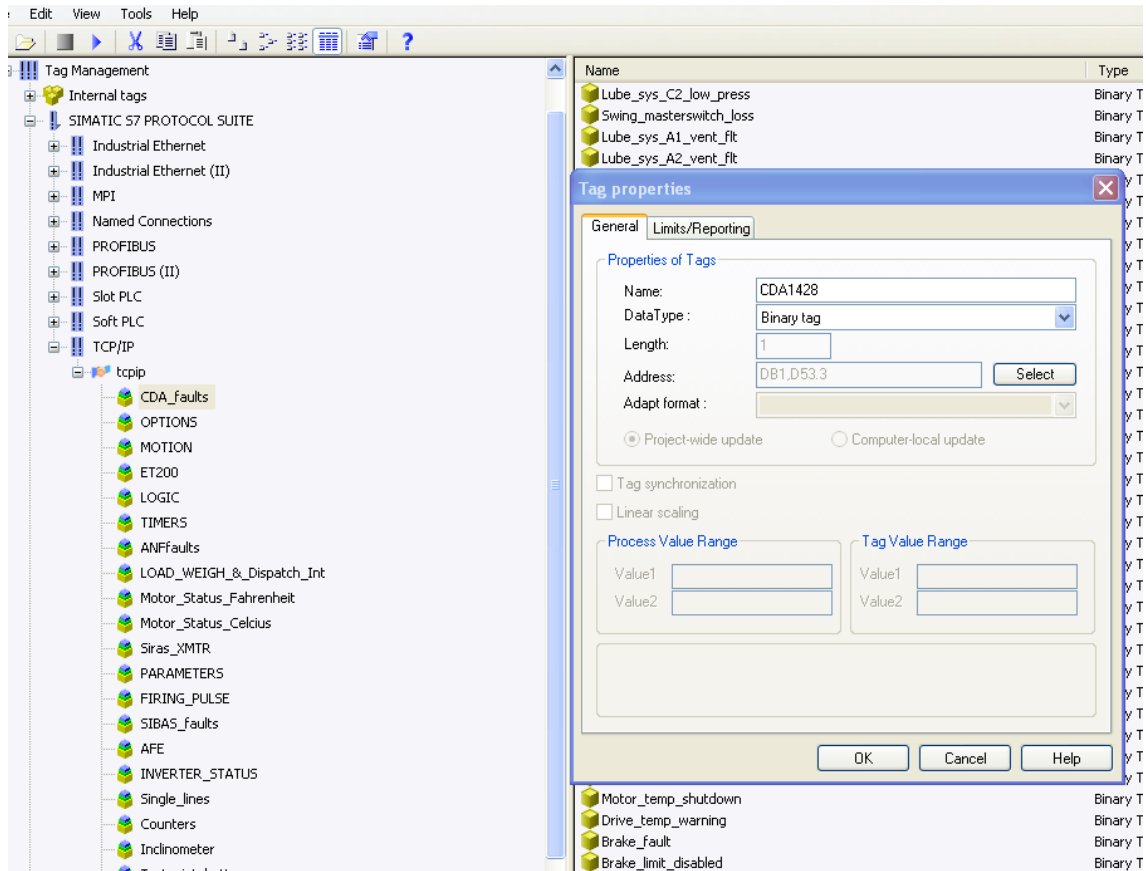
Figura 97. Lógica de activación Alarma CDA1428 STEP 7



Fuente: Elaboración propia.

Se agrega la dirección de memoria de la alarma creada en el PLC como Tag en el WinCC.

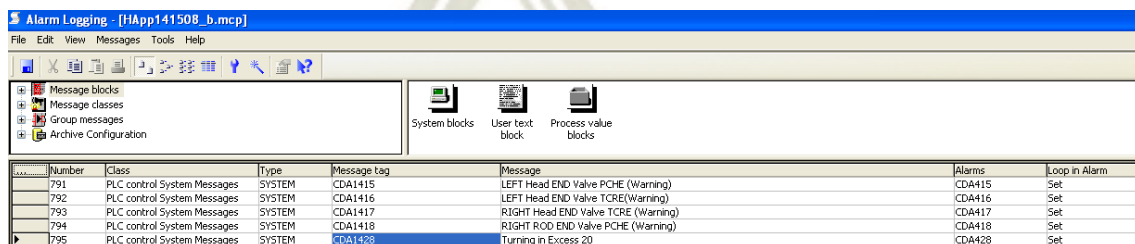
Figura 98. Alarma CDA1428 en Wincc



Fuente: Adaptado de la empresa, 2018.

Luego en Wincc-Alarm logging, Message blocks agregar el tag creado que se relaciona con la alarma CDA428.

Figura 99. Wincc-Alarm logging, alarma CDA428



Fuente: Adaptado de la empresa, 2018.

Para visualizar la alarma tanto en español como en inglés se completa los textos en Text Library.

Se agrega los archivos de ayuda correspondientes en las carpetas:

...\TroubleShootingFiles\HTMLfiles_esp
...\TroubleShootingFiles\HTMLfiles_eng

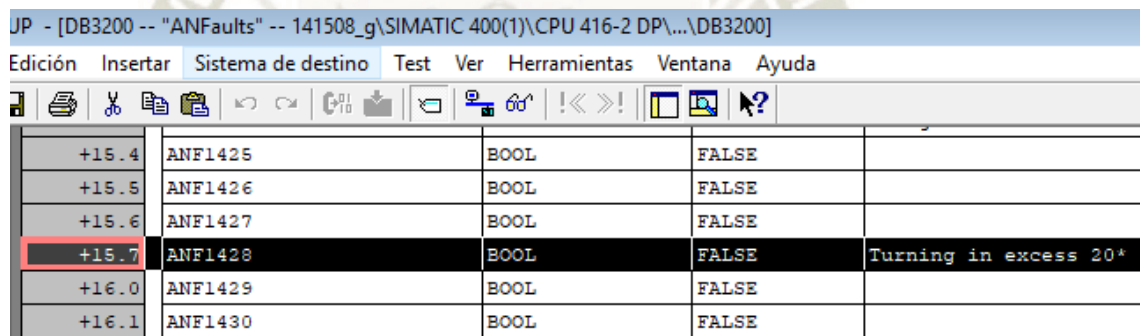
Desde Alarm Logging colocar las direcciones de los archivos de troubleshooting para ambos idiomas, se guarda los cambios realizados.

Se debe recordar que, si la cantidad de alarmas es mayor a 3, se activa una alarma de falla, entonces se implementa también esta alarma de falla en Wincc.

4.4.1.3. Implementación de alarma ANF1428

En el bloque de datos 3200, DB3200.DBX15.7 adicionar la alarma ANF1428.

Figura 100. Alarma ANF1428

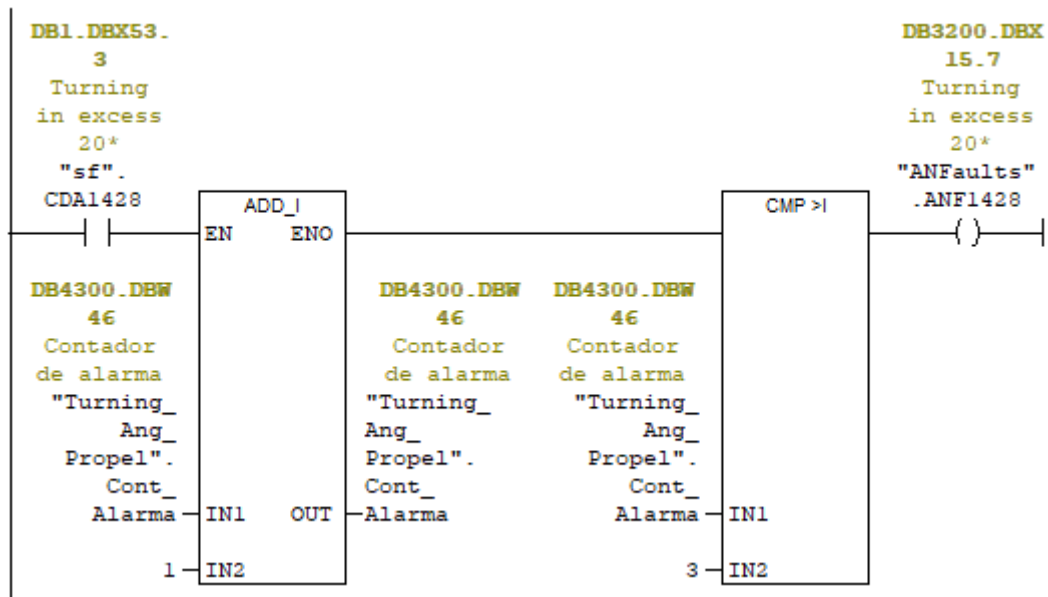


JP - [DB3200 -- "ANFaults" -- 141508_g\SIMATIC 400(1)\CPU 416-2 DP\...\DB3200]				
Edición Insertar Sistema de destino Test Ver Herramientas Ventana Ayuda				
+15.4	ANF1425	BOOL	FALSE	
+15.5	ANF1426	BOOL	FALSE	
+15.6	ANF1427	BOOL	FALSE	
+15.7	ANF1428	BOOL	FALSE	Turning in excess 20*
+16.0	ANF1429	BOOL	FALSE	
+16.1	ANF1430	BOOL	FALSE	

Fuente: Elaboración propia.

Se agrega en la función creada FC4300 la lógica de activación cuando se presente un excesivo ángulo de viraje.

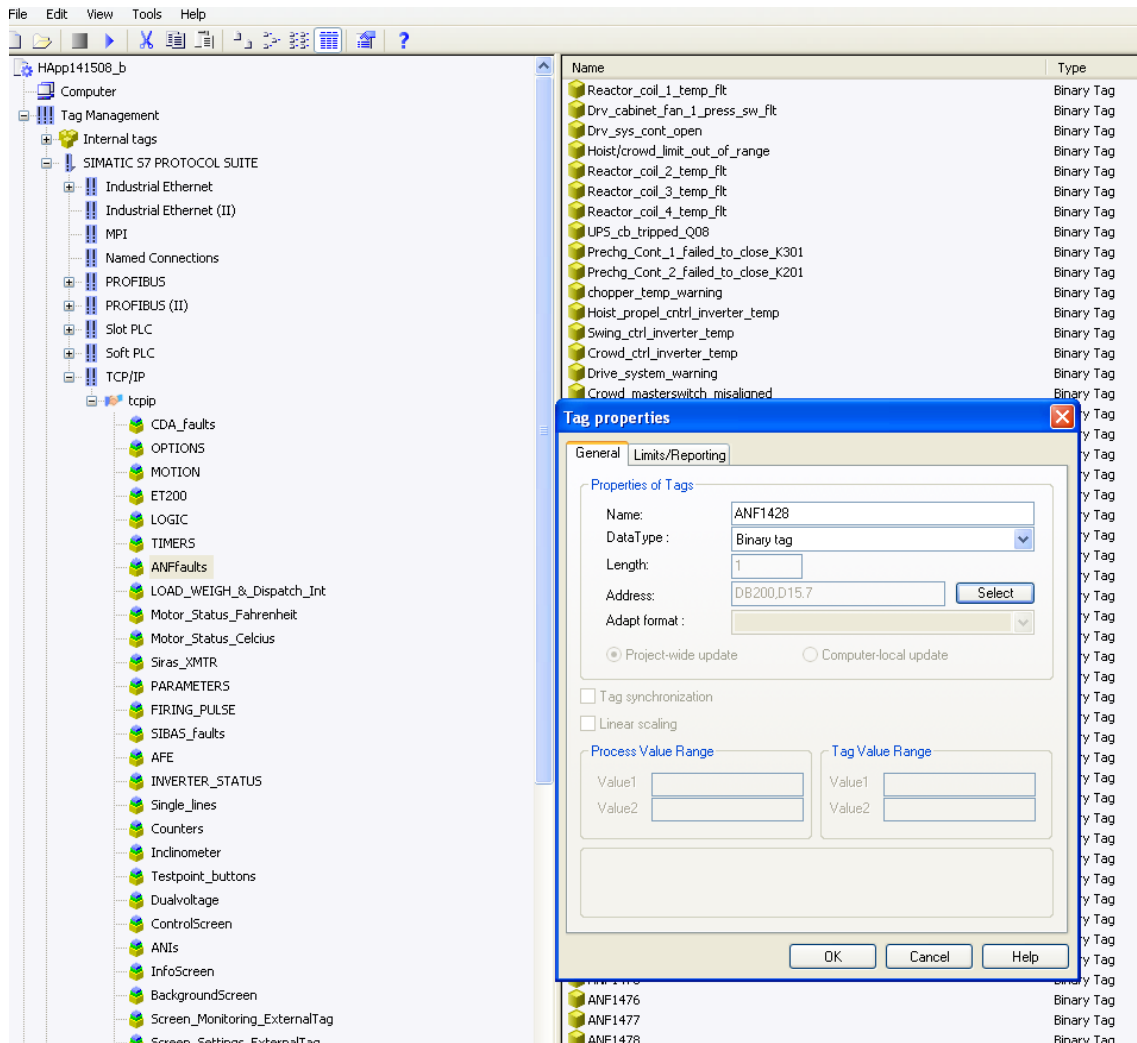
Figura 101. Lógica de activación Alarma ANF1428 STEP 7



Fuente: Elaboración propia.

Se agrega también la dirección de memoria de la alarma creada en el PLC como Tag en el WinCC.

Figura 102. Alarma ANF1428 en Wincc



Fuente: Elaboración propia.

Luego en Wincc-Alarm logging, Message blocks agregar el tag creado que se relaciona con la alarma ANF1428.

Figura 103. Wincc-Alarm logging, alarma CDA428

Number	Class	Type	Message tag	Message	Alarms	Loop in Alarm
791	PLC control System Messages	SYSTEM	COA1415	LEFT Head END Valve PCHE (Warning)	COA415	Set
792	PLC control System Messages	SYSTEM	COA1416	LEFT Head END Valve TCRC(Warning)	COA416	Set
793	PLC control System Messages	SYSTEM	COA1417	RIGHT Head END Valve TCRC (Warning)	COA417	Set
794	PLC control System Messages	SYSTEM	COA1418	RIGHT ROD END Valve PCHE (Warning)	COA418	Set
795	PLC control System Messages	SYSTEM	COA1428	Turning In Excess 20	COA428	Set
796	PLC control System Messages	SYSTEM	ANF1428	Excessive turn alarms	ANF1428	Set

Fuente: Elaboración propia.

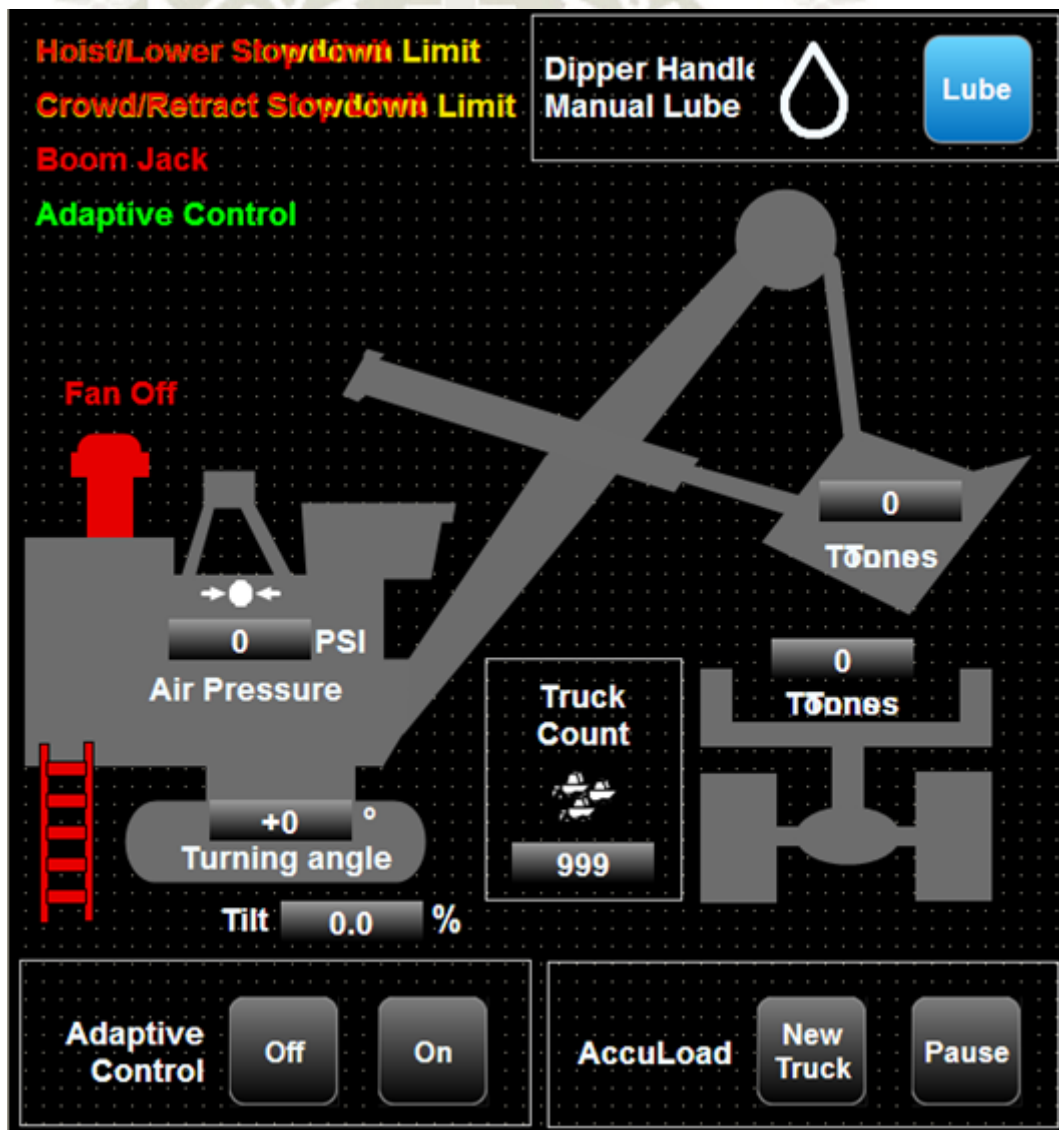
Para visualizar la alarma tanto en español como en inglés se completa los textos en Text Library.

4.4.2. Actualización de HMI de cabina de operador

4.4.2.1. Implementación del ángulo de viraje en Wincc

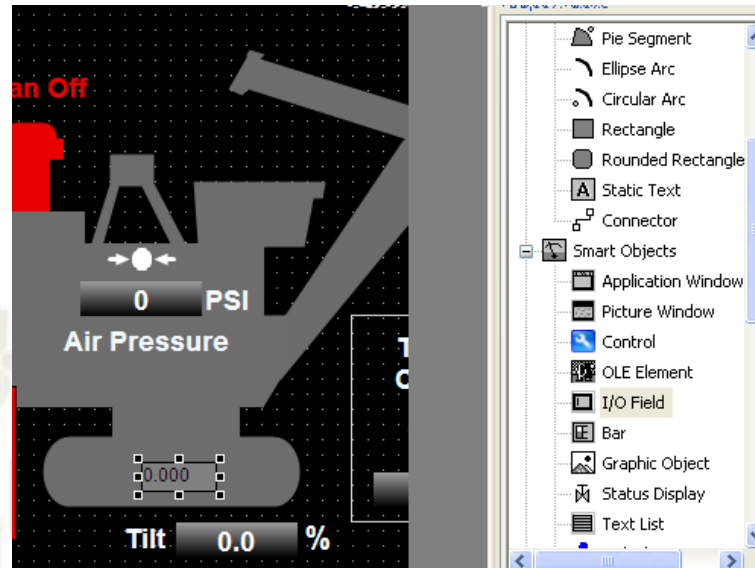
La pantalla donde se actualiza y muestra el ángulo de viraje propulsión será “StatsScreen_Home_MainPicture”, una vez en la ventana a actualizar se inserta el objeto I/O Field en el espacio donde se quiera mostrar el valor que el ángulo de viraje irá adquiriendo.

Figura 104. HMI de cabina de operador



Fuente: Adaptado de la empresa, 2018.

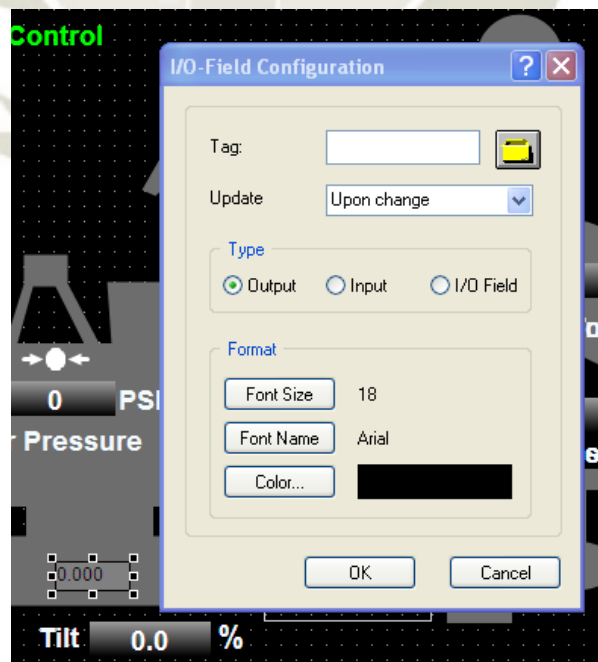
Figura 105. Implementación del ángulo de viraje en HMI cabina



Fuente: Adaptado de la empresa, 2018.

Se realiza la configuración de I/O Field, se asigna el nombre de la variable (tag) asociada al ángulo de viraje para mostrar en HMI (DB4300.DBW36.0), en el campo de actualización seleccionar Upon change y en el tipo, salida.

Figura 106. Configuración de I/O Field HMI cabina



Fuente: Adaptado de la empresa, 2018.

Se configura las propiedades del objeto creado.

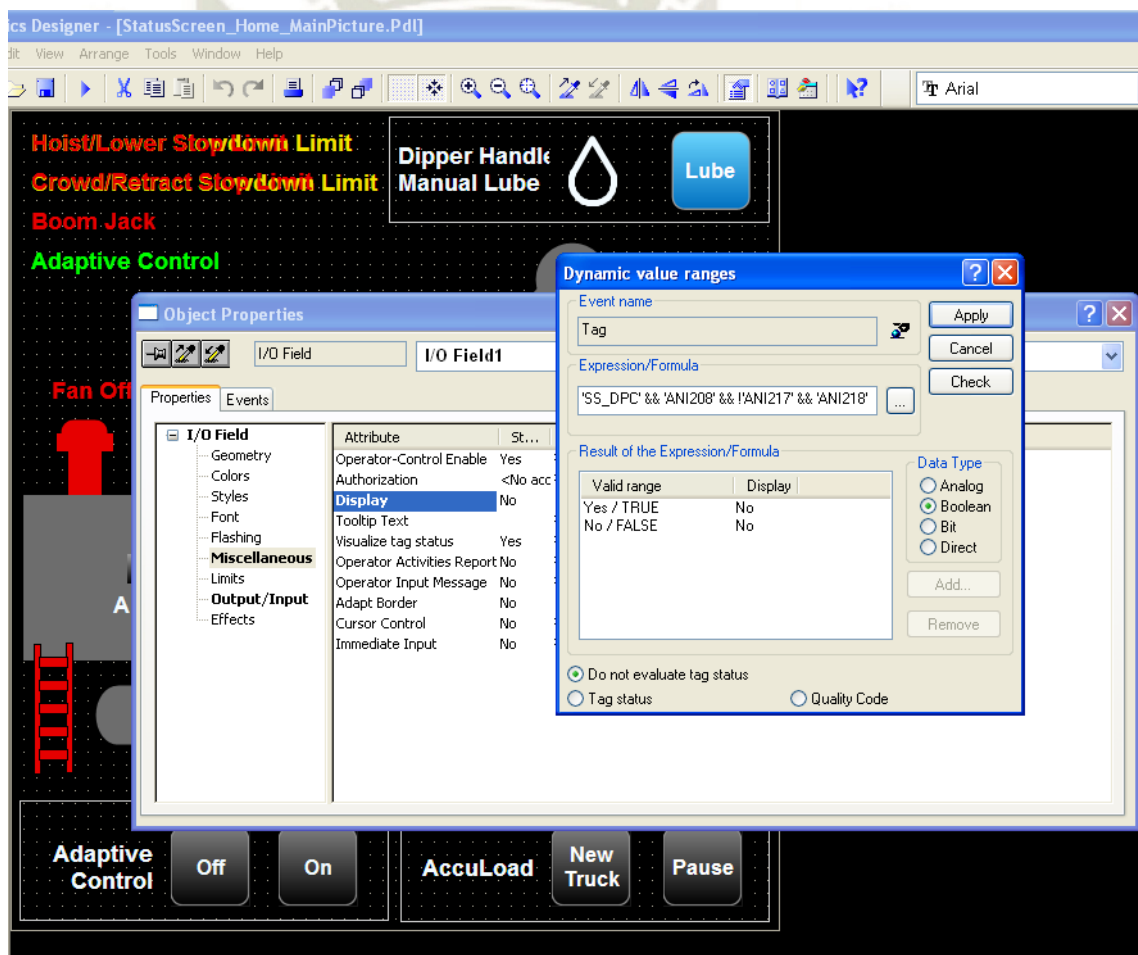
En otras propiedades (Miscellaneous):

- Display: NO.
- Dynamic – Expression/Formula: 'SS_DPC' && 'ANI208' && '!ANI217' && 'ANI218'.

En propiedades Output/Input:

- Output format: s99.

Figura 107. Configuración de propiedades de I/O Field HMI cabina



Fuente: Adaptado de la empresa, 2018.

4.4.2.2. Implementación de alarma CDA428 – Excesivo viraje

En el bloque de datos 1, DB1.DBX53.3 adicionar la alarma CDA428.

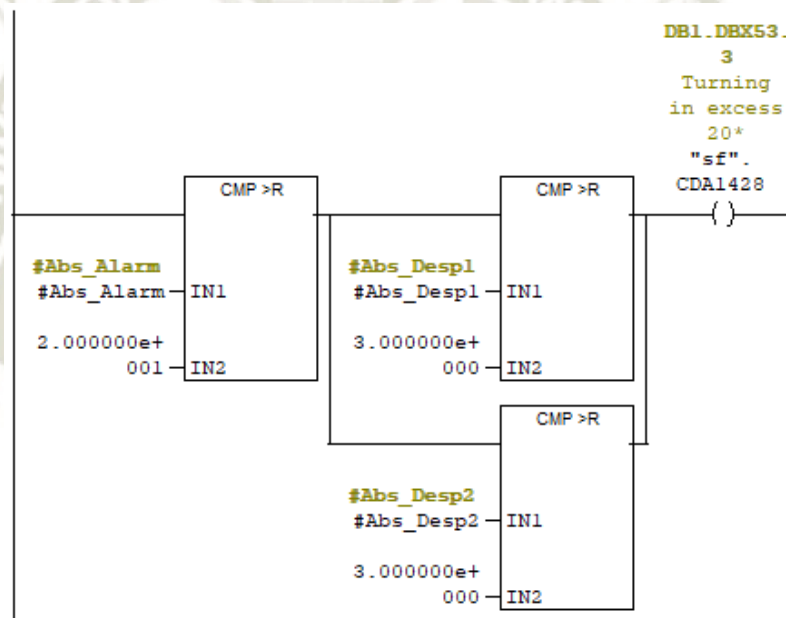
Figura 108. Alarma CDA428

UP - [DB1 -- "sf" -- 141508_g\SIMATIC 400(1)\CPU 416-2 DP\...\DB1]				
Edición Insertar Sistema de destino Test Ver Herramientas Ventana Ayuda				
+53.0	CDA1425	BOOL	FALSE	Approaching Grade Limit *141463 only*
+53.1	CDA1426	BOOL	FALSE	Reached Grade Limit *141463 only*
+53.2	CDA1427	BOOL	FALSE	Exceeded Grade Limit *141463 only*
+53.3	CDA1428	BOOL	FALSE	Turning in excess 20*
+53.4	CDA1429	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+53.5	CDA1430	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*

Fuente: Adaptado de la empresa, 2018.

Se agrega en la función creada FC4300 la lógica de activación cuando se presente un excesivo ángulo de viraje.

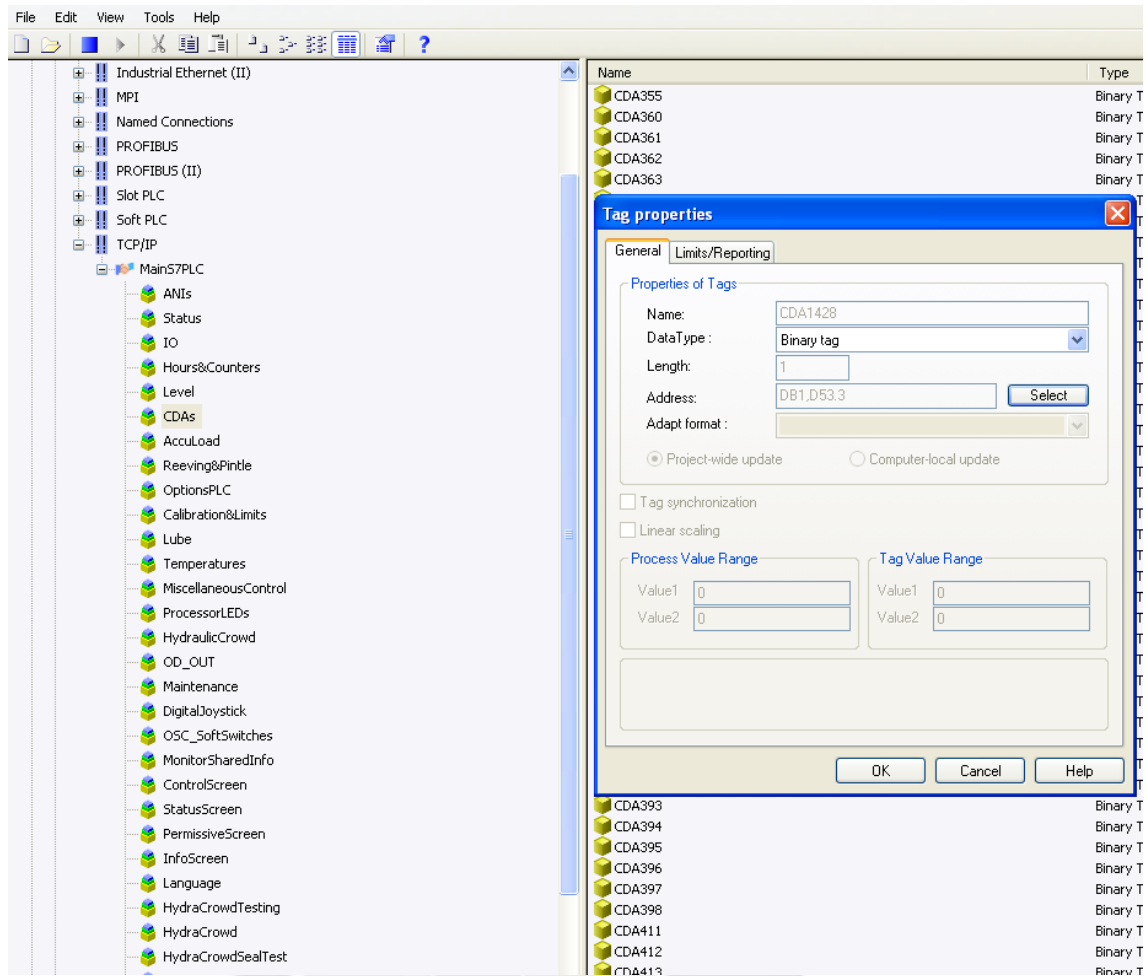
Figura 109. Alarma CDA428



Fuente: Adaptado de la empresa, 2018.

Se agrega la dirección de memoria de la alarma creada en el PLC como Tag en el WinCC.

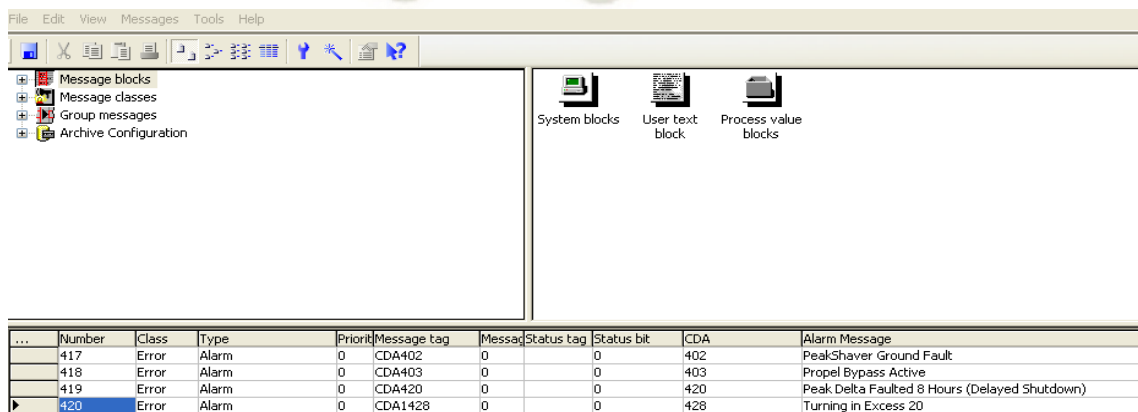
Figura 110. Alarma CDA1428 en Wincc



Fuente: Elaboración propia.

En Wincc-Alarm logging, Message blocks agregar el tag creado que se relaciona con la alarma CDA428.

Figura 111. Wincc-Alarm logging, alarma CDA428



Fuente: Elaboración propia.

De igual manera para visualizar la alarma tanto en español como en inglés se completa los textos en Text Library.

En cuanto a las alarmas de falla (ANF), estas no se mostrarán en el HMI del operador, solo son visualizadas en el HMI del mantenimiento.

4.5. EVALUACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

4.5.1. Evaluación del desempeño

4.5.1.1. *Indicadores de mantenimiento de clase mundial*

Minera las Bambas evalúa el desempeño de los equipos según su disponibilidad (mecánica, física) y confiabilidad (MTBF, MTTR). La determinación de éstos indicadores depende de las tareas y horas de mantenimiento invertidas en los distintos sistemas de la pala eléctrica y no sólo a uno. De esta manera, el impacto que puede tener el modelo generado para virajes excesivos, el cual aborda sólo a un sistema en específico (propulsión), probablemente no impacte significativamente a los indicadores de disponibilidad y confiabilidad, debido a que podrían fallar otros sistemas independientes a éste, como el sistema Hydracrowd, sistema de potencia o sistema de levante.

4.5.1.2. *Top 5 de mantenimiento*

De acuerdo a los resultados de la evaluación actual del top 5 de mantenimiento por sistemas, la pala eléctrica tuvo 34 paradas no programadas por fallas del sistema de propulsión, las cuales involucraron un total de 94 horas al año.

Adicionalmente, los resultados de la evaluación por evento del top 5 de mantenimiento por subsistema, evidenciaron que los subsistemas afectados directamente por excesivos ángulos de viraje, sumaron 10 paradas no programadas del equipo, 9 de las cuales estuvieron relacionadas a los subsistemas de zapatas, pasadores y bujes de cadena, y 1 parada concerniente a rueda guía, que suman en total 44 horas durante el año 2018.

Entonces, al implementar la señal analógica para evitar excesivos virajes en el sistema de propulsión, se elimina aproximadamente el 29% de paradas no programadas (por cantidad de eventos) y el 43.59% de tiempo generado por dichas paradas. Además, el costo que se ahorraría sería de S/ 3, 098,508 y en cuanto a las horas perdidas de producción por mantenimiento se evitaría 44 horas.

4.5.1.3. *Hotsheet UC (under carriage)*

En la evaluación del *hotsheet* de carrilería se verificó el desgaste de los componentes durante el año 2018 correspondientes a la cadena LH y RH de la SH001 Y SH002. Por ejemplo, en el caso de la pala SH001 lado LH (Tabla 10), el desgaste de la cadena lado LH de la pala SH001 es menor a lo estimado por su PCR de 25,000 horas, teniendo los desgastes mayores correspondientes al estiramiento de la cadena (*pitch chain pitch*) (88%) y el desgaste de la rueda dentada (*sprocket*) (77%), un desgaste muy por debajo del estimado en los casos de bujes de pines (*track pad pitch*) (63%) y del interior del alojamiento de las zapatas para los rodillos (*crawler roller path*) (55%), estos indicadores se repiten con ciertas variaciones en la evaluación de la cadena RH de SH001 (Tabla 11) y cadenas LH y RH de la pala SH002 (Tabla 12 y tabla 13). En todas las evaluaciones se obtuvo que los desgastes de las cadenas y rueda dentadas de los equipos, se encuentran dentro de los parámetros establecidos en su PCR, además se concluyó que las fallas correspondientes a los subsistemas de cadenas, rueda guía, pasadores y bujes de cadena durante el 2018 se debieron a una mala práctica operacional (excesivos virajes).

Con la señal analógica generada es posible prevenir estas fallas y/o desgastes prematuros, corrigiendo la mala práctica operacional del equipo durante su traslado.

4.5.2. Evaluación económica

Para la implementación de la señal analógica de ángulo de viraje es necesario incurrir en cierta inversión correspondiente a la mano de obra requerida para el diseño y puesta en marcha de la misma. Como se expone en la Tabla 24, esta inversión asciende a S/. 1,300 a razón de 40 horas hombre de personal de ingeniería especialista en el campo electromecánico y de técnicos electricistas.

Tabla 24. Inversión

Descripción	Tiempo (horas)	Personal	Cant	Horas hombre	Costo hora hombre (S/.)	Costo total (S/.)
Diseño	50 horas	Ing. Especialista electromecánico	1	50	S/. 40.00	S/. 2000.00
	40 horas	Téc. Electricista	2	80	S/. 20.00	S/. 1600.00
Implement.	20 horas	Ing. Especialista	1	20	S/. 40.00	S/. 800.00
	24 horas	Téc. Electricista	2	48	S/. 20.00	S/. 960.00
	4 horas	Planificador	1	4	S/. 40.00	S/. 160.00
	12 horas	Supervisor	1	12	S/. 40.00	S/. 480.00
Total horas	150 horas					
Total horas hombre				214		
Total costo						S/. 6000.00

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, la implementación de la solución propuesta en la presente tesis tiene el potencial de eliminar las paradas no programadas de una pala eléctrica originadas por mala operación de excesivo viraje, que como se analizó en el diagnóstico situacional, genera pérdidas económicas que ascienden a S/. 3,095,000. Por este motivo, esta solución tiene el potencial de eliminar las pérdidas económicas asociadas, es decir, de generar un ahorro económico de S/. 3,095,000.

CONCLUSIONES

- I. Se diseñó y generó una señal analógica de ángulo de viraje del sistema de propulsión de una pala eléctrica en la operación Las Bambas, utilizando un modelo matemático basado en el desplazamiento angular y el desplazamiento lineal del equipo.
- II. En la situación actual, se identificaron 34 fallas y 94 horas de paradas imprevistas por el sistema de transmisión de propulsión dentro de las cuales 10 fallas y 44 horas se encuentran relacionadas directamente con fallas por exceso de ángulo de viraje. Dichas fallas generaron un costo de reparación de S/. 3,095,000.
- III. Se estableció un modelo matemático que genera una señal analógica de ángulo de viraje, dicho modelo matemático considera las variables de: Desplazamiento angular, longitud de arco y radio de la oruga, distancia entre orugas, longitud de pala eléctrica y ángulo de viraje. Así mismo este modelo matemático tiene las siguientes consideraciones: Desplazamiento lineal mínimo 3 metros, dirección de desplazamiento: avance, reversa, contramarcha, longitud de la pala 28.21 metros, distancia entre orugas 8.9611 metros, radio de la rueda dentada 0.8 metros, relación de transmisión: 355.7:1, tasa de muestreo PLC: 0.05 s. El modelo matemático en mención se resume en la siguiente fórmula: $\alpha = (\theta_2 - \theta_1)5.1151^\circ$.
- IV. Se realizó la programación del software para la generación de una señal analógica de ángulo de viraje. Dicha programación fue implementada en STEP 7, además de ser simulada en Labview y se actualizaron los HMIs del operador y de mantenimiento con el software WINCC.
- V. Se estimó que la solución propuesta en la presente tesis no puede asegurar el incremento de los indicadores de mantenimiento de clase mundial: La disponibilidad, el tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio para reparar (MTTR); sin embargo, la generación de la señal analógica bajo las condiciones mencionadas si genera un impacto en el TOP 5 evaluado del sistema de transmisión de propulsión al reducir los eventos y horas de parada generados por los modos de falla relacionados a un exceso de viraje.

RECOMENDACIONES

- I. Utilizar la señal analógica de ángulo de viraje para generar analíticas basadas en los datos registrados, por ejemplo abuso de malas prácticas operativas relacionadas a contramarcha y/o excesivo ángulo de viraje por operador, contadores de eventos operativos (abuso de viraje, contramarchas) análisis de malas prácticas operativas para resolver temas de garantía ligados a sistema de propulsión.
- II. Realizar un análisis a los modos de falla restantes evaluados en el TOP 5 del año 2018 por ejemplo los constantes eventos durante el traslado del equipo realizado con Motivador, estos eventos impactan notablemente en la cantidad de fallas y tiempos de parada del equipo.
- III. Incluir señal y/o analíticas generadas a un sistema de monitoreo remoto en tiempo real para obtener beneficios para el cliente como para el fabricante del equipo, para de esta manera detectar posibles daños y condiciones anormales relacionados al mantenimiento del equipo.
- IV. Después de haber propuesto y evaluado el funcionamiento mecánico y electrónico de la pala CAT7495, las bases de la programación y simulación propuestas podrían ser aplicadas a las palas eléctricas P&H adecuando la programación a los software utilizados por esta marca.
- V. Utilizar la señal analógica generada y sus posibles analíticas para un seguimiento y análisis no solo del área de mantenimiento sino también por el área de operaciones, además se podría incluir en los programas de seguimiento y evaluación operativa brindados por el fabricante, por ejemplo ROM “Remote Operating Monitoring” de P&H.

BIBLIOGRAFIA

- Alcides, D. (2018). *Motor eléctrico en CA y pala eléctrica 4100XPC en la minera Cerro Verde Arequipa*. (Tesis de pregrado). Universidad Continental. Huancayo, Perú.
- Arata, A. (2014). *Ingeniería de confiabilidad: teoría y aplicación en proyectos de capital y en la operación de instalaciones industriales a través del enfoque R-MES*. Santiago de Chile, Chile: RIL editores.
- Bassanezi, R. *Modelación Matemática: Una antigua forma de investigación – Un nuevo método de enseñanza*. (32a ed.) Madrid, España.
- Bolton, W. (2015). *Programmable Logic Controlls* (6a ed.). Boston, Estados Unidos: Newnes.
- Corona, L.; Abarca, G. y Mares, J. (2014). *Sensores y actuadores. Aplicaciones con arduino*. Mexico D.F, Mexico: Editorial Patria S.A.
- Corrales, M. (2014). *Implementación del plan de mantenimiento a la flota de palas eléctricas TZ-WK12C en la unidad minera Shougang Hierro Perú S.A.A. con la finalidad de aumentar la disponibilidad*. (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo. Trujillo, Perú
- Fiscor, S. (2007). *Productivity considerations for shovels and excavators*. Recuperado el 04 abril de 2019 de <https://search.proquest.com/openview/b477e46d3052bda47b85331b392e0fde/1?pq-origsite=gscholar&cbl=39>
- Gaitán, C (2013). *Modelación matemática*. Recuperado el 04 abril de 2019 de https://issuu.com/inggaitan/docs/modelos_matematicos.pptx
- Gomez, G. (2017). *Disponibilidad de equipos auxiliares para optimizar la productividad en el carguío y acarreo de las fases 02,03 y 07 del tajo Constanca empresa especializada STRACOM GYM S.A.* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín). Arequipa, Perú

- Gutiérrez, M. e Itaurralde, S. (2017). *Fundamentos básicos de instrumentación y control - Series de textos académicos de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería*. Quito, Ecuador: Editorial UPSE.
- Huamaní, E. (2015). *Estudio comparativo de equipos bulldozer para identificar su producción y disponibilidad, en el proyecto Shahuindo. Cajabamba – Perú 2015*. (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte. Lima, Perú.
- Huancaya, C. (2014). *Mejora de la disponibilidad mecánica y confiabilidad operacional de una flota de cosechadoras de caña de azúcar de 40t/h de capacidad*. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Jiménez, R. (2010). *Matemáticas II. Geometría y trigonometría* (2a ed.). Juarez, México: Editorial Prentice Hall.
- López, C. y Ninacondor, C. (2017). *Mejora en la recuperación para la optimización de la vida útil de cucharón de 74YD³ de una pala P&H 4100XPC*. (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú.
- Merma, J. (2018). *Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM2) en las palas hidráulicas PC4000-6 Komatsu para el incremento de la disponibilidad*. (Trabajo de suficiencia profesional). Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa, Perú.
- Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo [MOPU]. (1998). *Trayectorias de giro de vehículos a baja velocidad*. Recuperado el 02 de abril de 2019 de <http://www.carreteros.org/normativa/trazado/otras/pdfs/trayectorias.pdf>
- MMG Limited. (2019). *Conociendo Las Bambas*. Recuperado el 11 de abril de 2019 de <http://www.lasbambas.com/conociendo-las-bambas>.
- Palo, E. (2017). *Plan de negocio para la implementación de una empresa de servicio de analítica de datos y monitoreo en línea de palas eléctricas para empresas mineras*. (Tesis de postgrado). Universidad ESAN. Lima, Perú.

- Real Academia Española [RAE]. (2014). *Diccionario de la Real Academia Española*. Madrid, España: Real Academia Española.
- Roldán, J. (2005). *Motores eléctricos – Automatismos de control* (9a Ed.). Madrid, España: Thomson Paraninfo.
- Sánchez, M. (2010). *Introducción a la confiabilidad y evaluación de riesgos. Teoría y aplicaciones en ingeniería* (2a Ed.) Santiago de Chile, Chile: Uniandes.
- SIEMENS. (2011). SIMATIC – WinCC – WinCC Basic V11. 0 SP1. Recuperado el 02 de abril de 2019 de http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/images/b/b8/WinCCBasic_v11.pdf
- Solis, R. (2013). *Estrategias de aseguramiento de disponibilidad de palas de cable de mina Radomiro Tomic*. (Tesis de maestría). Universidad de Chile. Santiago de Chile, Chile.
- Tanenbaum, A. y Whetherall, D. (2012). *Redes de computadoras* (5a ed.). Bogotá, Colombia: Pearson Educación.
- Torres, A. (2015). *Mantenimiento predictivo para una pala CAT 7495*. (Informe de suficiencia profesional). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
- Universidad Politécnica de Madrid [UPM]. (2016). *Entorno Simatic Manager para Step7*. Recuperado el 02 de abril de 2019 de http://www.elai.upm.es/moodle/pluginfile.php/1073/mod_resource/content/0/EntornoSimaticManager.pdf
- Wonderware. (2019). *¿Qué es SCADA?*. Recuperado el 02 de abril de 2019 de <https://www.wonderware.es/hmi-scada/que-es-scada/>

ANEXOS

ANEXO 1. PROGRAMACIÓN DEL PLC – BLOQUE DB1

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
0.0		STRUCT		
+0.0	CDA1001	BOOL	FALSE	PLC Program Failure
+0.1	CDA1002	BOOL	FALSE	PLC Setpoints Loaded From Flash
+0.2	CDA1003	BOOL	FALSE	PLC Processor Battery Backup Failure
+0.3	CDA1004	BOOL	FALSE	PLC Node 2 (Crowd) Fault
+0.4	CDA1005	BOOL	FALSE	PLC Node 3 (Hoist) Fault
+0.5	CDA1006	BOOL	FALSE	PLC Node 4 (Lube) Fault
+0.6	CDA1007	BOOL	FALSE	PLC Node 5 (MCC) Fault
+0.7	CDA1008	BOOL	FALSE	PLC Node 6 (Operator's Cab) Fault
+1.0	CDA1009	BOOL	FALSE	PLC Node 7 (Siemens Skid) Fault
+1.1	CDA1010	BOOL	FALSE	PLC Node 8 (Auxiliary Cabinet) Fault
+1.2	CDA1011	BOOL	FALSE	Operator's Display Fault
+1.3	CDA1012	BOOL	FALSE	PLD Node 10 (Bearing Temperature) Fault
+1.4	CDA1013	BOOL	FALSE	PLC Node 2 (Crowd) High Temperature
+1.5	CDA1014	BOOL	FALSE	PLC Node 3 (Hoist) High Temperature
+1.6	CDA1015	BOOL	FALSE	PLC Node 4 (Lube) High Temperature
+1.7	CDA1016	BOOL	FALSE	PLC Node 5 (MCC) High Temperature
+2.0	CDA1017	BOOL	FALSE	PLC Node 6 (Operator's Cab) High Temperature
+2.1	CDA1018	BOOL	FALSE	PLC Node 7 (Siemens Skid) High Temperature
+2.2	CDA1019	BOOL	FALSE	PLC Node 8 (Auxiliary Cabinet) High Temperature
+2.3	CDA1020	BOOL	FALSE	PLD Node 10 (Bearing Temperature) High Temperature
+2.4	CDA1021	BOOL	FALSE	PLC Node 2 (Crowd) Low Temperature
+2.5	CDA1022	BOOL	FALSE	PLC Node 3 (Hoist) Low Temperature
+2.6	CDA1023	BOOL	FALSE	PLC Node 4 (Lube) Low Temperature
+2.7	CDA1024	BOOL	FALSE	PLC Node 5 (MCC) Low Temperature
+3.0	CDA1025	BOOL	FALSE	PLC Node 6 (Operator's Cab) Low Temperature
+3.1	CDA1026	BOOL	FALSE	PLC Node 7 (Siemens Skid) Low Temperature
+3.2	CDA1027	BOOL	FALSE	PLC Node 8 (Auxiliary Cabinet) Low Temperature
+3.3	CDA1028	BOOL	FALSE	PLC Node 10 (Bearing Temperature) Low Temperature
+3.4	CDA1029	BOOL	FALSE	PLC Node 2 (Crowd) Analog I/O Fault
+3.5	CDA1030	BOOL	FALSE	PLC Node 3 (Hoist) Analog I/O Fault
+3.6	CDA1031	BOOL	FALSE	PLC Node 4 (Lube) Analog I/O Fault
+3.7	CDA1032	BOOL	FALSE	PLC Node 5 (MCC) Analog I/O Fault
+4.0	CDA1033	BOOL	FALSE	PLC Node 6 (Operator's Cab) Analog I/O Fault
+4.1	CDA1034	BOOL	FALSE	PLC Node 7 (Siemens Skid) Analog I/O Fault
+4.2	CDA1035	BOOL	FALSE	PLC Node 10 (Bearing Temperature) Analog I/O Fault
+4.3	CDA1036	BOOL	FALSE	PLC Node 11 (Drum Control) Fault
+4.4	CDA1037	BOOL	FALSE	PLC Node 11 (Drum Control) High Temperature
+4.5	CDA1038	BOOL	FALSE	PLC Node 11 (Drum Control) Low Temperature
+4.6	CDA1039	BOOL	FALSE	PLC Node 11 (Drum Control) Analog I/O Fault
+4.7	CDA1040	BOOL	FALSE	Lube System A1 Low Pressure Fault

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
+5.0	CDA1041	BOOL	FALSE	Lube System A2 Low Pressure Fault
+5.1	CDA1042	BOOL	FALSE	Lube System B1 Low Pressure Fault
+5.2	CDA1043	BOOL	FALSE	Lube System B2 Low Pressure Fault
+5.3	CDA1044	BOOL	FALSE	Lube System C1 Low Pressure Fault
+5.4	CDA1045	BOOL	FALSE	Lube System C2 Low Pressure Fault
+5.5	CDA1046	BOOL	FALSE	Lube System A1 Vent Fault
+5.6	CDA1047	BOOL	FALSE	Lube System A2 Vent Fault
+5.7	CDA1048	BOOL	FALSE	Lube System B1 Vent Fault
+6.0	CDA1049	BOOL	FALSE	Lube System B2 Vent Fault
+6.1	CDA1050	BOOL	FALSE	Lube System C1 Vent Fault
+6.2	CDA1051	BOOL	FALSE	Lube System C2 Vent Fault
+6.3	CDA1052	BOOL	FALSE	Lube System A1 Power Off
+6.4	CDA1053	BOOL	FALSE	Lube System A2 Power Off
+6.5	CDA1054	BOOL	FALSE	Lube System B1 Power Off
+6.6	CDA1055	BOOL	FALSE	Lube System B2 Power Off
+6.7	CDA1056	BOOL	FALSE	Lube System C1 Power Off
+7.0	CDA1057	BOOL	FALSE	Lube System C2 Power Off
+7.1	CDA1058	BOOL	FALSE	Lube System Fault With Reduced Reference
+7.2	CDA1059	BOOL	FALSE	PLC Node 13 (Power Monitor) Fault
+7.3	CDA1060	BOOL	FALSE	Boarding Ladder Fault
+7.4	CDA1061	BOOL	FALSE	Low Air Pressure Fault
+7.5	CDA1062	BOOL	FALSE	Air Compressor Fault
+7.6	CDA1063	BOOL	FALSE	Hoist Motor Blower Control Fault
+7.7	CDA1064	BOOL	FALSE	Swing Motor #1 Blower Control Fault
+8.0	CDA1065	BOOL	FALSE	Swing Motor #2 Blower Control Fault
+8.1	CDA1066	BOOL	FALSE	Crowd Motor Blower Control Fault
+8.2	CDA1067	BOOL	FALSE	Propel Motor Blower Control Fault
+8.3	CDA1068	BOOL	FALSE	Dipper Trip Control Fault
+8.4	CDA1069	BOOL	FALSE	Front Intake Fan #1 Control Fault
+8.5	CDA1070	BOOL	FALSE	Front Intake Fan #2 Control Fault
+8.6	CDA1071	BOOL	FALSE	Rear Intake Fan Control Fault
+8.7	CDA1072	BOOL	FALSE	Swing #1 Oil Pump Motor Control Fault
+9.0	CDA1073	BOOL	FALSE	Swing #2 Oil Pump Motor Control Fault
+9.1	CDA1074	BOOL	FALSE	Swing Gearcase #1 Low Oil Flow
+9.2	CDA1075	BOOL	FALSE	Swing Gearcase #2 Low Oil Flow
+9.3	CDA1076	BOOL	FALSE	PLC Node 12 (Accuload) Fault
+9.4	CDA1077	BOOL	FALSE	PLC Node 12 (Accuload) High Temperature
+9.5	CDA1078	BOOL	FALSE	PLC Node 12 (Accuload) Low Temperature
+9.6	CDA1079	BOOL	FALSE	PLC Node 12 (Accuload) Analog I/O Fault
+9.7	CDA1080	BOOL	FALSE	Fire Suppression System Trouble Shutdown
+10.0	CDA1081	BOOL	FALSE	Fire Suppression System Trouble
+10.1	CDA1082	BOOL	FALSE	Hoist Masterswitch Out of Calibration
+10.2	CDA1083	BOOL	FALSE	Crowd Masterswitch Out of Calibration
+10.3	CDA1084	BOOL	FALSE	Swing Masterswitch Out of Calibration
+10.4	CDA1085	BOOL	FALSE	Auxiliary Power Ground Fault
+10.5	CDA1086	BOOL	FALSE	Phase Sequence Loss / Unbalance Fault
+10.6	CDA1087	BOOL	FALSE	Drive Power Transformer 1 Overtemp. Warning
+10.7	CDA1088	BOOL	FALSE	Control Room 10-Kay Fault
+11.0	CDA1089	BOOL	FALSE	Dipper Trip / Horn masterswitch out of calibration.
+11.1	CDA1090	BOOL	FALSE	Hoist Slack Rope Fault

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
+11.2	CDA1091	BOOL	FALSE	Control Cabinet Fan Contactor fault
+11.3	CDA1092	BOOL	FALSE	Hoist Gearcase Transmitter Failure; Value is out of range
+11.4	CDA1093	BOOL	FALSE	Hoist Gearcase Clogged Oil Pressure Filter
+11.5	CDA1094	BOOL	FALSE	Hoist Gearcase Clogged Suction Line Oil Filter
+11.6	CDA1095	BOOL	FALSE	Hoist Case 1st Stage Clogged Suction Line Oil Filter
+11.7	CDA1096	BOOL	FALSE	Hoist Case 2nd Stage Clogged Suction Line Oil Filter
+12.0	CDA1097	BOOL	FALSE	Hoist Gearcase Clogged Pressure Line Spin-on Oil Filter
+12.1	CDA1098	BOOL	FALSE	Hoist Gearcase Clogged Pressure Manifold Oil Filter
+12.2	CDA1099	BOOL	FALSE	Dipper Trip Motor Overload Warning
+12.3	CDA1100	BOOL	FALSE	Hoist Drum Left Hand Bearing High Temperature
+12.4	CDA1101	BOOL	FALSE	Hoist Drum Right Hand Bearing High Temperature
+12.5	CDA1102	BOOL	FALSE	Hoist Input Inner Bearing High Temperature
+12.6	CDA1103	BOOL	FALSE	Hoist Input Outer Bearing High Temperature
+12.7	CDA1104	BOOL	FALSE	Hoist Int. Shaft Inner Bearing High Temperature
+13.0	CDA1105	BOOL	FALSE	Hoist Int. Shaft Outer Bearing High Temperature
+13.1	CDA1106	BOOL	FALSE	Hoist Motor Right Hand Bearing High Temperature
+13.2	CDA1107	BOOL	FALSE	Hoist Motor Left Hand Bearing High Temperature
+13.3	CDA1108	BOOL	FALSE	Swing Gearcase 1 Front Bearing High Temperature
+13.4	CDA1109	BOOL	FALSE	Swing Gearcase 1 Aft Bearing High Temperature
+13.5	CDA1110	BOOL	FALSE	Swing Motor 1 Upper Bearing High Temperature
+13.6	CDA1111	BOOL	FALSE	Swing Motor 1 Lower Bearing High Temperature
+13.7	CDA1112	BOOL	FALSE	Swing Gearcase 2 Front Bearing High Temperature
+14.0	CDA1113	BOOL	FALSE	Swing Gearcase 2 Aft Bearing High Temperature
+14.1	CDA1114	BOOL	FALSE	Swing Motor 2 Upper Bearing High Temperature
+14.2	CDA1115	BOOL	FALSE	Swing Motor 2 Lower Bearing High Temperature
+14.3	CDA1116	BOOL	FALSE	Crowd Drum Right Hand Bearing High Temperature
+14.4	CDA1117	BOOL	FALSE	Crowd Drum Left Hand Bearing High Temperature
+14.5	CDA1118	BOOL	FALSE	Crowd Input Inner Bearing High Temperature
+14.6	CDA1119	BOOL	FALSE	Crowd Input Outer Bearing High Temperature
+14.7	CDA1120	BOOL	FALSE	Crowd 1st Int. Inner Bearing High Temperature
+15.0	CDA1121	BOOL	FALSE	Crowd 1st Int. Outer Bearing High Temperature
+15.1	CDA1122	BOOL	FALSE	Crowd 2nd Int. Inner Bearing High Temperature
+15.2	CDA1123	BOOL	FALSE	Crowd 2nd Int. Outer Bearing High Temperature
+15.3	CDA1124	BOOL	FALSE	Crowd Motor Right Hand Bearing High Temperature
+15.4	CDA1125	BOOL	FALSE	Crowd Motor Left Hand Bearing High Temperature
+15.5	CDA1126	BOOL	FALSE	Hoist Gearcase Upper Pinion Bearing High Temperature
+15.6	CDA1127	BOOL	FALSE	Hoist Gearcase Lower Pinion Bearing High Temperature
+15.7	CDA1128	BOOL	FALSE	Thermocouple Failure, Value Overrange
+16.0	CDA1129	BOOL	FALSE	Hoist Gearcase Vacuum Transmitter Failure Warning
+16.1	CDA1130	BOOL	FALSE	Drive System Fault (See Maintenance Station)
+16.2	CDA1131	BOOL	FALSE	Drive Warning (See Maintenance Station)
+16.3	CDA1132	BOOL	FALSE	Motor Temperature Warning (See Maintenance Station)
+16.4	CDA1133	BOOL	FALSE	Motor Temperature Shutdown (See Maintenance Station)
+16.5	CDA1134	BOOL	FALSE	Drive Temperature Warning (See Maintenance Station)
+16.6	CDA1135	BOOL	FALSE	Brake Fault (See Maintenance Station)
+16.7	CDA1136	BOOL	FALSE	Brake Limit Disabled (See Maintenance Station)
+17.0	CDA1137	BOOL	FALSE	Brakes Not Set With Control Off
+17.1	CDA1138	BOOL	FALSE	Tachometer Fault (See Maintenance Station)
+17.2	CDA1139	BOOL	FALSE	Encoder Fault (See Maintenance Station)
+17.3	CDA1140	BOOL	FALSE	Line Fault (See Maintenance Station)

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
+17.4	CDA1141	BOOL	FALSE	Limit Out of Range
+17.5	CDA1142	BOOL	FALSE	Hoist Masterswitch Misalignment (No HMI Display)
+17.6	CDA1143	BOOL	FALSE	Swing Masterswitch Misalignment (No HMI Display)
+17.7	CDA1144	BOOL	FALSE	Crowd Masterswitch Misalignment (No HMI Display)
+18.0	CDA1145	BOOL	FALSE	Swing Masterswitch Loss
+18.1	CDA1146	BOOL	FALSE	Motion Limit Disable Jumper (No HMI Display)
+18.2	CDA1147	BOOL	FALSE	Movement with Power Off (No HMI Display)
+18.3	CDA1148	BOOL	FALSE	Hardware ISTR Timer Malfunction (No HMI Display)
+18.4	CDA1149	BOOL	FALSE	Hoist Fault (See Maintenance Station)
+18.5	CDA1150	BOOL	FALSE	Crowd Fault (See Maintenance Station)
+18.6	CDA1151	BOOL	FALSE	Swing Fault (See Maintenance Station)
+18.7	CDA1152	BOOL	FALSE	Propel 1 Fault (See Maintenance Station)
+19.0	CDA1153	BOOL	FALSE	Propel 2 Fault (See Maintenance Station)
+19.1	CDA1154	BOOL	FALSE	Dipper Trip Contactor Fault
+19.2	CDA1155	BOOL	FALSE	Hoist Gearcase Oil Pump Motor Fault
+19.3	CDA1156	BOOL	FALSE	Hoist Gearcase Radiator Fan Motor 1 Fault
+19.4	CDA1157	BOOL	FALSE	Hoist Gearcase Radiator Fan Motor 2 Fault
+19.5	CDA1158	BOOL	FALSE	Hoist Gearcase Oil Temperature Warning
+19.6	CDA1159	BOOL	FALSE	Hoist Gearcase Oil Temperature Fault
+19.7	CDA1160	BOOL	FALSE	Hoist Gearcase Low Oil Pressure Fault
+20.0	CDA1161	BOOL	FALSE	Hoist Gearcase RTD Failure; value out of range
+20.1	CDA1162	BOOL	FALSE	Drive Power Transformer 1 Cooling Fan Motor Fault
+20.2	CDA1163	BOOL	FALSE	Drive power transformer 1 over temp. shutdown
+20.3	CDA1164	BOOL	FALSE	Left Front Swing Shaft Limit Switch Fault
+20.4	CDA1165	BOOL	FALSE	Left Rear Swing Shaft Limit Switch Fault
+20.5	CDA1166	BOOL	FALSE	Right Front Swing Shaft Limit Switch Fault
+20.6	CDA1167	BOOL	FALSE	Right Rear Swing Shaft Limit Switch Fault
+20.7	CDA1168	BOOL	FALSE	Swing Shaft Limit Switches Disabled
+21.0	CDA1169	BOOL	FALSE	Drive Power Transformer 2 Overtemp. Warning
+21.1	CDA1170	BOOL	FALSE	Drive power transformer 2 over temp. shutdown
+21.2	CDA1171	BOOL	FALSE	DRIVE POWER TRANSFORMER 2 COOLING FAN MOTOR FAULT
+21.3	CDA1172	BOOL	FALSE	Swing #1 Low Oil Level
+21.4	CDA1173	BOOL	FALSE	Swing #2 Low Oil Level
+21.5	CDA1174	BOOL	FALSE	Hoist Gearcase Oil Pressure Warning
+21.6	CDA1175	BOOL	FALSE	Motor Bearing RTD Failure; Value is overrange
+21.7	CDA1176	BOOL	FALSE	Lube System A2 End of Line Pressure Fault
+22.0	CDA1177	BOOL	FALSE	Lube System C2 End of Line Pressure Fault
+22.1	CDA1178	BOOL	FALSE	Line UnderFrequency Fault
+22.2	CDA1179	BOOL	FALSE	Swing Gearcase 1 Clogged Oil Filter Warning
+22.3	CDA1180	BOOL	FALSE	Swing Gearcase 2 Clogged Oil Filter Warning
+22.4	CDA1181	BOOL	FALSE	Motor Overtemperature Shutdown While Reeving
+22.5	CDA1182	BOOL	FALSE	Machine out of Level Warning
+22.6	CDA1183	BOOL	FALSE	Reeving Winch #1 Fault
+22.7	CDA1184	BOOL	FALSE	Reeving Winch #2 Fault
+23.0	CDA1185	BOOL	FALSE	Hoist Roller Lube System Low Pressure Fault
+23.1	CDA1186	BOOL	FALSE	Hoist Roller Lube System Vent Pressure Fault
+23.2	CDA1187	BOOL	FALSE	Hoist Roller Lube System Power Off Fault
+23.3	CDA1188	BOOL	FALSE	Swing gear case #1 oil flow switch fault
+23.4	CDA1189	BOOL	FALSE	Swing gear case #2 oil flow switch fault
+23.5	CDA1190	BOOL	FALSE	PLC Node 14 (Hydraulic Crowd) Fault (Shutdown)
+23.6	CDA1191	BOOL	FALSE	PLC Node 14 (Hydraulic Crowd) High Temperature (Delayed Shutdown)

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
+23.7	CDA1192	BOOL	FALSE	PLC Node 14 (Hydraulic Crowd) Low Temperature (Delayed Shutdown)
+24.0	CDA1193	BOOL	FALSE	PLC Node 14 (Hydraulic Crowd) Analog I/O Fault (Shutdown)
+24.1	CDA1194	BOOL	FALSE	Hydraulic Crowd Oil Circulation Filter Clogged (Warning 48 hr. to Shutdown)
+24.2	CDA1195	BOOL	FALSE	High Hydraulic Oil Level (Shutdown)
+24.3	CDA1196	BOOL	FALSE	Low Hydraulic Oil Level (Shutdown)
+24.4	CDA1197	BOOL	FALSE	Low Hydraulic Oil Level (Warning)
+24.5	CDA1198	BOOL	FALSE	High Hydraulic Oil Temperature (Delayed Shutdown)
+24.6	CDA1199	BOOL	FALSE	Hydraulic Tank Isolated Fault (Shutdown)
+24.7	CDA1200	BOOL	FALSE	Hydraulic Crowd Lube PDT High Temperature (Warning)
+25.0	CDA1201	BOOL	FALSE	Hydraulic Crowd Lube PDT High Temperature (Shutdown)
+25.1	CDA1202	BOOL	FALSE	PLC Node 15 (Hydraulic Crowd Encoder) Fault (Reduced Reference)
+25.2	CDA1203	BOOL	FALSE	Crowd Line Pressure Transducer Fault (Shutdown)
+25.3	CDA1204	BOOL	FALSE	Retract Line Pressure Transducer Fault (Shutdown)
+25.4	CDA1205	BOOL	FALSE	Crowd Position Sensor Fault (Reduced Reference)
+25.5	CDA1206	BOOL	FALSE	Hydraulic Oil Temperature Lower Sensor Fault (Shutdown)
+25.6	CDA1207	BOOL	FALSE	Lube Pump Gearcase Temp. Sensor Fault (Shutdown)
+25.7	CDA1208	BOOL	FALSE	Crowd Limit Disable Jumper is Installed (Warning)
+26.0	CDA1209	BOOL	FALSE	Hoist Limit Disable Jumper is Installed (Warning)
+26.1	CDA1210	BOOL	FALSE	Crowd High Pressure Filter 1 Clogged (Warning)
+26.2	CDA1211	BOOL	FALSE	Hydraulic Oil Immersion Heater Upper Tank Control Fault. (Warning)
+26.3	CDA1212	BOOL	FALSE	Hydraulic Oil Circulation Pump Control Fault. (Delayed Shutdown)
+26.4	CDA1213	BOOL	FALSE	Hydraulic System Cooler Control Fault. (Delayed Shutdown)
+26.5	CDA1214	BOOL	FALSE	Cylinder Manifold Low Temperature Crowd Performance Reduced! (Warning)
+26.6	CDA1215	BOOL	FALSE	Lube Pump Control Fault. (Delayed Shutdown)
+26.7	CDA1216	BOOL	FALSE	PLC Forces Active (Warning)
+27.0	CDA1217	BOOL	FALSE	Hydraulic Crowd Lube PDT Low Pressure (Shutdown)
+27.1	CDA1218	BOOL	FALSE	Lube Pump Gearcase Pressure Sensor Fault (Shutdown)
+27.2	CDA1219	BOOL	FALSE	High Hydraulic Temperature (Warning)
+27.3	CDA1220	BOOL	FALSE	Hydraulic Oil Temperature Upper Sensor Fault. (Shutdown)
+27.4	CDA1221	BOOL	FALSE	Fire Sys. #01 - Main House & Operator's Cab (Reserved)
+27.5	CDA1222	BOOL	FALSE	Fire Sys. #02 - IGBT Cabinet (Reserved)
+27.6	CDA1223	BOOL	FALSE	Fire Sys. #03 - IGBT Cabinet - Suppression Released (Reserved)
+27.7	CDA1224	BOOL	FALSE	Fire Sys. #04 - MCC Cabinets 1 thru 7 (Reserved)
+28.0	CDA1225	BOOL	FALSE	Fire Sys. #05 - MCC Cab.1 thru 7 - Suppression Released (Reserved)
+28.1	CDA1226	BOOL	FALSE	Fire Sys. #06 - MCC Cabinet 8 (Reserved)
+28.2	CDA1227	BOOL	FALSE	Fire Sys. #07 - MCC Cabinet 8 - Suppression Released (Reserved)
+28.3	CDA1228	BOOL	FALSE	Fire Sys. #08 - Utility Room (Reserved)
+28.4	CDA1229	BOOL	FALSE	Fire Sys. #09 - Lube Room (Reserved)
+28.5	CDA1230	BOOL	FALSE	Fire Sys. #10 - Shovel Shutdown By-passed (Reserved)
+28.6	CDA1231	BOOL	FALSE	Fire Sys. #11 - Fire Alarm System Trouble (Reserved)
+28.7	CDA1232	BOOL	FALSE	Fire Sys. #12 - General Fire Alarm (Reserved)
+29.0	CDA1233	BOOL	FALSE	Fire Sys. #13 - Revolving Frame (Reserved)
+29.1	CDA1234	BOOL	FALSE	Fire Sys. #14 - Rev. Frame - Suppression Released (Reserved)
+29.2	CDA1235	BOOL	FALSE	Fire Sys. #15 - Low Voltage Slip Rings (Reserved)
+29.3	CDA1236	BOOL	FALSE	Fire Sys. #16 - Low Volt. Rings - Suppression Released (Reserved)
+29.4	CDA1237	BOOL	FALSE	Fire Sys. #17 - High Voltage Slip Rings (Reserved)
+29.5	CDA1238	BOOL	FALSE	Fire Sys. #18 - High Volt. Rings - Suppression Released (Reserved)
+29.6	CDA1239	BOOL	FALSE	Under Frequency Relay Out of Service (Reserved)
+29.7	CDA1240	BOOL	FALSE	Line Voltage Selector Discrepancy
+30.0	CDA1241	BOOL	FALSE	Hydraulic Crowd Oil Circulation Filter Clogged (Warning 2 hr. to Shutdown)

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
+30.1	CDA1242	BOOL	FALSE	Hydraulic Crowd Oil Circulation Filter Clogged (Delayed Shutdown)
+30.2	CDA1243	BOOL	FALSE	Cylinder Manifold Oil Temperature Transducer Fault. (Shutdown)
+30.3	CDA1244	BOOL	FALSE	Pump Case Drain Monitor 1 Sensor Fault. (Shutdown)
+30.4	CDA1245	BOOL	FALSE	Pump Case Drain Monitor 2 Sensor Fault. (Shutdown)
+30.5	CDA1246	BOOL	FALSE	Pump Case Drain Monitor 3 Sensor Fault. (Shutdown)
+30.6	CDA1247	BOOL	FALSE	Pump Case Drain Monitor 4 Sensor Fault. (Shutdown)
+30.7	CDA1248	BOOL	FALSE	Hydraulic Oil Contamination Monitor Sensor Fault. (Shutdown)
+31.0	CDA1249	BOOL	FALSE	Return Filter Sensor Fault. (Shutdown)
+31.1	CDA1250	BOOL	FALSE	Cylinder Manifold Outlet Pressure Transducer Fault. (Shutdown)
+31.2	CDA1251	BOOL	FALSE	Any Testing Equipment Sensors Fault. (Warning)
+31.3	CDA1252	BOOL	FALSE	Operator Display UPS (Uninterrupted Power Supply) Battery Low (Warning)
+31.4	CDA1253	BOOL	FALSE	Operator Display UPS (Uninterrupted Power Supply) Alarm (Warning)
+31.5	CDA1254	BOOL	FALSE	Operator Display Running on UPS (Uninterrupted Power Supply) Battery (Warning)
+31.6	CDA1255	BOOL	FALSE	Crowd Gearcase Oil Level Low Fault (Delayed Shutdown)
+31.7	CDA1256	BOOL	FALSE	"Rocky" Shutdown Alarm
+32.0	CDA1257	BOOL	FALSE	Service Hydraulic Crowd Pump 1 Soon (Warning)
+32.1	CDA1258	BOOL	FALSE	Service Hydraulic Crowd Pump 2 Soon (Warning)
+32.2	CDA1259	BOOL	FALSE	Service Hydraulic Crowd Pump 3 Soon (Warning)
+32.3	CDA1260	BOOL	FALSE	Service Hydraulic Crowd Pump 4 Soon (Warning)
+32.4	CDA1261	BOOL	FALSE	Hydraulic Crowd Pump 1 Disabled. Repair Required.(Warning)
+32.5	CDA1262	BOOL	FALSE	Hydraulic Crowd Pump 2 Disabled. Repair Required.(Warning)
+32.6	CDA1263	BOOL	FALSE	Hydraulic Crowd Pump 3 Disabled. Repair Required.(Warning)
+32.7	CDA1264	BOOL	FALSE	Hydraulic Crowd Pump 4 Disabled. Repair Required.(Warning)
+33.0	CDA1265	BOOL	FALSE	Hydraulic Crowd Pump Failed (Delayed Shutdown)
+33.1	CDA1266	BOOL	FALSE	2 Or More Hydraulic Crowd Pumps Failed (Delayed Shutdown)
+33.2	CDA1267	BOOL	FALSE	Hydraulic Crowd Running On Only 3 Pumps (Reduced Performance)
+33.3	CDA1268	BOOL	FALSE	PCDM1 Zero Flow Condition.(Warning)
+33.4	CDA1269	BOOL	FALSE	PCDM2 Zero Flow Condition.(Warning)
+33.5	CDA1270	BOOL	FALSE	PCDM3 Zero Flow Condition.(Warning)
+33.6	CDA1271	BOOL	FALSE	PCDM4 Zero Flow Condition.(Warning)
+33.7	CDA1272	BOOL	FALSE	Pump Manifold Outlet Overpressure. (Shutdown)
+34.0	CDA1273	BOOL	FALSE	Cylinder Rod End Overpressure. (Warning)
+34.1	CDA1274	BOOL	FALSE	Cylinder Rod End Overpressure. (Shutdown)
+34.2	CDA1275	BOOL	FALSE	Cylinder Manifold Outlet Overpressure. (Shutdown)
+34.3	CDA1276	BOOL	FALSE	Return Line Overpressure. (Shutdown)
+34.4	CDA1277	BOOL	FALSE	Cold Weather Warmup. (Shutdown)
+34.5	CDA1278	BOOL	FALSE	Incorrect Torque Curve Feedback (Warning)
+34.6	CDA1279	BOOL	FALSE	Hydraulic Oil Overfill Condition Allow Extend Only (Warning)
+34.7	CDA1280	BOOL	FALSE	Pump Failure-Restart with Reduced Crowd Speed.
+35.0	CDA1281	BOOL	FALSE	Pump Manifold Outlet Pressure Transducer Fault
+35.1	CDA1282	BOOL	FALSE	Boom Jack While in Warm Up Mode Fault
+35.2	CDA1283	BOOL	FALSE	Hydraulic Oil Cooler Control Valve Failure (HOCP Shutdown)
+35.3	CDA1284	BOOL	FALSE	Hydraulic Oil Immersion Heater Lower Tank Control Fault. (Warning)
+35.4	CDA1285	BOOL	FALSE	Upper Tank Heater At Overtemp Not Shutoff. (Warning)
+35.5	CDA1286	BOOL	FALSE	Lower Tank Heater At Overtemp Not Shutoff. (Warning)
+35.6	CDA1287	BOOL	FALSE	Sleeve House Contact Limit Switch Tripped Hoist Stopped. (Motion Limit)
+35.7	CDA1288	BOOL	FALSE	Over Pressure Retry Count Exceeded While In Warm Up. (Shutdown)
+36.0	CDA1289	BOOL	FALSE	Donaldson Conveyor Motor 1 Control Fault
+36.1	CDA1290	BOOL	FALSE	Donaldson Conveyor Motor 2 Control Fault
+36.2	CDA1291	BOOL	FALSE	Donaldson-Torit Filtration System Fault
+36.3	CDA1292	BOOL	FALSE	Machine Drive Pump Motor Control Fault

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
+36.4	CDA1293	BOOL	FALSE	Machine Drive Heat Exchanger Motor Control Fault
+36.5	CDA1294	BOOL	FALSE	Left Hand X Axis Master Switch Differential Signal Fault
+36.6	CDA1295	BOOL	FALSE	Left Hand Y Axis Master Switch Differential Signal Fault
+36.7	CDA1296	BOOL	FALSE	Right Hand X Axis Master Switch Differential Signal Fault
+37.0	CDA1297	BOOL	FALSE	Right Hand Y Axis Master Switch Differential Signal Fault
+37.1	CDA1298	BOOL	FALSE	Left Hand X Axis Master Switch Out of Range Fault
+37.2	CDA1299	BOOL	FALSE	Left Hand Y Axis Master Switch Out of Range Fault
+37.3	CDA1300	BOOL	FALSE	Right Hand X Axis Master Switch Out of Range Fault
+37.4	CDA1301	BOOL	FALSE	Right Hand Y Axis Master Switch Out of Range Fault
+37.5	CDA1302	BOOL	FALSE	Master Switch Supply Voltage Out of Range Fault
+37.6	CDA1303	BOOL	FALSE	Hydraulic Oil Contamination Monitor 2 Sensor Fault. (Warning)
+37.7	CDA1304	BOOL	FALSE	Hydraulic System Cooler Control 2 Fault. (Delayed Shutdown)
+38.0	CDA1305	BOOL	FALSE	PLC Node 17 (OCS) Fault (Shutdown)
+38.1	CDA1306	BOOL	FALSE	PLC Node 17 (OCS) High Temperature (Delayed Shutdown)
+38.2	CDA1307	BOOL	FALSE	PLC Node 17 (OCS) Low Temperature (Delayed Shutdown)
+38.3	CDA1308	BOOL	FALSE	PLC Node 17 (OCS) Analog I/O Fault (Shutdown)
+38.4	CDA1309	BOOL	FALSE	2nd Operator Display UPS Battery Low (Warning)
+38.5	CDA1310	BOOL	FALSE	2nd Operator Display UPS Alarm (Warning)
+38.6	CDA1311	BOOL	FALSE	2nd Operator Display Running on UPS Battery (Warning)
+38.7	CDA1312	BOOL	FALSE	PLC Node 16 (Hyd Crowd Test-Point Rack) Fault (Warning)
+39.0	CDA1313	BOOL	FALSE	PLC Node 16 (Hyd Crowd Test-Point Rack) Analog I/O Fault (Warning)
+39.1	CDA1314	BOOL	FALSE	Propel Gearcase Oil Overtemperature (Warning)
+39.2	CDA1315	BOOL	FALSE	Operator Cab Control Screen Comm Lost (Shutdown)
+39.3	CDA1316	BOOL	FALSE	Cylinder Rod End Transducer (Warning)
+39.4	CDA1317	BOOL	FALSE	B1 End of Line Pressure Fault (Delayed Shutdown)
+39.5	CDA1318	BOOL	FALSE	Spare - Available to use
+39.6	CDA1319	BOOL	FALSE	Fire Suppression System Trouble 3 min Shutdown
+39.7	CDA1320	BOOL	FALSE	Fire Suppression System Trouble 30 sec Shutdown
+40.0	CDA1321	BOOL	FALSE	Fire System Has Discharged
+40.1	CDA1322	BOOL	FALSE	Fire System Maintenance Fault (Warning)
+40.2	CDA1323	BOOL	FALSE	Hoist Speed Locked-HydraCrowd Not at Operating Temperature
+40.3	CDA1324	BOOL	FALSE	HydraCrowd Braking/Decompression Mode Timed Out - Crowd in Holding
+40.4	CDA1325	BOOL	FALSE	HydraCrowd Boom Jack Condition Latched - Retract Only Until Cleared
+40.5	CDA1326	BOOL	FALSE	DC Bus Earthing Motor Fault
+40.6	CDA1327	BOOL	FALSE	High Voltage Fault Check HV Display
+40.7	CDA1328	BOOL	FALSE	DC Bus Switch is Earthed (maintenance)
+41.0	CDA1329	BOOL	FALSE	DC Bus Earthed Fault
+41.1	CDA1330	BOOL	FALSE	DC BUS Switch Is Open (Normal)
+41.2	CDA1331	BOOL	FALSE	Main Drive Power Switch Is Not Earthed
+41.3	CDA1332	BOOL	FALSE	Main Drive Power Switch Is Not Open
+41.4	CDA1333	BOOL	FALSE	Close High Voltage DPT 1 and DPT 2 Switch
+41.5	CDA1334	BOOL	FALSE	Reserved
+41.6	CDA1335	BOOL	FALSE	Reserved
+41.7	CDA1336	BOOL	FALSE	Hydraulic System Cooler Control 3 Fault. (Delayed Shutdown)
+42.0	CDA1337	BOOL	FALSE	Failed Hoist Brake Test
+42.1	CDA1338	BOOL	FALSE	Failed Crowd Brake Test
+42.2	CDA1339	BOOL	FALSE	Failed Swing Brake Test
+42.3	CDA1340	BOOL	FALSE	Failed Propel #1 Brake Test
+42.4	CDA1341	BOOL	FALSE	Failed Propel #2 Brake Test
+42.5	CDA1342	BOOL	FALSE	Hydraulic Crowd Extend Limit Switch Failure
+42.6	CDA1343	BOOL	FALSE	Crowd Position Sensor Needs Calibration
+42.7	CDA1344	BOOL	FALSE	Hoist Maintenance Lock Bar Not in Stored Position

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
+43.0	CDA1345	BOOL	FALSE	Accumulator No.1 low pressure warning alarm
+43.1	CDA1346	BOOL	FALSE	Accumulator No.1 low pressure reduce to Machine to 20 %
+43.2	CDA1347	BOOL	FALSE	Accumulator No.2 low pressure warning alarm
+43.3	CDA1348	BOOL	FALSE	Accumulator No.2 low pressure reduce to Machine to 20 %
+43.4	CDA1349	BOOL	FALSE	PLC Node 18 (Switchgear) Low Temperature
+43.5	CDA1350	BOOL	FALSE	PLC Node 18 (Switchgear) High Temperature
+43.6	CDA1351	BOOL	FALSE	PLC Node 18 (Switchgear) Fault (Shutdown)
+43.7	CDA1352	BOOL	FALSE	Chopper Blower Motor Control Fault
+44.0	CDA1353	BOOL	FALSE	Dipper Trip Drive Internal Fault
+44.1	CDA1354	BOOL	FALSE	Dipper Trip Drive Temperature Fault
+44.2	CDA1355	BOOL	FALSE	PLC Node 19 (Dipper Trip Drive) Fault
+44.3	CDA1356	BOOL	FALSE	Accumulator Pressure Transducer 1 Out of Range
+44.4	CDA1357	BOOL	FALSE	Accumulator Pressure Transducer 2 Out of Range
+44.5	CDA1358	BOOL	FALSE	CMAPT1 Upper/Lower Limit Pressure Exceeded
+44.6	CDA1359	BOOL	FALSE	CMAPT2 Upper/Lower Limit Pressure Exceeded
+44.7	CDA1360	BOOL	FALSE	AC Dipper Trip System Faulted
+45.0	CDA1361	BOOL	FALSE	AC Dipper Trip System Comm Loss
+45.1	CDA1362	BOOL	FALSE	AC Dipper Trip did not Complete Trip
+45.2	CDA1363	BOOL	FALSE	AC Dipper Trip System Temp too High
+45.3	CDA1364	BOOL	FALSE	AC Dipper Trip System Temp too Low
+45.4	CDA1365	BOOL	FALSE	AC Dipper Trip not Ready
+45.5	CDA1366	BOOL	FALSE	PLC Node 20 (AC Dipper Trip) Fault
+45.6	CDA1367	BOOL	FALSE	PLC Node 22 (Peak Shaver) Fault (Shutdown)
+45.7	CDA1368	BOOL	FALSE	PLC Node 22 (Peak Shaver) High Temp (Delayed Shutdown)
+46.0	CDA1369	BOOL	FALSE	PLC Node 22 (Peak Shaver) Low Temp (Delayed Shutdown)
+46.1	CDA1370	BOOL	FALSE	PLC Node 22 (Peak Shaver) I/O Fault (Shutdown)
+46.2	CDA1371	BOOL	FALSE	Peak Shaver DC 1 Contactor Control Fault
+46.3	CDA1372	BOOL	FALSE	Peak Shaver DC 2 Contactor Control Fault
+46.4	CDA1373	BOOL	FALSE	Peak Shaver DC 3 Contactor Control Fault
+46.5	CDA1374	BOOL	FALSE	Peak Shaver DC 4 Contactor Control Fault
+46.6	CDA1375	BOOL	FALSE	Peak Shaver Delayed Shutdown Fault
+46.7	CDA1376	BOOL	FALSE	Peak Shaver Instantaneous Shutdown Fault
+47.0	CDA1377	BOOL	FALSE	PLC Node 23-UltraCap Coupler 1 Fault (Delayed Shtdwn)
+47.1	CDA1378	BOOL	FALSE	PLC Node 24-UltraCap Coupler 2 Fault (Delayed Shtdwn)
+47.2	CDA1379	BOOL	FALSE	PLC Node 25-UltraCap Coupler 3 Fault (Delayed Shtdwn)
+47.3	CDA1380	BOOL	FALSE	PLC Node 26-UltraCap Coupler 4 Fault (Delayed Shtdwn)
+47.4	CDA1381	BOOL	FALSE	PLC Node 27-PLC/SiBAS Coupler Fault (Delayed Shtdwn)
+47.5	CDA1382	BOOL	FALSE	Reactor 1 Blower Motor Control Fault
+47.6	CDA1383	BOOL	FALSE	Reactor 2 Blower Motor Control Fault
+47.7	CDA1384	BOOL	FALSE	PLC/CAN Peak Shaver Heartbeat Lost(Delayed Shtdwn)
+48.0	CDA1385	BOOL	FALSE	UltraCap Peak Delta Fault (Warning)
+48.1	CDA1386	BOOL	FALSE	Profibus to Anybus Communicatetor Fault
+48.2	CDA1387	BOOL	FALSE	CAN ECM To Anybus Communicatetor Fault
+48.3	CDA1388	BOOL	FALSE	Anybus Gateway Communicator Fault
+48.4	CDA1389	BOOL	FALSE	Cylinder CAP END Overpressure. (Warning)
+48.5	CDA1390	BOOL	FALSE	Pilot Low Pressure (Warning)
+48.6	CDA1391	BOOL	FALSE	Pilot Pressure Fault (Delayed Shutdown)
+48.7	CDA1392	BOOL	FALSE	Pilot filter (Warning)
+49.0	CDA1393	BOOL	FALSE	LubeA2 Low Lube Tank or Component Fault(Delayed Shutdown)
+49.1	CDA1394	BOOL	FALSE	LubeA2 Pump Pressure Too High Fault(Delayed Shutdown)
+49.2	CDA1395	BOOL	FALSE	LubeA2 EOL Pressure Switch Fault(Delayed Shutdown)
+49.3	CDA1396	BOOL	FALSE	LubeC2 Low Lube Tank or Component Fault(Delayed Shutdown)

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
+49.4	CDA1397	BOOL	FALSE	LubeC2 Pump Pressure Too High Fault(Delayed Shutdown)
+49.5	CDA1398	BOOL	FALSE	LubeC2 EOL Pressure Switch Fault(Delayed Shutdown)
+49.6	CDA1399	BOOL	FALSE	PeakShaver Internal Fault (Motions Delayed Shutdown)
+49.7	CDA1400	BOOL	FALSE	UltraCaps Temperature Above High (Warning)
+50.0	CDA1401	BOOL	FALSE	UltraCaps Temperature Out of Range (Motions Shutdown)
+50.1	CDA1402	BOOL	FALSE	PeakShaver Ground Fault
+50.2	CDA1403	BOOL	FALSE	Propel Bypass Active
+50.3	CDA1404	BOOL	FALSE	Crowd ECM Input Fault (Warning)
+50.4	CDA1405	BOOL	FALSE	Crowd ECM Input Fault (Shutdown)
+50.5	CDA1406	BOOL	FALSE	Crowd ECM Warm Up Valve Output Fault (Reduced Performance)
+50.6	CDA1407	BOOL	FALSE	Crowd ECM Warm Up Valve Output Fault (Shutdown)
+50.7	CDA1408	BOOL	FALSE	Crowd ECM Power Fault (Shutdown)
+51.0	CDA1409	BOOL	FALSE	Cylinder Cap End Overpressure. (Warning)
+51.1	CDA1410	BOOL	FALSE	Recovery Speed BJ
+51.2	CDA1411	BOOL	FALSE	LEFT Head END Valve CTHE (Warning)
+51.3	CDA1412	BOOL	FALSE	LEFT ROD END Valve PCRE(Warning)
+51.4	CDA1413	BOOL	FALSE	RIGHT Head END Valve PCRE (Warning)
+51.5	CDA1414	BOOL	FALSE	RIGHT ROD END Valve CTHE (Warning)
+51.6	CDA1415	BOOL	FALSE	LEFT Head END Valve PCHE (Warning)
+51.7	CDA1416	BOOL	FALSE	LEFT Head END Valve TCRE(Warning)
+52.0	CDA1417	BOOL	FALSE	RIGHT Head END Valve TCRE (Warning)
+52.1	CDA1418	BOOL	FALSE	RIGHT ROD END Valve PCHE (Warning)
+52.2	CDA1419	BOOL	FALSE	USB touchscreen controller unplugged
+52.3	CDA1420	BOOL	FALSE	Peak Delta Faulted Greater than 8 hours (Delayed Shutdown)
+52.4	CDA1421	BOOL	FALSE	Hoist Brake Set Malfunction
+52.5	CDA1422	BOOL	FALSE	Drive Pwr High Volt Interlock Control Fault (Warning)
+52.6	CDA1423	BOOL	FALSE	Propel Brake Set Malfunction
+52.7	CDA1424	BOOL	FALSE	Crowd Brake Set Malfunction
+53.0	CDA1425	BOOL	FALSE	Approaching Grade Limit *141463 only*
+53.1	CDA1426	BOOL	FALSE	Reached Grade Limit *141463 only*
+53.2	CDA1427	BOOL	FALSE	Exceeded Grade Limit *141463 only*
+53.3	CDA1428	BOOL	FALSE	Turning in excess 20*
+53.4	CDA1429	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+53.5	CDA1430	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+53.6	CDA1431	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+53.7	CDA1432	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+54.0	CDA1433	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+54.1	CDA1434	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+54.2	CDA1435	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+54.3	CDA1436	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+54.4	CDA1437	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+54.5	CDA1438	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+54.6	CDA1439	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+54.7	CDA1440	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+55.0	CDA1441	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+55.1	CDA1442	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+55.2	CDA1443	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+55.3	CDA1444	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+55.4	CDA1445	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+55.5	CDA1446	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+55.6	CDA1447	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+55.7	CDA1448	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
+56.0	CDA1449	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+56.1	CDA1450	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+56.2	CDA1451	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+56.3	CDA1452	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+56.4	CDA1453	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+56.5	CDA1454	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+56.6	CDA1455	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+56.7	CDA1456	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+57.0	CDA1457	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+57.1	CDA1458	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+57.2	CDA1459	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+57.3	CDA1460	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+57.4	CDA1461	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+57.5	CDA1462	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+57.6	CDA1463	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+57.7	CDA1464	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+58.0	CDA1465	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+58.1	CDA1466	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+58.2	CDA1467	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+58.3	CDA1468	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+58.4	CDA1469	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+58.5	CDA1470	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+58.6	CDA1471	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+58.7	CDA1472	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+59.0	CDA1473	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+59.1	CDA1474	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+59.2	CDA1475	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+59.3	CDA1476	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+59.4	CDA1477	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+59.5	CDA1478	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+59.6	CDA1479	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+59.7	CDA1480	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+60.0	CDA1481	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+60.1	CDA1482	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+60.2	CDA1483	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+60.3	CDA1484	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+60.4	CDA1485	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+60.5	CDA1486	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+60.6	CDA1487	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+60.7	CDA1488	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+61.0	CDA1489	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+61.1	CDA1490	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+61.2	CDA1491	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+61.3	CDA1492	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+61.4	CDA1493	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+61.5	CDA1494	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+61.6	CDA1495	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
+61.7	CDA1496	BOOL	FALSE	*Spare Fault Bit*
=62.0		END_STRUCT		

ANEXO 2. PROGRAMACIÓN DEL PLC – BLOQUE DB4300

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
0.0		STRUCT		
+0.0	R_TxPropel	REAL	3.557000e+002	Relacion de la transmision de propel
+4.0	Dist_Orugas	REAL	8.961100e+000	Distancia entre orugas (metro)
+8.0	Rad_Oruga	REAL	8.000000e-001	Radio de oruga (metro)
+12.0	Fact_Desp_Ang	REAL	0.000000e+000	Factor calculo del desplazamiento angular - t.muestreo 50mS
+16.0	Desp_Ang1_acm	REAL	0.000000e+000	Desplazamiento angular acumulado propel 1
+20.0	Desp_Ang2_acm	REAL	0.000000e+000	Desplazamiento angular acumulado propel 2
+24.0	Rel_rD	REAL	0.000000e+000	Relacion r/D
+28.0	Fact_ATP	REAL	0.000000e+000	Factor Ang Tras Propel
+32.0	Ang_Tras_Prop	REAL	0.000000e+000	Angulo de Traslacion Propel
+36.0	Ang_Tras_Prop_HMI	INT	0	Angulo de Traslacion Propel para HMI
+38.0	Long_Desp1_Tot	REAL	0.000000e+000	Long. desplazamiento linal oruga 1
+42.0	Long_Desp2_Tot	REAL	0.000000e+000	Long. desplazamiento lineal oruga 2
+46.0	Cont_Alarma	INT	0	Contador de alarma
+48.0	Adva_Ang1_acm	REAL	0.000000e+000	Desplazamiento angular acm en avance propel 1
+52.0	Adva_Ang2_acm	REAL	0.000000e+000	Desplazamiento angular acm en avance propel 2
+56.0	Rev_Ang1_acm	REAL	0.000000e+000	Desplazamiento angular acm en reversa propel 1
+60.0	Rev_Ang2_acm	REAL	0.000000e+000	Desplazamiento angular acm en reversa propel 2
+64.0	Counter_Ang1_acm	REAL	0.000000e+000	Desplazamiento angular acm en contramarcha propel 1
+68.0	Counter_Ang2_acm	REAL	0.000000e+000	Desplazamiento angular acm en contramarcha propel 1
=72.0		END_STRUCT		

ANEXO 3. PROGRAMACIÓN DEL PLC – BLOQUE DB3200

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
0.0		STRUCT		
+0.0	ANF1301	BOOL	FALSE	Propel 1 Control or Inverter Fault (no HMI display)
+0.1	ANF1302	BOOL	FALSE	Propel 2 Control or Inverter Fault (no HMI display)
+0.2	ANF1303	BOOL	FALSE	Propel 1 Failed to start
+0.3	ANF1304	BOOL	FALSE	
+0.4	ANF1305	BOOL	FALSE	
+0.5	ANF1306	BOOL	FALSE	Power Off Activated (POEB E-STOP Condition)
+0.6	ANF1307	BOOL	FALSE	PLC detects Comm Fault (SIBAS -PLC)
+0.7	ANF1308	BOOL	FALSE	Communication Lost Between PLC and Maintenance Computer
+1.0	ANF1309	BOOL	FALSE	High AC Line Voltage Fault (no HMI display)
+1.1	ANF1310	BOOL	FALSE	Low AC Line Voltage Fault (no HMI display)
+1.2	ANF1311	BOOL	FALSE	
+1.3	ANF1312	BOOL	FALSE	
+1.4	ANF1313	BOOL	FALSE	Drives Control Cabinet Temperature Warning
+1.5	ANF1314	BOOL	FALSE	
+1.6	ANF1315	BOOL	FALSE	Propel Motor 1 Temperature Shutdown
+1.7	ANF1316	BOOL	FALSE	Propel Motor 2 Temperature Shutdown
+2.0	ANF1317	BOOL	FALSE	Hoist Motor Temperature Warning
+2.1	ANF1318	BOOL	FALSE	Hoist Motor Temperature Shutdown
+2.2	ANF1319	BOOL	FALSE	Swing Motor 1 Temperature Warning
+2.3	ANF1320	BOOL	FALSE	Swing Motor 2 Temperature Warning
+2.4	ANF1321	BOOL	FALSE	Swing Motor 1 Temperature Shutdown
+2.5	ANF1322	BOOL	FALSE	Swing Motor 2 Temperature Shutdown
+2.6	ANF1323	BOOL	FALSE	Crowd Motor Temperature Warning
+2.7	ANF1324	BOOL	FALSE	Crowd Motor Temperature Shutdown
+3.0	ANF1325	BOOL	FALSE	Reactor temperature warning
+3.1	ANF1326	BOOL	FALSE	Reactor temperature shutdown
+3.2	ANF1327	BOOL	FALSE	Drive Cabinet Fan #1 Pressure Switch Fault
+3.3	ANF1328	BOOL	FALSE	Drive System Contactor Open
+3.4	ANF1329	BOOL	FALSE	Hoist or Crowd Limit Out of Range
+3.5	ANF1330	BOOL	FALSE	Drive Cabinet Fan #2 Pressure Switch Fault
+3.6	ANF1331	BOOL	FALSE	
+3.7	ANF1332	BOOL	FALSE	
+4.0	ANF1333	BOOL	FALSE	
+4.1	ANF1334	BOOL	FALSE	Reactor temperature Fault S-phase AFE1
+4.2	ANF1335	BOOL	FALSE	Reactor temperature Fault S-phase AFE2
+4.3	ANF1336	BOOL	FALSE	Reactor temperature Fault S-phase AFE3
+4.4	ANF1337	BOOL	FALSE	Reactor temperature Fault S-phase AFE4
+4.5	ANF1338	BOOL	FALSE	Chopper Temperature Warning
+4.6	ANF1339	BOOL	FALSE	Hoist/Propel Control or Inverter Temperature Warning
+4.7	ANF1340	BOOL	FALSE	Swing Control or Inverter Temperature Warning
+5.0	ANF1341	BOOL	FALSE	Crowd Control or Inverter Temperature Warning
+5.1	ANF1342	BOOL	FALSE	Drive System Warning
+5.2	ANF1343	BOOL	FALSE	Hoist Control or Inverter Fault (no HMI display)
+5.3	ANF1344	BOOL	FALSE	Swing Control or Inverter Fault (no HMI display)
+5.4	ANF1345	BOOL	FALSE	Crowd Control or Inverter Fault (no HMI display)
+5.5	ANF1346	BOOL	FALSE	Rectifier Fault (no HMI display)

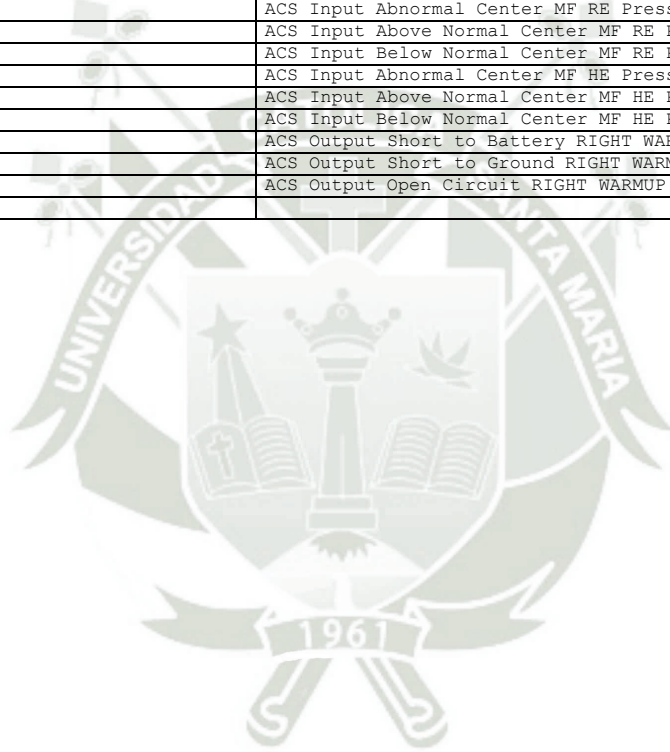
Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
+5.6	ANF1347	BOOL	FALSE	Chopper Faults (no HMI display)
+5.7	ANF1348	BOOL	FALSE	Drive System Ground Fault (no HMI display)
+6.0	ANF1349	BOOL	FALSE	+24 volt Gate Unit Power Supply CB Tripped (Q09)
+6.1	ANF1350	BOOL	FALSE	+110 volt DC Power Supply CB (SiBas) Tripped (Q07)
+6.2	ANF1351	BOOL	FALSE	UPS CB tripped (Q08)
+6.3	ANF1352	BOOL	FALSE	
+6.4	ANF1353	BOOL	FALSE	
+6.5	ANF1354	BOOL	FALSE	Precharge Contactor #1 Failed to Close (K301)
+6.6	ANF1355	BOOL	FALSE	Precharge Contactor #2 Failed to Close (K201)
+6.7	ANF1356	BOOL	FALSE	Crowd Motor RTD Defective
+7.0	ANF1357	BOOL	FALSE	Hoist Motor RTD Defective
+7.1	ANF1358	BOOL	FALSE	Swing 1 Motor RTD Defective
+7.2	ANF1359	BOOL	FALSE	Swing 2 Motor RTD Defective
+7.3	ANF1360	BOOL	FALSE	
+7.4	ANF1361	BOOL	FALSE	Hardware ISTR Timer malfunction
+7.5	ANF1362	BOOL	FALSE	
+7.6	ANF1363	BOOL	FALSE	Propel 2 Failed to Start
+7.7	ANF1364	BOOL	FALSE	
+8.0	ANF1365	BOOL	FALSE	
+8.1	ANF1366	BOOL	FALSE	Drive Power Transformer 1 Overtemp
+8.2	ANF1367	BOOL	FALSE	Drive Power Transformer 2 Overtemp
+8.3	ANF1368	BOOL	FALSE	Hoist Masterswitch Misalignment
+8.4	ANF1369	BOOL	FALSE	Swing Masterswitch Misalignment
+8.5	ANF1370	BOOL	FALSE	Crowd Masterswitch Misalignment
+8.6	ANF1371	BOOL	FALSE	Hoist Encoder Fault
+8.7	ANF1372	BOOL	FALSE	Crowd Encoder Fault
+9.0	ANF1373	BOOL	FALSE	Motion Limit Disable Jumper
+9.1	ANF1374	BOOL	FALSE	
+9.2	ANF1375	BOOL	FALSE	Fault Transferring from Dig to Propel
+9.3	ANF1376	BOOL	FALSE	Fault Transferring from Propel to Dig
+9.4	ANF1377	BOOL	FALSE	
+9.5	ANF1378	BOOL	FALSE	Motion Movement with Power Off
+9.6	ANF1379	BOOL	FALSE	
+9.7	ANF1380	BOOL	FALSE	
+10.0	ANF1381	BOOL	FALSE	
+10.1	ANF1382	BOOL	FALSE	Hoist Failed to Start
+10.2	ANF1383	BOOL	FALSE	Swing Failed to Start
+10.3	ANF1384	BOOL	FALSE	Crowd Failed to Start
+10.4	ANF1385	BOOL	FALSE	
+10.5	ANF1386	BOOL	FALSE	
+10.6	ANF1387	BOOL	FALSE	
+10.7	ANF1388	BOOL	FALSE	
+11.0	ANF1389	BOOL	FALSE	Hoist Tachometer Fault (no HMI display)
+11.1	ANF1390	BOOL	FALSE	Crowd Tachometer Fault (no HMI display)
+11.2	ANF1391	BOOL	FALSE	Swing Tachometer Fault (no HMI display)
+11.3	ANF1392	BOOL	FALSE	
+11.4	ANF1393	BOOL	FALSE	Drives & Bus Off, Contactor On
+11.5	ANF1394	BOOL	FALSE	
+11.6	ANF1395	BOOL	FALSE	
+11.7	ANF1396	BOOL	FALSE	Broken Wire Sibas To PLC Voltage Status (Dual Voltage Option)

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
+12.0	ANF1397	BOOL	FALSE	Broken Wire PLC To SIBAS Voltage Command (Dual Voltage Option)
+12.1	ANF1398	BOOL	FALSE	Line Voltage Selector Discrepancy
+12.2	ANF1399	BOOL	FALSE	PLC Backup Battery Warning (one Battery Depleted)
+12.3	ANF1400	BOOL	FALSE	PLC Backup Battery Fault (two Batteries Depleted)
+12.4	ANF1401	BOOL	FALSE	Maintenance Computer Shutdown
+12.5	ANF1402	BOOL	FALSE	
+12.6	ANF1403	BOOL	FALSE	
+12.7	ANF1404	BOOL	FALSE	
+13.0	ANF1405	BOOL	FALSE	Hoist Brake Worn Indication
+13.1	ANF1406	BOOL	FALSE	Hoist Brake Overtemperature
+13.2	ANF1407	BOOL	FALSE	Crowd Brake Worn Indication
+13.3	ANF1408	BOOL	FALSE	Crowd Brake Overtemperature
+13.4	ANF1409	BOOL	FALSE	Swing 1 Brake Worn Indication
+13.5	ANF1410	BOOL	FALSE	Swing 1 Brake Overtemperature
+13.6	ANF1411	BOOL	FALSE	Swing 2 Brake Worn Indication
+13.7	ANF1412	BOOL	FALSE	Swing 2 Brake Overtemperature
+14.0	ANF1413	BOOL	FALSE	Hoist Brake Limit Switch Disabled
+14.1	ANF1414	BOOL	FALSE	Crowd Brake Limit Switch Disabled
+14.2	ANF1415	BOOL	FALSE	Swing Brake Limit Switch Disabled
+14.3	ANF1416	BOOL	FALSE	Hoist Brake Release Fault
+14.4	ANF1417	BOOL	FALSE	Crowd Brake Release Fault
+14.5	ANF1418	BOOL	FALSE	Swing 1 Brake Release Fault
+14.6	ANF1419	BOOL	FALSE	Swing 2 Brake Release Fault
+14.7	ANF1420	BOOL	FALSE	Hoist Brake Not Set with Control Off
+15.0	ANF1421	BOOL	FALSE	Crowd Brake Not Set with Control Off
+15.1	ANF1422	BOOL	FALSE	Swing 1 Brake Not Set with Control Off
+15.2	ANF1423	BOOL	FALSE	Swing 2 Brake Not Set with Control Off
+15.3	ANF1424	BOOL	FALSE	Swing Brake 2 Limit Switch Disabled
+15.4	ANF1425	BOOL	FALSE	
+15.5	ANF1426	BOOL	FALSE	
+15.6	ANF1427	BOOL	FALSE	
+15.7	ANF1428	BOOL	FALSE	Turning in excess 20*
+16.0	ANF1429	BOOL	FALSE	
+16.1	ANF1430	BOOL	FALSE	
+16.2	ANF1431	BOOL	FALSE	
+16.3	ANF1432	BOOL	FALSE	
+16.4	ANF1433	BOOL	FALSE	
+16.5	ANF1434	BOOL	FALSE	
+16.6	ANF1435	BOOL	FALSE	
+16.7	ANF1436	BOOL	FALSE	
+17.0	ANF1437	BOOL	FALSE	
+17.1	ANF1438	BOOL	FALSE	
+17.2	ANF1439	BOOL	FALSE	
+17.3	ANF1440	BOOL	FALSE	
+17.4	ANF1441	BOOL	FALSE	
+17.5	ANF1442	BOOL	FALSE	
+17.6	ANF1443	BOOL	FALSE	
+17.7	ANF1444	BOOL	FALSE	
+18.0	ANF1445	BOOL	FALSE	
+18.1	ANF1446	BOOL	FALSE	

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
+18.2	ANF1447	BOOL	FALSE	
+18.3	ANF1448	BOOL	FALSE	
+18.4	ANF1449	BOOL	FALSE	
+18.5	ANF1450	BOOL	FALSE	
+18.6	ANF1451	BOOL	FALSE	
+18.7	ANF1452	BOOL	FALSE	
+19.0	ANF1453	BOOL	FALSE	
+19.1	ANF1454	BOOL	FALSE	Gateway Program Stopped (1=stopped)
+19.2	ANF1455	BOOL	FALSE	AFE Precharge Breaker 1 open
+19.3	ANF1456	BOOL	FALSE	AFE Precharge Breaker 2 open
+19.4	ANF1457	BOOL	FALSE	Heat Exchanger Breaker 1 Open
+19.5	ANF1458	BOOL	FALSE	Heat Exchanger Breaker 2 Open
+19.6	ANF1459	BOOL	FALSE	Control Heater Circuit Breaker Open
+19.7	ANF1460	BOOL	FALSE	Blower 1 Left Circuit Breaker Open
+20.0	ANF1461	BOOL	FALSE	Blower 2 Right Circuit Breaker Open
+20.1	ANF1462	BOOL	FALSE	
+20.2	ANF1463	BOOL	FALSE	
+20.3	ANF1464	BOOL	FALSE	
+20.4	ANF1465	BOOL	FALSE	
+20.5	ANF1466	BOOL	FALSE	
+20.6	ANF1467	BOOL	FALSE	
+20.7	ANF1468	BOOL	FALSE	
+21.0	ANF1469	BOOL	FALSE	Ultra Capacitor Fan Power Circuit Breaker Open
+21.1	ANF1470	BOOL	FALSE	Peak Shaver Reactor Overtemperature
+21.2	ANF1471	BOOL	FALSE	UltraCaps Above Maximum Temperature
+21.3	ANF1472	BOOL	FALSE	UltraCaps Below Minimum Temperature
+21.4	ANF1473	BOOL	FALSE	Spare
+21.5	ANF1474	BOOL	FALSE	Spare
+21.6	ANF1475	BOOL	FALSE	Ultra Capacitor Module Undervoltage
+21.7	ANF1476	BOOL	FALSE	Ultra Capacitor String High Voltage Exceeded
+22.0	ANF1477	BOOL	FALSE	Ultra Capacitor String Maximum Voltage Exceeded
+22.1	ANF1478	BOOL	FALSE	Ultra Capacitor String Voltage Variance Exceeded
+22.2	ANF1479	BOOL	FALSE	Peak Shaver Control Power Circuit Breaker Open
+22.3	ANF1480	BOOL	FALSE	Peak Shaver Power Fuse 1 Open
+22.4	ANF1481	BOOL	FALSE	UltraCaps Above High Temperature
+22.5	ANF1482	BOOL	FALSE	Peak Shaver Power Fuse 2 Open
+22.6	ANF1483	BOOL	FALSE	
+22.7	ANF1484	BOOL	FALSE	
+23.0	ANF1485	BOOL	FALSE	
+23.1	ANF1486	BOOL	FALSE	
+23.2	ANF1487	BOOL	FALSE	
+23.3	ANF1488	BOOL	FALSE	
+23.4	ANF1489	BOOL	FALSE	
+23.5	ANF1490	BOOL	FALSE	
+23.6	ANF1491	BOOL	FALSE	
+23.7	ANF1492	BOOL	FALSE	
+24.0	ANF1493	BOOL	FALSE	
+24.1	ANF1494	BOOL	FALSE	
+24.2	ANF1495	BOOL	FALSE	
+24.3	ANF1496	BOOL	FALSE	

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
+24.4	ANF1497	BOOL	FALSE	
+24.5	ANF1498	BOOL	FALSE	
+24.6	ANF1499	BOOL	FALSE	
+24.7	ANF1500	BOOL	FALSE	ACS Output Short to Battery Left PCRE
+25.0	ANF1501	BOOL	FALSE	ACS Output Short to Ground Left PCRE
+25.1	ANF1502	BOOL	FALSE	ACS Output Open Circuit Left PCRE
+25.2	ANF1503	BOOL	FALSE	ACS Output short to Battery Left CTHE
+25.3	ANF1504	BOOL	FALSE	ACS Output Short to Ground Left CTHE
+25.4	ANF1505	BOOL	FALSE	ACS Output Open Circuit Left CTHE
+25.5	ANF1506	BOOL	FALSE	ACS Output Short to Battery Left CTRE
+25.6	ANF1507	BOOL	FALSE	ACS Output Short to Ground Left TCRE
+25.7	ANF1508	BOOL	FALSE	ACS Output Open Circuit Left CTRE
+26.0	ANF1509	BOOL	FALSE	ACS Output Short to Battery Left PCHE
+26.1	ANF1510	BOOL	FALSE	ACS Output Short to Ground Left PCHE
+26.2	ANF1511	BOOL	FALSE	ACS Output Open Circuit Left PCHE
+26.3	ANF1512	BOOL	FALSE	ACS Output Short to Battery RIGHT PCRE
+26.4	ANF1513	BOOL	FALSE	ACS Output Short to Ground RIGHT PCRE
+26.5	ANF1514	BOOL	FALSE	ACS Output Open Circuit RIGHT PCRE
+26.6	ANF1515	BOOL	FALSE	ACS Output Short to Battery RIGHT CTHE
+26.7	ANF1516	BOOL	FALSE	ACS Output Short to Ground RIGHT CTHE
+27.0	ANF1517	BOOL	FALSE	ACS Output Open Circuit RIGHT CTHE
+27.1	ANF1518	BOOL	FALSE	ACS Output Short to Battery RIGHT CTRE
+27.2	ANF1519	BOOL	FALSE	ACS Output Short to Ground RIGHT CTRE
+27.3	ANF1520	BOOL	FALSE	ACS Output Open Circuit RIGHT CTRE
+27.4	ANF1521	BOOL	FALSE	ACS Output Short to Battery RIGHT PCHE
+27.5	ANF1522	BOOL	FALSE	ACS Output Short to Ground RIGHT PCHE
+27.6	ANF1523	BOOL	FALSE	ACS Output Open Circuit RIGHT PCHE
+27.7	ANF1524	BOOL	FALSE	ACS Output Short to Battery LEFT WARMUP VALVE
+28.0	ANF1525	BOOL	FALSE	ACS Output Short to Ground LEFT WARMUP VALVE
+28.1	ANF1526	BOOL	FALSE	ACS Output Open Circuit LEFT WARMUP VALVE
+28.2	ANF1527	BOOL	FALSE	ACS Output Above Normal 8V Supply
+28.3	ANF1528	BOOL	FALSE	ACS Output Below Normal 8V Supply
+28.4	ANF1529	BOOL	FALSE	ACS Output Above Normal 10V Supply
+28.5	ANF1530	BOOL	FALSE	ACS Output Below Normal 10V Supply
+28.6	ANF1531	BOOL	FALSE	ACS Output Above Normal ECM Power
+28.7	ANF1532	BOOL	FALSE	ACS Output Below Normal ECM Power
+29.0	ANF1533	BOOL	FALSE	ACS Input Above Normal HE Pressure CIR1 IN5
+29.1	ANF1534	BOOL	FALSE	ACS Input Below Normal HE Pressure CIR1 IN5
+29.2	ANF1535	BOOL	FALSE	ACS Input Abnormal HE Pressure CIR1 IN5
+29.3	ANF1536	BOOL	FALSE	ACS Input Above Normal RE Pressure CIR1 IN6
+29.4	ANF1537	BOOL	FALSE	ACS Input Below Normal RE Pressure CIR1 IN6
+29.5	ANF1538	BOOL	FALSE	ACS Input Abnormal RE Pressure CIR1 IN6
+29.6	ANF1539	BOOL	FALSE	ACS Input Above Normal HE Pressure CIR2 IN7
+29.7	ANF1540	BOOL	FALSE	ACS Input Below Normal HE Pressure CIR2 IN7
+30.0	ANF1541	BOOL	FALSE	ACS Input Abnormal HE Pressure Cir2 IN7
+30.1	ANF1542	BOOL	FALSE	ACS Input Above Normal RE Pressure CIR2 IN8
+30.2	ANF1543	BOOL	FALSE	ACS Input Below Normal RE Pressure CIR2 IN8
+30.3	ANF1544	BOOL	FALSE	ACS Input Abnormal RE Pressure CIR2 IN8
+30.4	ANF1545	BOOL	FALSE	ACS Input Abnormal HE Discharge Temp
+30.5	ANF1546	BOOL	FALSE	ACS Input Above Normal HE Discharge Temp

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
+30.6	ANF1547	BOOL	FALSE	ACS Input Below Normal HE Discharge Temp
+30.7	ANF1548	BOOL	FALSE	ACS Input Abnormal Pilot Press
+31.0	ANF1549	BOOL	FALSE	ACS Input Above Normal Pilot Press
+31.1	ANF1550	BOOL	FALSE	ACS Input Below Normal Pilot Press
+31.2	ANF1551	BOOL	FALSE	ACS Input Abnormal Center MF RE Press Sensor
+31.3	ANF1552	BOOL	FALSE	ACS Input Above Normal Center MF RE Press Sensor
+31.4	ANF1553	BOOL	FALSE	ACS Input Below Normal Center MF RE Press Sensor
+31.5	ANF1554	BOOL	FALSE	ACS Input Abnormal Center MF HE Press Sensor
+31.6	ANF1555	BOOL	FALSE	ACS Input Above Normal Center MF HE Press Sensor
+31.7	ANF1556	BOOL	FALSE	ACS Input Below Normal Center MF HE Press Sensor
+32.0	ANF1557	BOOL	FALSE	ACS Output Short to Battery RIGHT WARMUP VALVE
+32.1	ANF1558	BOOL	FALSE	ACS Output Short to Ground RIGHT WARMUP VALVE
+32.2	ANF1559	BOOL	FALSE	ACS Output Open Circuit RIGHT WARMUP VALVE
=34.0		END_STRUCT		



ANEXO 4. PROGRAMACIÓN DEL PLC – BLOQUE FC601

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Comentario
IN		0.0	
OUT		0.0	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
Temp_Real	Real	0.0	
Temp_DINT	DInt	4.0	
Temp_Word	Word	8.0	
Temp_Int	Int	10.0	
Incr_Counter	Int	12.0	
HstTrqFbk	Real	14.0	
SwgTrqFbk	Real	18.0	
CrdTrqFbk	Real	22.0	
HstSpdFbk	Real	26.0	
SwgSpdFbk	Real	30.0	
CrdSpdFbk	Real	34.0	
CrdAngle	Real	38.0	
SwgAngle	Real	42.0	
OFF	Bool	46.0	
ON	Bool	46.1	
LW_Calc_Active	Bool	46.2	
LWFltrSet	Bool	46.3	
HLSwgAngle	Bool	46.4	
LLSwgAngle	Bool	46.5	
LW_start_permissive	Bool	46.6	
LW_Start	Bool	46.7	
DTS_Rising_Edge1	Bool	47.0	
DTS_Rising_Edge	Bool	47.1	
Hoist_Accel_Neg_Chg1	Bool	47.2	
Hoist_Accel_Neg_Chg	Bool	47.3	
Hoist_Accel_Pos_Chg1	Bool	47.4	
Hoist_Accel_Pos_Chg	Bool	47.5	
TotalOver129Tons	Real	48.0	
TotalCycles_1	Real	52.0	
Temp_Bool	Bool	56.0	
Temp_Time	Time	58.0	
Temp_LastDipper	Real	62.0	
Temp_TotalCycleTime	Real	66.0	
Accuload_New_Truck_Temp	DWord	70.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

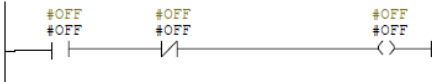
Block: FC601 LOAD WEIGH CALCULATOR

THIS FC IS THE MAIN PROGRAM CALL FOR LOAD WEIGH CALCULATION AND SWING ANGLE CALCULATION.

This block edited by Anthony Monkus, 8/19/2005, to add custom AccuLoad Logic for Foundation Coal.
 Description of Change: Count the number of cycles. Count dipper loads greater than 129 tons. Assign both values to DB107.

Segm.: 1 "ALWAYS OFF" BIT

THIS "ALWAYS OFF" BIT IS GENERATED TO USE ANYWHERE IN THIS FC AS REQUIRED. "OFF" BIT NORMALLY OPEN AND NORMALLY CLOSED CONTACTS IN SERIES MAKES THIS "OFF" BIT ALWAYS OFF.



Segm.: 2 "ALWAYS ON" BIT

THIS "ALWAYS ON" BIT IS GENERATED TO USE ANYWHERE IN THIS FC AS REQUIRED. "OFF" BIT NORMALLY CLOSED CONTACT MAKES "ON" BIT ALWAYS ON.

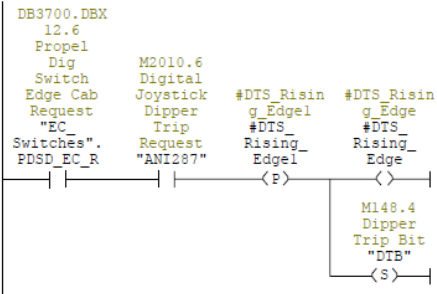


Segm.: 3 DIPPER TRIP SWITCH RISING EDGE DETECTION

DIPPER TRIP SWITCH RISING EDGE IS DETECTED FOR TRANSFERRING LOAD DATA AND RESET LOAD WEIGH CALCULATION START LOGIC. M148.4 IS SET TO REGISTER DIPPER TRIP COMMAND AND IT IS RESET WHEN THE BUCKET IS AT THE BOTTOM OF THE BANK.

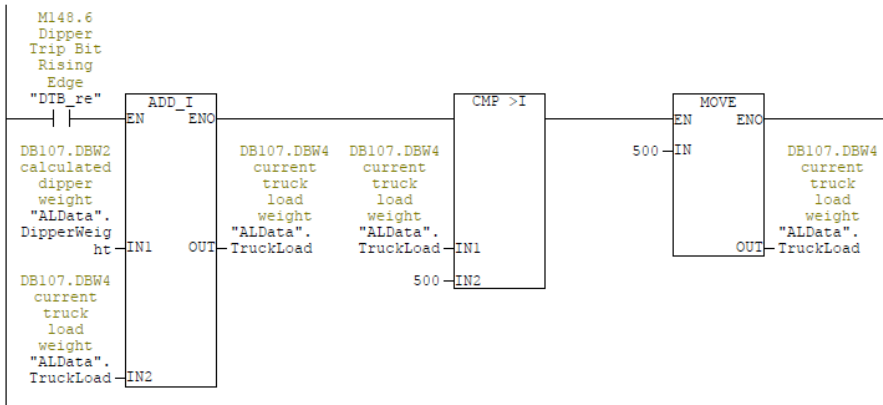
Version Information:

Version	By	Date	Description
2	TRK	06-08-2009	Modified. Remove Digital Joystick Option (DJO) no longer needed. All Joystick using this program will be digital.
1	TRK	06-03-2009	Modified. Replaced Propel Dig transfer Switch (PDSD) [I28.2] with Propel Dig Switch Edge Cab Request (EC_Switches.PDSD_EC_R)



Segm.: 7 ADD BUCKET WEIGHT DATA TO GET TRUCK LOAD

BUCKET WEIGHT DATA IS ADDED TO GET TRUCK LOAD AND IF TRUCK LOAD IS MORE THAN 500 TONS, TRUCK LOAD IS MAXED OUT AT 500 TONS. TRUCK LOAD IS TRANSFERRED TO OPERATOR DISPLAY.



Segm.: 8 Send Accuload New Truck Signal to temporary location.

Version Information:

Version	By	Date	Description
1	Zach Drake	05-27-2011	Created:

```

AN      "options".EC          DB200.DBX5.2    -- Edge Cab Option
AN      "options".OSR       DB200.DBX5.5    -- Operator Station Retrofit Option
JNB     .009
L       "NTS"               PIW598          -- Accuload New Truck Signal
T       #Accuload_New_Truck_Temp #Accuload_New_Truck_Temp
JU      skip
_009: L 0
T       #Accuload_New_Truck_Temp #Accuload_New_Truck_Temp
skip: NOP 0

```

Segm.: 9 New Truck Signal Bit

PIW598 IS A WIRED SIGNAL COMING FROM FOOT SWITCH INSTALLED IN THE OPERATOR CABINET. VALUE IS POSITIVE WHEN FOOT SWITCH IS NOT PRESSED AND NEGATIVE WHEN FOOT SWITCH IS PRESSED (NEW TRUCK SIGNAL)

Version Information:

Version	By	Date	Description
1	HReynoso	05-27-2011	Modified: Modified network 9 "New Truck Signal Bit" so that the temporary address "Accuload_New_Truck_Temp" is used in the compare block instead of PIW598.

```

L       #Accuload_New_Truck_Temp #Accuload_New_Truck_Temp
L       1000
>I
=       "NTS"               M149.0          -- New Truck Signal Bit

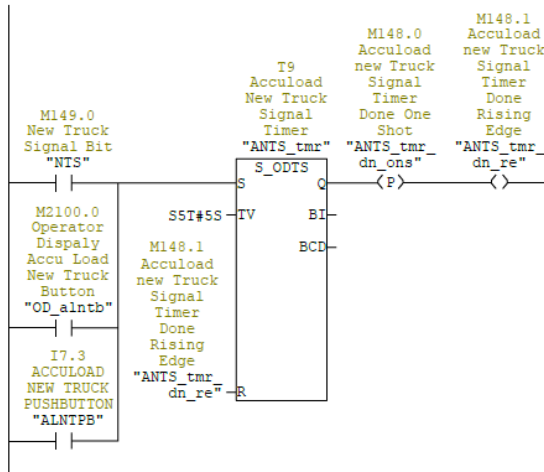
```

Segm.: 10 Accuload new Truck Signal Timer Done Rising Edge

EITHER NEW TRUCK SIGNALS FROM OPERATOR DISPLAY OR NEW TRUCK SIGNAL FROM FOOT SWITCH SYSTEM IS INITIATED, THE POSITIVE RISING EDGE IS GENERATED TO RESET TRUCK LOAD TO ZERO IN NEXT TWO NETWORKS.

Version Information:

Version	By	Date	Description
2	TRK	09-17-2009	Modified. Changed ACCULOAD NEW TRUCK PUSHBUTTON (ALNTPB) [I7.4] from right side to left side ACCULOAD NEW TRUCK PUSHBUTTON (ALNTPB) [I7.3]
1	TRK	07-15-2009	Modified. Added ACCULOAD NEW TRUCK PUSHBUTTON (ALNTPB) [I7.4] in parallel with button from operator screen so both physical button and screen button will do New truck operation.

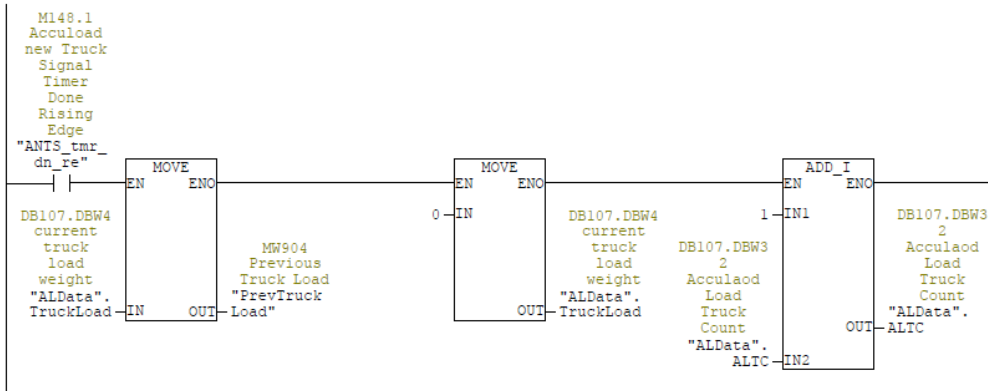


Segm.: 11 RESET CURRENT TRUCK LOAD TO ZERO - II

EITHER NEW TRUCK SIGNALS FROM OPERATOR DISPLAY OR NEW TRUCK SIGNAL FROM DISPATCH INTERFACE SYSTEM IS INITIATED, UPON THE POSITIVE RISING EDGE (GENERATED IN THE PREVIOUS NETWORK) CURRENT TRUCK LOAD IS TRANSFERRED TO LAST TRUCK LOAD (DISPLAY AT HMI) AND CURRENT TRUCK LOAD IS RESET TO ZERO.

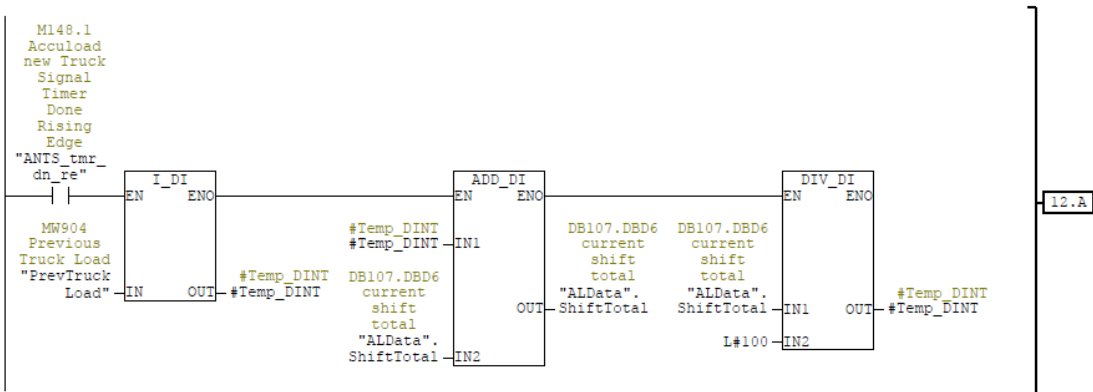
Version Information:

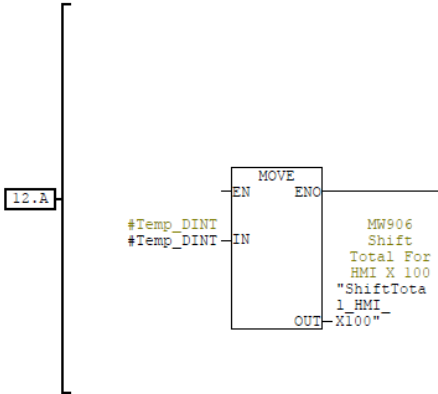
Version	By	Date	Description
1	TRK	09-17-2009	Modified. Increment Accuload Truck Count (ALTC) when Accuload new Truck Signal Timer Done Rising Edge (ANTS_tmr_dn_re).



Segm.: 12 SHIFT TOTAL TONS

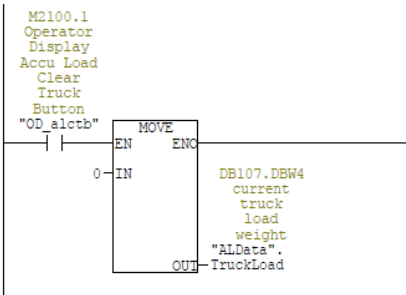
ADD SHIFT TOTAL EVERY TIME BY ADDING LAST TRUCK LOAD DATA WHEN NEW TRUCK SIGNAL IS RECEIVED. SHIFT TOTAL VALUE IS TRANSFERRED TO OPERATOR DISPLAY. FOR HMI THE VALUE IS DIVIDED BY 100 AS SCALE ON HMI IS x100.





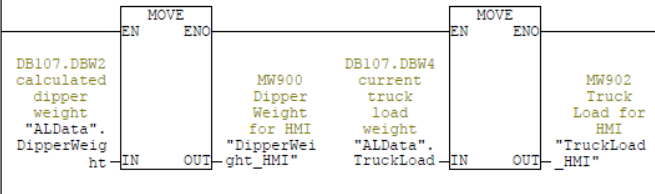
Segm.: 13 CLEAR TRUCK LOAD IF OPERATOR REQUESTS

IF OPERATOR FORGETS TO GIVE PAUSE COMMAND WHEN CLEANING UP THE BANK AND WANTS CURRENT TRUCK LOAD CLEARED BY PUSHING CLEAR TRUCK BUTTON IN OPERATOR DISPLAY, CLEAR CURRENT TRUCK LOAD.



Segm.: 14 HMI DISPLAY OF LOAD WEIGH DATA

DIPPER WEIGHT AND CURRENT TRUCK LOAD DATA ARE TRANSFERRED TO HMI.



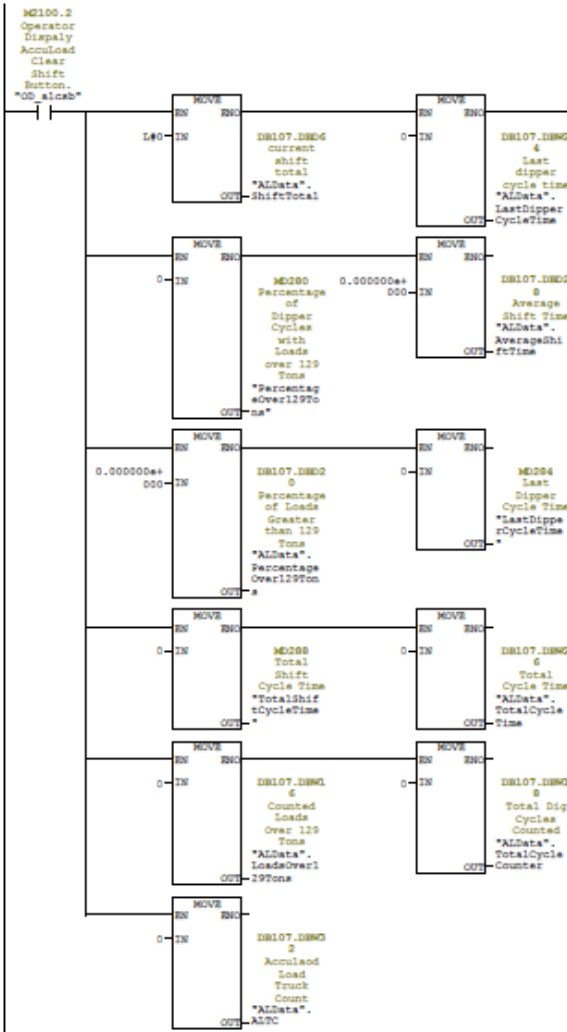
Segm.: 15 CLEAR SHIFT TOTAL

WHEN THE OPERATOR PUSHES CLEAR SHIFT TOTAL PUSH BUTTON ON OPERATOR DISPLAY, SHIFT TOTAL IS RESET TO ZERO.

Modified by Anthony Monkus, 8/19/2005, for Foundation Coal. This network resets the cycle data to zero.

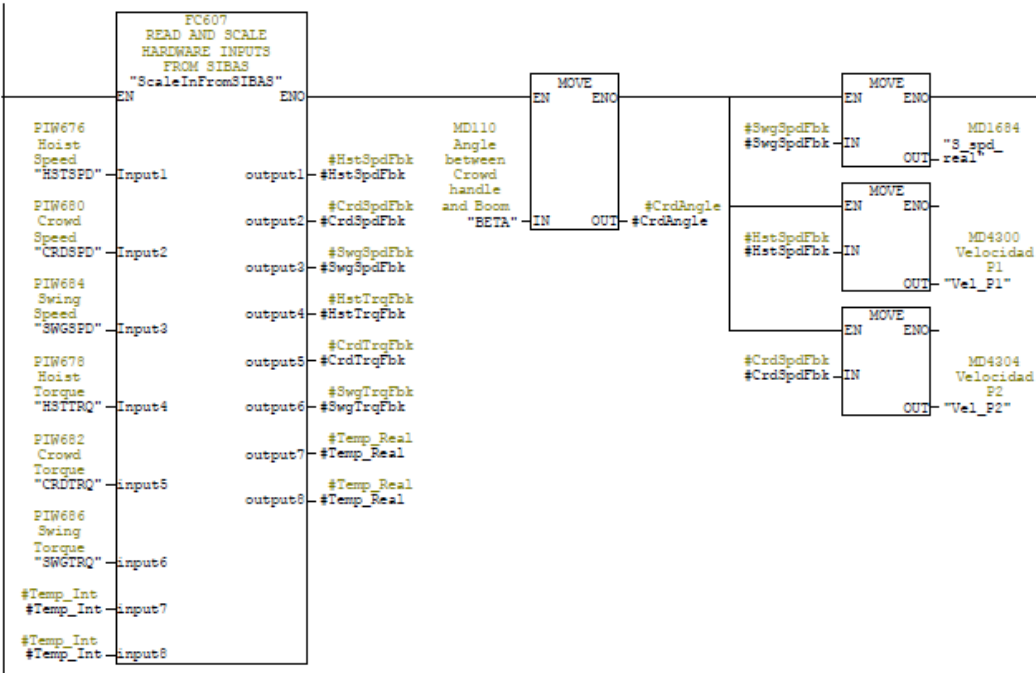
Version Information:

Version	By	Date	Description
1	TRK	09-17-2009	Modified. Clear Accuload Truck Count (ALTC) when Operator Display Accuload Clear Shift Button (OD_alcsb) pressed.



Segm.: 16 READ AND SCALE HARDWARE INPUTS FROM SIBAS

HARDWARE INPUTS (PIW676 TO PIW686 - NODE 7 SLOT 10 CARD) ARE READ AND TRANSFERRED TO LOCAL DATA TO USE FURTHER IN THIS FC. THIS NETWORK. FC 607 SCALES ALL SPEED VALUES TO RPM AND ALL TORQUE VALUES TO % VALUE AS SIBAS SCALING - -200% TO +200%. ALSO "ANGLE BETWEEN CROWD HANDLE AND BOOM" IS TRANSFERRED TO "CrdAngle" LOCAL DATA.



Segm.: 17 Filter Beta Angle

Current CrdAngle - Filter Values.Beta (Previous Value) times 0.1.
 Result added to Filter Values.Beta (Previous Value).
 Result Transfers into both Filter Values.Beta and CrdAngle.

```

L #CrdAngle #CrdAngle
L "Filter Values".Beta DB6.DBD04 -- Filtered Beta Angle
-R 1.000000e-001
+R "Filter Values".Beta DB6.DBD04 -- Filtered Beta Angle
+R "Filter Values".Beta DB6.DBD04 -- Filtered Beta Angle
T #CrdAngle #CrdAngle
  
```

Segm.: 18 SWING SPEED FEEDBACK ABSOLUTE VALUE

SWING SPEED ABSOLUTE VALUE IS TRANSFERRED TO MD150 TO DETECT SPEED MORE THAN 100 RPM FOR ENABLING THE LOAD WEIGH CALCULATION START AND ALSO FOR SWING ANGLE CALCULATION PROGRAM.

```

A(
L #SwgSpdFbk #SwgSpdFbk
ABS
T "SwgSpdFbk_ABS" MD150 -- Absolute Value of Swing Speed Feedback
SET
SAVE
CLR
A BR
)
JNB _022
L #HstSpdFbk #HstSpdFbk
ABS
T "Vel_A_P1" MD4308 -- Velocidad Abs. Propel 1
SET
SAVE
CLR
_022: A BR
)
JNB _023
L #CrdSpdFbk #CrdSpdFbk
ABS
T "Vel_A_P2" MD4312 -- Velocidad Abs. Propel 2
_023: NOP
  
```

Segm.: 19 LOAD WEIGH CALCULATION START LOGIC

LOAD WEIGH CALCULATION IS DONE ONLY AFTER "DIGGING AND FILLING THE BUCKET" PHASE IS COMPLETED. THE CALCULATION IS STOPPED WHEN DIPPER TRIP COMMAND IS INITIATED FROM THE OPERATOR.

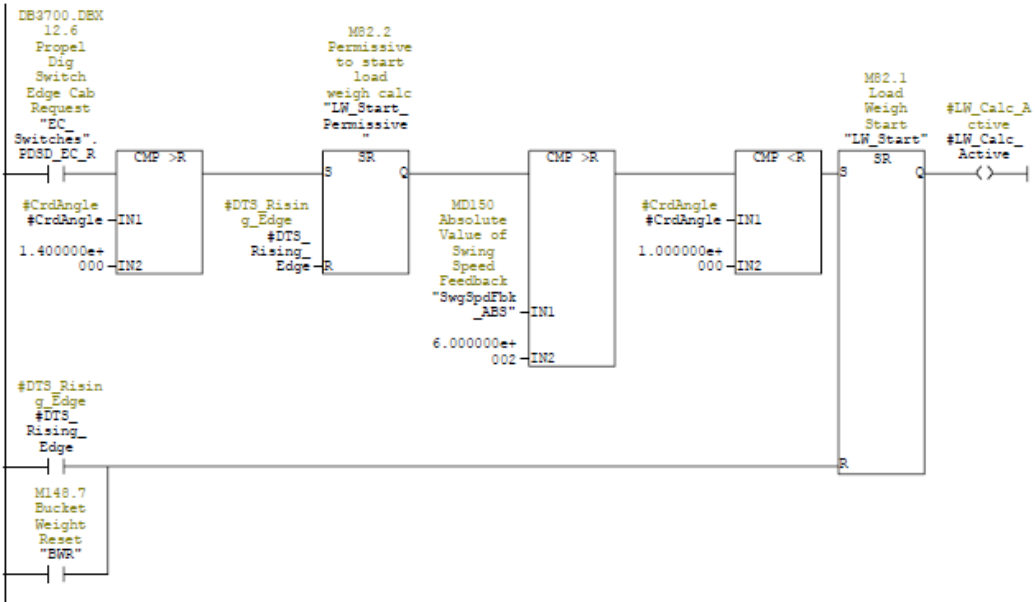
IN EVERY CYCLE START PERMISSIVE IS SET WHEN THE BUCKET IS GOING TOWARDS BOTTOM OF THE BANK - MORE THAN 1.4 RADIANS OF CROWD ANGLE.

THEN WHEN CROWD ANGLE COMES LESS THAN 1.0 RADIANS - "DIGGING AND FILLING" PHASE IS OVER. ALSO SWING SPEED SHOULD BE MORE THAN 100 RPM TO SET THE START LOGIC.

WHEN OPERATOR GIVES DIPPER TRIP COMMAND BOTH START PERMISSIVE AND START LOGIC ARE RESET AND READY FOR NEXT CYCLE LOGIC.

Version Information:

Version	By	Date	Description
1	TRK	06-03-2009	Modified. Replaced Propel Dig transfer Switch (FDSD) (I28.2) with Propel Dig Switch edge Cab Request (EC_Switches.FDSD_EC_R)

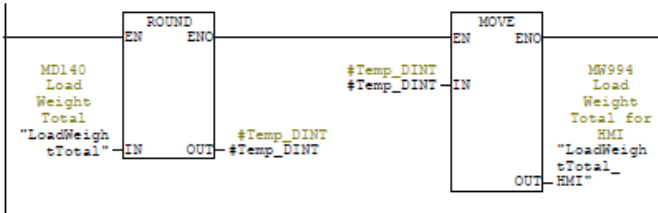


Segm.: 20 HMI DISPLAY - I

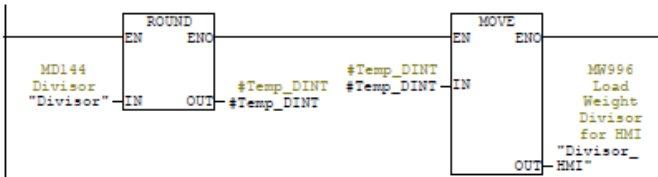
LOAD WEIGH ACTIVE IS DISPLAYED IN HMI BY M999.0



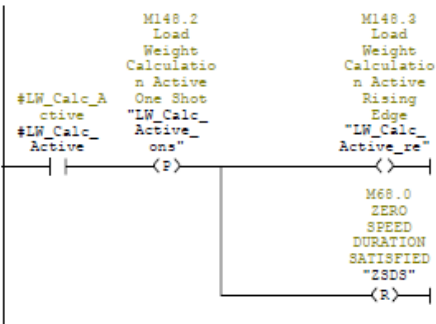
Segm.: 21 HMI DISPLAY - II
 VALID TORQUE ADDED VALUES ARE DISPLAYED IN HMI BY MW994



Segm.: 22 HMI DISPLAY - III
 AVERAGING DIVISOR IS DISPLAYED IN HMI BY MW996



Segm.: 23 LOAD WEIGH CALCULATION START RISING EDGE
 LOAD WEIGH CALCULATION START POINT IS DETECTED AND A RISING EDGE BIT IS GENERATED TO USE IN DETECTING AVERAGE SWING ANGLE.



Segm.: 24 Delta speed and acceleration calculation
 To simplify later calculations the speed is converted so hoist direction is positive.
 Delta speed(MD164) = Current speed - Previous speed(MD160)
 Acceleration(MD168) = Delta speed(MD164)/0.05(Scan time)

```

L   #RstSpdFbk          #RstSpdFbk
L   -1.000000e+000
+R
T   #RstSpdFbk          //correct for hoist positive
L   "RstSpdFbkPrev"    //Save for future calcs
                                #RstSpdFbk
                                MD160          -- Hoist Speed Feedback Previous

```



```

-R
T   "HstSpdFbkDelta"           //Save delta speed           MD164           -- Hoist Speed Fe
                                     edback Delta
L   5.000000e-002
/R
T   "HstSpdFbkAcc"             //Divide by scan time           MD168           -- Hoist Speed Fe
                                     //Save acceleration           edback Acceleration
L   1.000000e+001
+R
RND
T   "LoadWeight_Out".HstSpdFbkAcc_Out           DB601.DBW4           -- Hoist Speed Fe
                                     edback Acceleration Output
L   #HstSpdFbk
T   "HstSpdFbkPrev"           //Save speed to previous speed for next scan           MD160           -- Hoist Speed Fe
                                     edback Previous

```

```

Segm.: 25   Calculate J & Inertia Torque
-----
J = (Inertia Factor) * ((Motoring + braking inertia) / 32.2) * (PI / 30)
Inertia Torque (MD180) = J (dN/dt)

```

```

L   "LWconstants".InertiaF           DB109.DBD12           -- inertia factor
L   "LWconstants".MtrBrkInertia       DB109.DBD16           -- (motor + brake in
                                     erbia) / 32.2
+R
L   "LWconstants".PI_30               DB109.DBD20           -- Pi / 30
+R
                                     //J
L   "HstSpdFbkAcc"                   MD168                 -- Hoist Speed Feedb
                                     ack Acceleration
+R
                                     //J (dN/dt)
T   "HstInerTorq"                     MD180                 -- Hoist Inertia Tor
                                     que

```

```

Segm.: 26   Calculate Motor Torque - Inertia Torque
-----
Hoist torque will be converted to positive in hoisting direction.
Next the inertial torque will be subtracted.
Save value in MD176

```

```

L   #HstTrqFbk
L   "LWconstants".HTorqueMult         #HstTrqFbk           DB109.DBD4           -- percent hoi
                                     st torque multiplier
+R
                                     //Torque in Ft-Lbs
T   #HstTrqFbk
L   "HstInerTorq"                     MD180                 -- Hoist Inert
                                     ia Torque
-R
                                     //Motor torque - inertia torque
T   "HstMtrTorqMInerTorq"           MD176                 -- Hoist Motor
                                     Torque Minus Inertia Torque
RND
T   "LoadWeight_Out".HstMtrTorqMInerToq_Out //Output Torque-Inertia 10V=27648           DB601.DBW8           -- Hoist Motor
                                     Torque Minus Inertia Torque Out

```

```

Segm.: 27   Sign friction torque
-----
Negate the friction torque constant if speed is positive

```

```

L   "LWconstants".FrictTorque         DB109.DBD8           -- friction torqu
                                     e
T   #Temp_Real                       //store for calculation           #Temp_Real
L   #HstSpdFbk
L   0.000000e+000
+R
>R
JNB cnt1                             //detect speed in hoisting direction
L   "LWconstants".FrictTorque         //If in hoisting direction           DB109.DBD8           -- friction torqu
                                     e
L   -1.000000e+000                   //negate friction torque
+R
T   #Temp_Real                       #Temp_Real
cnt1: NOP
L   #Temp_Real                       #Temp_Real
L   5.000000e+001

```

```

+R
RND
T "LoadWeight_Out".FrictTorque_Out //Output Friction Torque 10V=553 DB601.DBW10 -- Friction Torque Output

```

Segm.: 28	Rope Force
-----------	------------

```

Rope force = ((Motor torque-Inertia torque) + Friction Torque) * kT/eff

L "HstMtrTorqMInerTorq" MD176 -- Hoist Motor Torque Minus Inertia Torque
L #Temp_Real #Temp_Real //remove friction torque
+R "LWconstants".kT_eff DB109.DBD0 -- rope force correction
L "LWconstants".Rope_Offset //Rope Force in Lbs DB109.DBD80 -- Rope Force Offset
+R "HstRopeFrc" //Store Rope Force MD184 -- Hoist Rope Force
L 5.000000e+001
/R
RND
T "LoadWeight_Out".HstRopeFrc_Out DB601.DBW12 -- Hoist Rope Force Output

```

Segm.: 29	Filter Rope Force
-----------	-------------------

```

L "HstRopeFrc" MD184 -- Hoist Rope Force
L "LWconstants".FilterOut_Prev DB109.DBD56 -- previous output from the filter
-R "LWconstants".FilterK DB109.DBD24 -- filter constant
+R "LWconstants".FilterOut_Prev DB109.DBD56 -- previous output from the filter
+R "LWconstants".FilterOut_Prev DB109.DBD56 -- previous output from the filter
T "HstRopeFrc" MD184 -- Hoist Rope Force
L 5.000000e+001
/R
RND
T "LoadWeight_Out".HstFltRopeFrc_Out //Output Filtered Rope Force 10V=1382 DB601.DBW14 -- Hoist Filtered Rope Force Output
400

```

Segm.: 30	Geometry Approximator (Third Order)
-----------	-------------------------------------

```

This calculation majically approximates the front end geometry

L "LWconstants".FilterOut_Prev DB109.DBD56 -- previous output from the filter
SQR L "LWconstants".FilterOut_Prev DB109.DBD56 -- previous output from the filter
+R "LWconstants".GAK3 //Input^3 DB109.DBD40 -- geometry approximation equation third order factor
+R "LWconstants".GAF1 //Third factor DB109.DBD68 -- Geometry factor 1
L "LWconstants".FilterOut_Prev DB109.DBD56 -- previous output from the filter
SQR L "LWconstants".GAK2 //Input^2 DB109.DBD36 -- geometry approximation equation second order factor
+R "LWconstants".GAF2 //Second Factor DB109.DBD72 -- Geometry factor 2
L "LWconstants".FilterOut_Prev DB109.DBD56 -- previous output from the filter

```

```

L      "LWconstants".Gk1                      DB109.DBD32      -- geometry approximation equation first order factor
+R
T      "LWconstants".GAF3                      //First Factor   DB109.DBD76      -- Geometry factor 3
L      "LWconstants".GAF2                      DB109.DBD72      -- Geometry factor 2
+R
L      "LWconstants".GAF1                      DB109.DBD68      -- Geometry factor 1
+R
L      "LWconstants".DWk                      //Added Factors  DB109.DBD48      -- geometry approximation equation dead weight constant
-R
                                           //Subtract deadweight
L      5.000000e-004
+R
                                           //Covert to tonns
T      "LWconstants".GAOut                    //Store output   DB109.DBD60      -- geometry approximation output
T      "HstRopeFrc"                            MD184           -- Hoist Rope Force
L      5.829600e+001
+R
RND
T      "LoadWeight_Out".HstFrntEndGmtry_Out    //Output to TP 10V=800 Tons DB601.DBW6      -- Hoist Front End Geometry Output

```

Segm.: 31	Output Speed n Torque
-----------	-----------------------

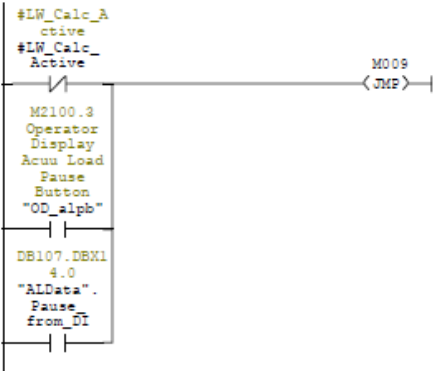
```

L      #HstSpdFbk                              #HstSpdFbk
L      1.000000e+001
+R
RND
T      "LoadWeight_Out".HstSpdFbk_X10_Out      //Speed X10      DB601.DBW0      -- Hoist Speed Feedback X 10 Output
L      #HstTrqFbk                              #HstTrqFbk
RND
T      "LoadWeight_Out".HstTrq_Out            //Torque         DB601.DBW2      -- Hoist Torque Analog Output
L      "LoadWeightTotal"                      MD140           -- Load Weight Total
L      2.000000e+000
/R
RND
T      "LoadWeight_Out".LoadWeightTotal_Out    //Load Weight Total 10V=85296 DB601.DBW16      -- Load Weight Total Output
L      "Divisor"                              MD144           -- Divisor
L      1.000000e+002
+R
RND
T      "LoadWeight_Out".Divisor_Out          //Divisor 10V=276 DB601.DBW18      -- Divisor Output
L      "ALData".DipperWeight                  DB107.DBW2      -- calculated dipper weight
L      1.382400e+002
+R
RND
T      "LoadWeight_Out".LoadWeight_Out        //Output Load Weight 10V=200Tons DB601.DBW20      -- Load Weight Output

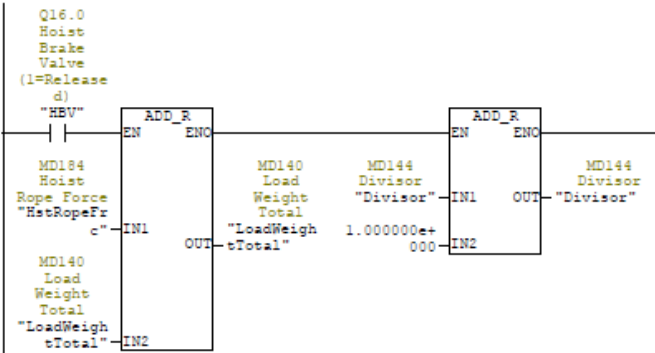
```



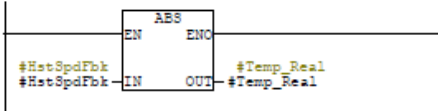
Segm.: 32 JUMP TO SWING ANGLE CALCULATION WHEN LOAD WEIGH IS NOT TO START
 WHEN LOAD WEIGH CALCULATION IS NOT TO START FROM LOGIC AT NETWORK 6 OR FAUSE SIGNAL FROM OPERTOR DISPLAY OR FAUSE SIGNAL FROM DISPATCH INTERFACE, PROGRAM IS MADE TO JUMP TO SWING ANGLE CALCULATION.



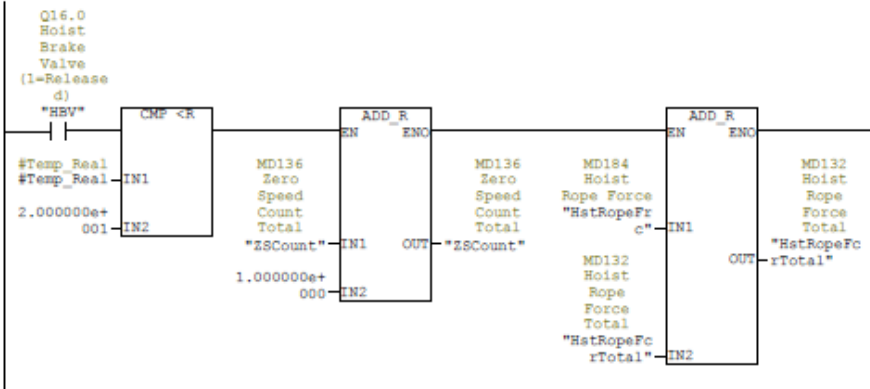
Segm.: 33 VALID TORQUE VALUES AVERAGING
 VALID TORQUE VALUES ARE ADDED EVERY SCAN WITH NEW (OR) PREVIOUS VALUES BASED ON CONDITIONS AND DIVISOR IS ALSO UPDATED FOR AVERAGING



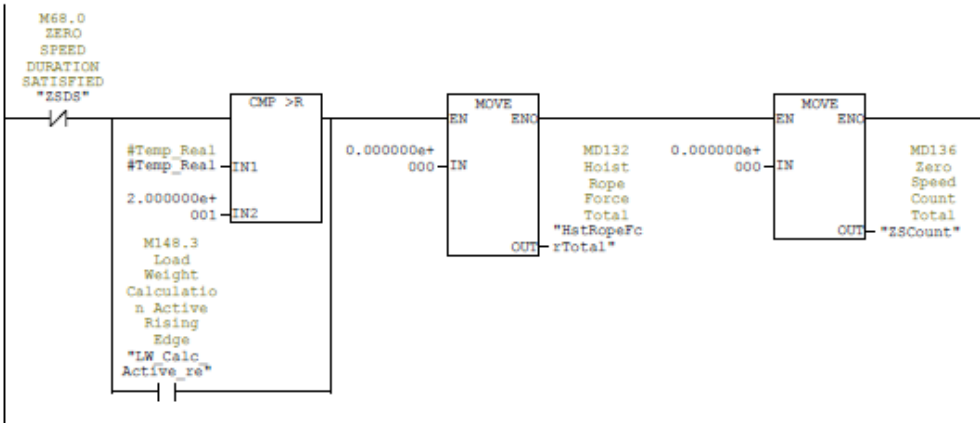
Segm.: 34 ABSOLUTEVALUE OF HOIST SPEED FEEDBACK
 HOIST SPEED FEEDBACK ABSOLUTE VALUE IS TRANSFERRED TO TEMP_REAL FOR USING IN THE NEXT NETWORK.



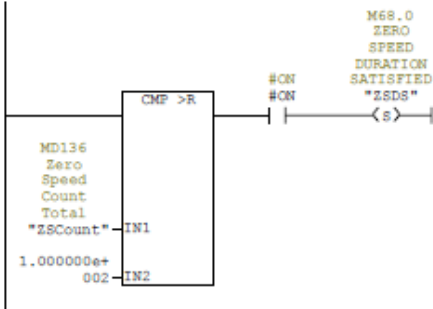
Segm.: 35 DETECT ZERO SPEED AND DURATION
 THIS NETWORK IS USED TO DETECT THE ZERO SPEED EVENTS IN THE CYCLE AND THEY ARE COUNTED FOR THE DURATION. EVERY TIME WHEN THEY ARE, THAT VALID TORQUE VALUE IS TRANSFERRED.



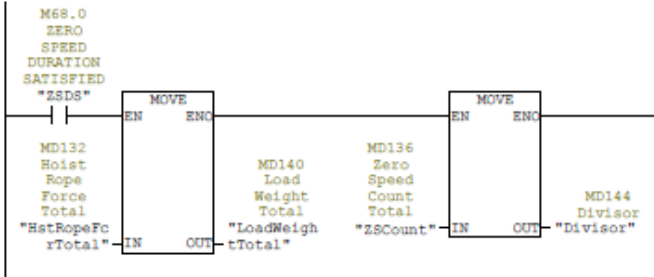
Segm.: 36 DETECT NOT ZERO SPEED AND RESET DURATION
 THIS NETWORK IS USED TO DETECT SPEED MORE THAN ZERO IN THE CYCLE AND ZERO SPEED DURATION IS RESET.



Segm.: 37 ZERO SPEED DURATION SATISFIED?
 IF ZERO SPEED IN THE LOAD WEIGH CYCLE IS SATISFIED, M68.0 BIT IS SET.
 SINCE THIS FC IS EXECUTED EVERY 50ms, PRESENTLY THE DURATION IS LOOKED FOR 1 SEC.

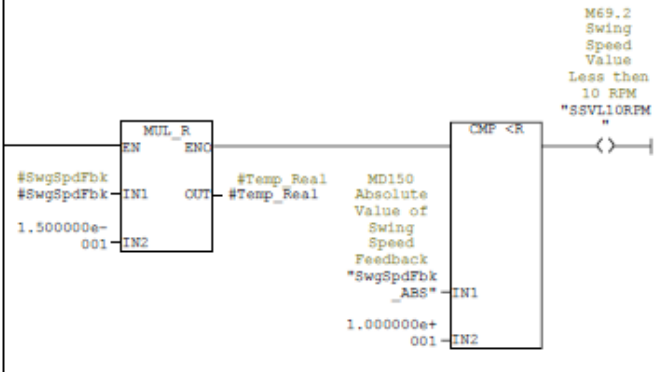


Segm.: 38 TRANSFER ZERO ACCELERATION DURATION VALUES TO AVERAGING
 IF ZERO ACCELERATION DURATION IS SATISFIED, DIVIDEND AND DIVISOR FOR FINAL AVERAGE ARE OVERRITTEN WITH ZERO ACCELERATION VALUES.

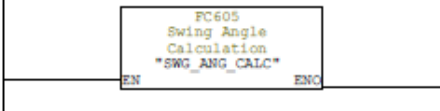


Segm.: 39 SWING ANGLE CALCULATION
 SWING ANGLE CALCULATION IS DONE FROM THIS NETWORK. SWING SPEEDBACK VALUE IS MULTIPLIED WITH A CONSTANT FACTOR TO MAKE THE INTEGRATION DONE IN THE NEXT NETWORK TO READ THE CORRECT ANGLE. ALSO THE INTEGRATION IS HELD, IF SWING SPEED VALUE IS LESS THAN 10RPM FOR THE PURPOSE OF IGNORING THE NOISE ON THE SPEED FEEDBACK SIGNAL.

M009

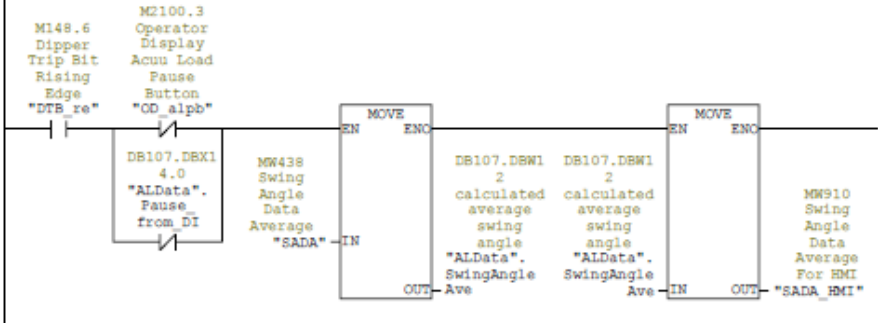


Segm.: 40



Segm.: 41 TRANSFER OF AVERAGE SWING ANGLE DATA

AVERAGE SWING ANGLE IS TRANSFERRED TO OPERATOR DISPLAY AND HMI - WHEN PAUSE FUNCTION IS SELECTED BY THE OPERATOR THIS OPERATION IS NOT EXECUTED.



Segm.: 42 BINARY OUTPUT SIGNAL CONFIGURATION FOR LOAD WEIGH REMOTE I/O

LOAD WEIGH REMOTE I/O NODE IS EQUIPPED WITH TEST POINT TERMINALS (3.5mm) FOR ALL BINARY OUTPUTS. BINARY OUTPUTS CAN BE CONFIGURED HERE BY SELECTING THE REQUIRED SIGNALS.

Version Information:

Version	By	Date	Description
2	TRK	06-08-2009	Modified. Remove Digital Joystick Option (DJO) no longer needed. All Joystick using this program will be digital.
1	TRK	06-05-2009	Modified. Replaced Propel Brake Switch (PBS) [129.1] with Propel Brake Switch Edge Cab Request (EC Switches.PBS_EC_R)

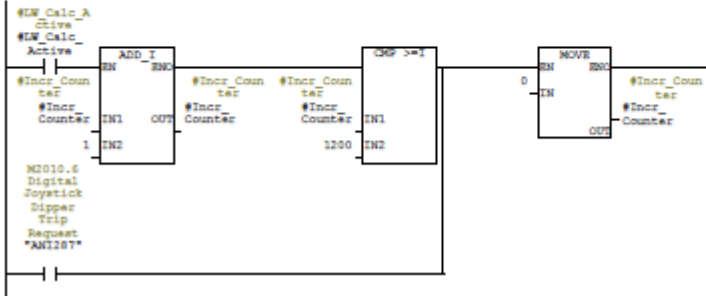
Node	Signal	Output	Terminal
M032.4 Digital Joystick Dipper Trip Request "DIPTRIP"	Input1	Output1	Q580.0 Load Weigh Remote I/O Word 180 Bit 0 "LWRTOMIO0"
M032.5 DEX1 DEX2 DEX3 DEX4 DEX5 "DEX"	Input2	Output2	Q580.1 Load Weigh Remote I/O Word 180 Bit 1 "LWRTOMIO1"
ECM_Cab_A mline ECM_Cab mline	Input3	Output3	Q580.2 Load Weigh Remote I/O Word 180 Bit 2 "LWRTOMIO2"
DB107.DEX 12.3 Propel Brake Switch Edge Cab Request "EC Switches"	Input4	Output4	Q580.3 Load Weigh Remote I/O Word 180 Bit 3 "LWRTOMIO3"
PBS_EC_R	Input5	Output5	Q580.4 Load Weigh Remote I/O Word 180 Bit 4 "LWRTOMIO4"
OFF	Input6	Output6	Q580.5 Load Weigh Remote I/O Word 180 Bit 5 "LWRTOMIO5"
OFF	Input7	Output7	Q580.6 Load Weigh Remote I/O Word 180 Bit 6 "LWRTOMIO6"
OFF	Input8	Output8	Q580.7 Load Weigh Remote I/O Word 180 Bit 7 "LWRTOMIO7"

Segm.: 43 INCR_COUNTER SIGNAL FOR WRITING/ READING FROM DATA BLOCKS

DB12 TO DB29 IS SET UP FOR READING AND WRITING REQUIRED DATA FOR ANALYSIS. THIS INCR_COUNTER IS INCREMENTED DURING LOAD WRITE CALCULATION TIME TO WRITE / READ SPECIFIC SIGNALS TO/FROM A DATA BLOCK. ALL DATA BLOCKS ARE SET FOR "REAL" DATA TYPE (FLOATING POINT).

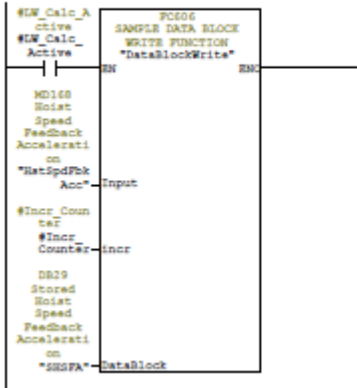
Version Information:

Version	By	Date	Description
1	TRK	06-08-2009	Modified. Remove Digital Joystick Option (DJO) no longer needed. All Joystick using this program will be digital.

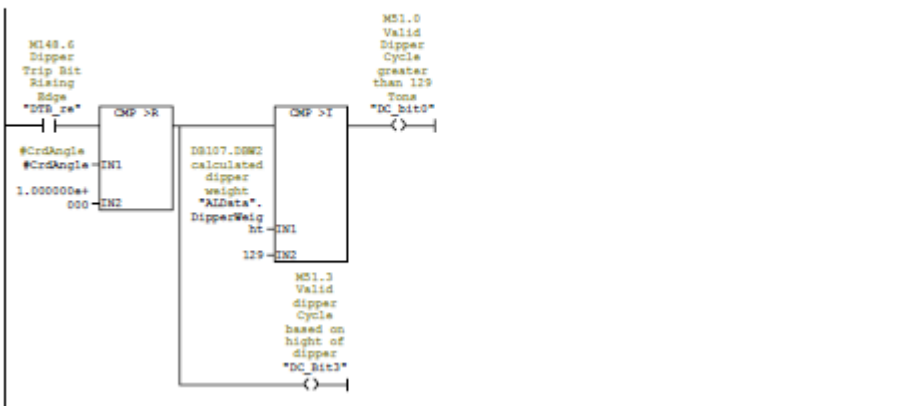


Segm.: 44 SAMPLE DATA BLOCK WRITE FUNCTION

HERE VALID TORQUE VALUES FROM LOAD WRITE CALCULATION IS WRITTEN TO DB12 DURING LOAD WRITE CALCULATION ACTIVE DURATION.



Segm.: 45 Cycle Counter Preconditions
 Added by Anthony Monkus, 8/19/2005, for Foundation Coal.
 This network is a precondition for a counter that will count the number of Dipper Loads greater than 129 Tons. It is reset when the operator selects the Clear Shift button on the Operator Display.



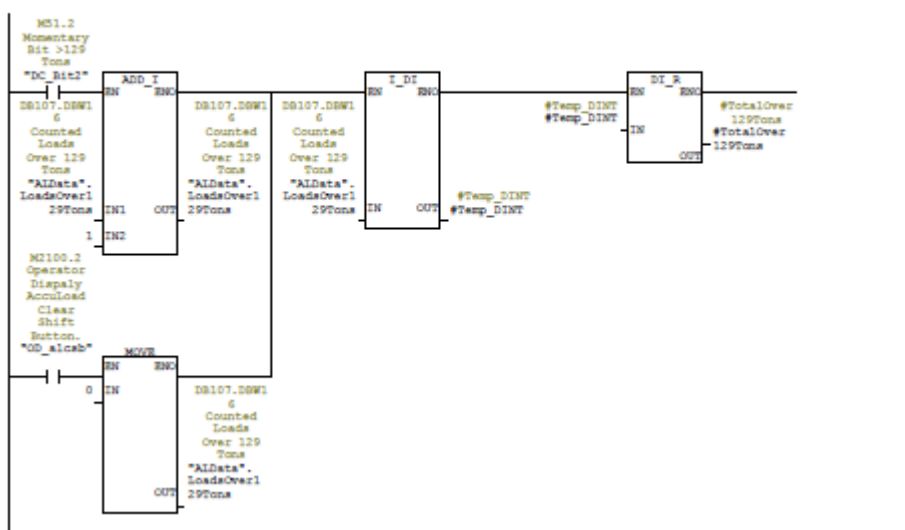
Segm.: 46 129 Ton Positive Edge Detection
 Added by Anthony Monkus, 8/19/2005, for Foundation Coal. This is a positive edge detection for M51.0. Greater than 129 Tons in the dipper.



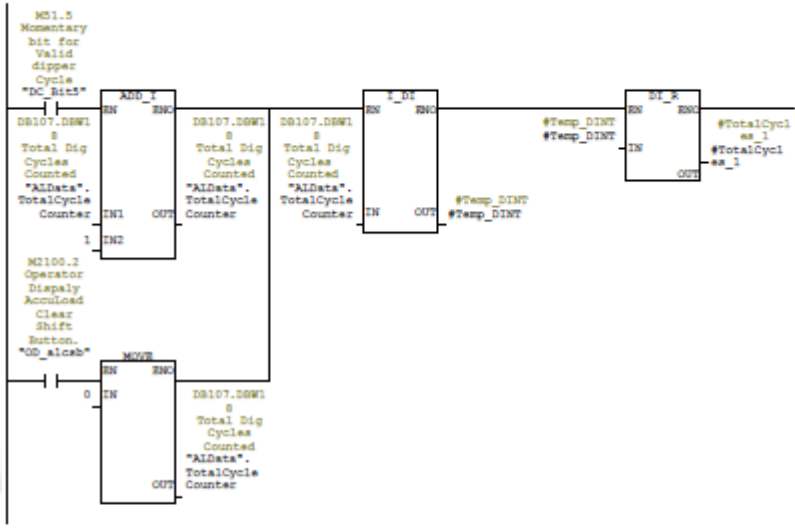
Segm.: 47 Total Cycles Positive Edge Detection
 Added by Anthony Monkus, 8/19/2005, for Foundation Coal. This is a positive edge detection for M51.3. Total Cycles.



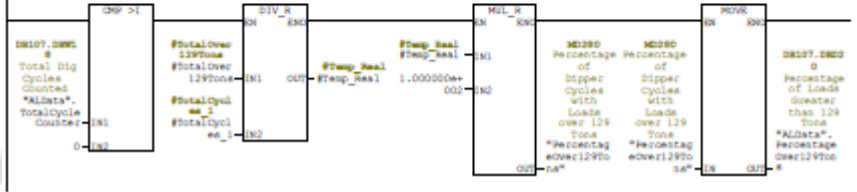
Segm.: 48 Count Dipper Loads Greater Than 129 Tons
 Added by Anthony Monkus, 8/19/2005, for Foundation Coal. This network counts the number of dipper loads greater than 129 tons. *spare37* is the Clear Shift bit set by the Clear Shift button on the Operator Display.



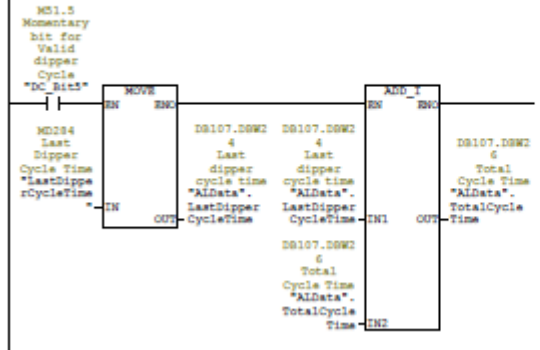
Segm.: 49 Count Total Number of Cycles
 Added by Anthony Monkus, 8/19/2005, for Foundation Coal. This network counts the total number of dipper cycles "spare37" is the Clear Shift bit set by the Clear Shift button on the Operator Display.



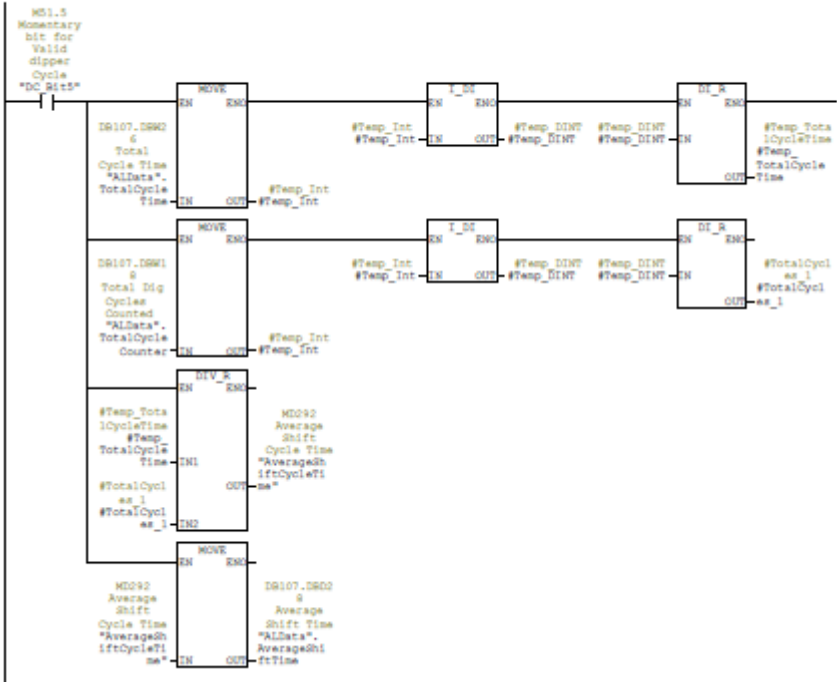
Segm.: 50 Dipper Load Percentage
 Added by Anthony Monkus, 8/19/2005, for Foundation Coal. This network calculates the percentage of Dipper Cycles with Loads over 129 Tons.



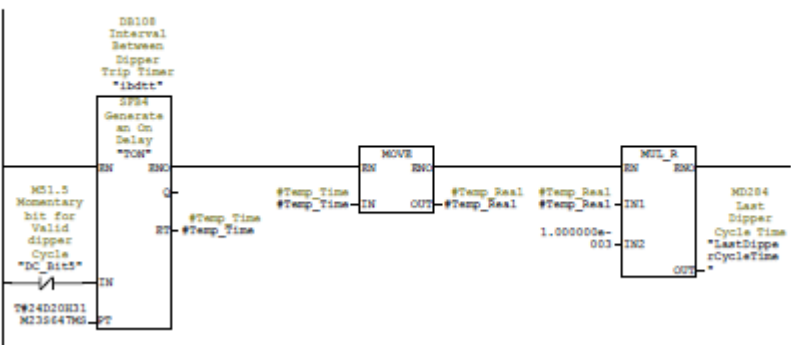
Segm.: 51 Total Cycle Time Calculation
 Added by Anthony Monkus, 8/19/2005, for Foundation Coal. This network updates the last dipper cycle time, calculates the total cycle time, and writes to DB107.



Segm.: 53 Average Cycle Time
 Added by Anthony Monkus, 8/19/2005, for Foundation Coal.
 This network calculates the average cycle time and writes to DB107.



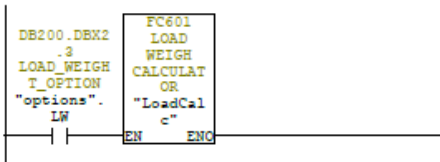
Segm.: 53 Cycle Timer
 Added by Anthony Monkus, 8/19/2005, for Foundation Coal. This network contains the cycle timer used to determine the time interval between dipper trips. The cycle time is written to instance DB108 and then to DB107.



ANEXO 5. PROGRAMACIÓN DEL PLC – BLOQUE OB32

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Comentario
TEMP		0.0	
OB32_EV_CLASS	Byte	0.0	Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)
OB32_STRT_INF	Byte	1.0	16#33 (OB 32 has started)
OB32_PRIORITY	Byte	2.0	9 (Priority of 1 is lowest)
OB32_OB_NUMBR	Byte	3.0	32 (Organization block 32, OB32)
OB32_RESERVED_1	Byte	4.0	Reserved for system
OB32_RESERVED_2	Byte	5.0	Reserved for system
OB32_PHASE_OFFSET	Word	6.0	Phase offset (msec)
OB32_RESERVED_3	Int	8.0	Reserved for system
OB32_EXC_FREQ	Int	10.0	Frequency of execution (msec)
OB32_DATE_TIME	Date And Time	12.0	Date and time OB32 started

Segm.: 1

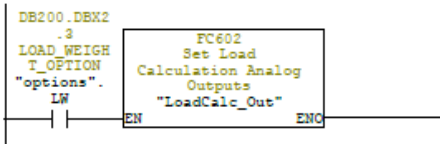


Segm.: 2 Call Load Weight Calculations Sent To Outputs Function

If Load Weight Option TRUE then call Load Weight Calculations sent to output function.

Version Information:

Version	By	Date	Description
1	HReynoso	06/25/09	Modified Removed NC "Switch PQW from LoadWeight and Mechanical Testing to Hydraulic Crowd Testing" (DB200.DBX8.3)



Segm.: 3 Call Hydralic Crowd Testing Function.			
If Hydralic Crowd Testing Option TRUE then Call Hydralic Testing Function.			
If Load Wieht Option TRUE then call Load Wieht Calculations sent to output function.			
Version Information:			
Version	By	Date	Description
2	JBissing	6/9/2010	Modified FC1900 moved to OB1 so it was called every cycle.
1	HReynoso	1/1/2010	Modified Replaced "Hydraulic Crowd Testing Option" with "Hydraulic Crowd" option

Segm.: 4			
Option to calculate the turning angle - Propel			
Attempting to turn in excess of 15° to 20° can cause serious damage to crawler links and side frames.			
Version Information:			
Version	By	Date	Description
1	E.Rodriguez	02/14/2015	Real-time calc. of the turning angle

```

DB200.DBX2
01.2
Option to
Calculate
the
turning
angle -
Propel
"options".
Turning_
Ang_Propel
FC4300
"Turning_Angle_
Propel"
| EN | ENC

```



ANEXO 6. PROGRAMACIÓN DEL PLC – BLOQUE OFC4300

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Comentario
IN		0.0	
OUT		0.0	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
Desp_Ang1	Real	0.0	
Desp_Ang2	Real	4.0	
Vel_p2_neg	Real	8.0	
Ang2_sub_Ang1	Real	12.0	
ATP_HMI	Int	16.0	
Abs_Alarm	Real	18.0	
Abs_Despl1	Real	22.0	
Abs_Despl2	Real	26.0	
Ang_act_alarm	Real	30.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

```

Bloque: FC4300
Calculo del angulo de giro - Propel, Propel2
Teniendo en cuenta un tiempo de muestreo de 0.05S
-----
(R_TxPrope)rev/min      60 seg.      2PI rad.
(R_TxPrope)rev/min      0.05 seg.    0.005236 rad.
(V.Real)rev/min         0.05 seg.    Despl_Ang.

Desp_Ang=V.Real*(0.005236/R_TxPrope)
Desp_Ang: Angulo de giro o desplazamiento angular de cada oruga
-----

Realizando relaciones geometricas el angulo de giro de traslacion generado en
el piso por el movimiento de las orugas viene dado por:

Ang_Tras_Prop = (L2-L1)/D
               = (Ang2-Ang1)*(r/D) rad.
               = (Ang2-Ang1)*(r/D)*(180/PI) sex.
D: distancia entre orugas (m)
r: radio de orugas (m)
L2: desplazamiento oruga2
L1: desplazamiento oruga1
-----

```

```
Segn.: 1
Fact_Desp_Ang = 0.005236/ R_TxPrope
```

	DIV_R		
	EN	ENC	
5.236000e-003	IN1		DB4300.DBD 12 Factor calculo del desplazami ento
DB4300.DBD 0 Relacion de la transmisio n de propel "Turning_ Ang_ Propel" R_TxPropel		IN2	angular = t.muestreo 50ms "Turning_ Ang_ Propel". Fact_Desp_ Ang
		000	

```
Segn.: 2      contramarcha
```

```

A      *ANI201*      M2000.0      -- propel #1 control on
A      *ANI210*      M2001.1      -- propel #2 control on
A(
L      *Vel_P1*      MD4300      -- Velocidad P1
L      0.000000e+000
>R
)
A(
L      *Vel_P2*      MD4304      -- Velocidad P2
L      0.000000e+000
>R
)
O
A(
L      *Vel_P1*      MD4300      -- Velocidad P1
L      0.000000e+000
<R
)
A(
L      *Vel_P2*      MD4304      -- Velocidad P2
L      0.000000e+000
<R
)
)
=      *Counter_Gear* M4316.3      -- Contramarcha

```

```
Segn.: 3      avance
```

```

A      *ANI201*      M2000.0      -- propel #1 control on
A      *ANI210*      M2001.1      -- propel #2 control on
A(
L      *Vel_P1*      MD4300      -- Velocidad P1
L      0.000000e+000
>R
)
A(
L      *Vel_P1*      MD4300      -- Velocidad P1
L      0.000000e+000
<R
)
)
=      *Advance*      M4316.4      -- Avance

```



```

Segm.: 4      reversa
A      "AM1201" M2000.0      -- propel #1 control on
A      "AM1210" M2001.1      -- propel #2 control on
A(
L      "Vel_p1" MD4300      -- Velocidad P1
L      0.000000e+000
<R
)
A(
L      "Vel_p2" MD4304      -- Velocidad P2
L      0.000000e+000
<R
)
=      "Reverse" M4316.0      -- Reverse

```

Segm.: 5 Avance

Si el sentido de movimiento es de avance, los desplazamientos angulares específicos correspondientes a este movimiento son los utilizados para poder obtener el ángulo de viraje, desplazamiento lineal de crupas. Los valores de los ángulos específicos de reversa y contramarcha son inicializados en valor 0.

```

A      "Advance" M4316.4      -- Avance
=      L      34.0
A(
A(
L      34.0
JMB 001
L      "Vel_p1" MD4300      -- Velocidad P1
L      "Turning_Ang_Propel".Fact_Deap_Ang DD4300.DDD12 -- Factor calculo del desplazamiento angular - t.mues
treo 30mS
*R
T      #Deap_Ang1 #Deap_Ang1
AM
SAVE
CLR
_001: A      BR
)
JMB 002
L      "Turning_Ang_Propel".Adva_Ang1_acm DD4300.DDD48 -- Desplazamiento angular acm en avance propel 1
L      #Deap_Ang1 #Deap_Ang1
+R
T      "Turning_Ang_Propel".Adva_Ang1_acm DD4300.DDD48 -- Desplazamiento angular acm en avance propel 1
AM
SAVE
CLR
_002: A      BR
)
JMB 003
L      "Turning_Ang_Propel".Adva_Ang1_acm DD4300.DDD48 -- Desplazamiento angular acm en avance propel 1
L      "Turning_Ang_Propel".Deap_Ang1_acm DD4300.DDD16 -- Desplazamiento angular acumulado propel 1
_003: NOP
A(
A(
A(
L      34.0
JMB 004
L      "Vel_p2" MD4304      -- Velocidad P2
L      -1.000000e+000
*R
T      #Vel_p2_neg #Vel_p2_neg
AM
SAVE
CLR
_004: A      BR
)
JMB 005
L      #Vel_p2_neg #Vel_p2_neg
L      "Turning_Ang_Propel".Fact_Deap_Ang DD4300.DDD12 -- Factor calculo del desplazamiento angular - t.mues
treo 30mS
*R
T      #Deap_Ang2 #Deap_Ang2
AM
SAVE
CLR
_005: A      BR
)
JMB 006
L      "Turning_Ang_Propel".Adva_Ang2_acm DD4300.DDD52 -- Desplazamiento angular acm en avance propel 2

```




```

L      #Deap_Ang2                #Deap_Ang2
+R
T      "Turning_Ang_Propel".Adv_Ang2_acm  DB4300.DBD52  -- Desplazamiento angular acm en avance propel 2
AN
SAVE
CLR
_006: A      BR
)
JNB   _007
L      "Turning_Ang_Propel".Adv_Ang2_acm  DB4300.DBD52  -- Desplazamiento angular acm en avance propel 2
T      "Turning_Ang_Propel".Deap_Ang2_acm DB4300.DBD20  -- Desplazamiento angular acumulado propel 2
_007: NOP
)
A[
A[
A[
A      L      34.0
JNB   _008
L      0.000000e+000
T      "Turning_Ang_Propel".Counter_Ang2_acm DB4300.DBD64  -- Desplazamiento angular acm en contramarcha propel
)
SET
SAVE
CLR
_008: A      BR
)
JNB   _009
L      0.000000e+000
T      "Turning_Ang_Propel".Counter_Ang2_acm DB4300.DBD68  -- Desplazamiento angular acm en contramarcha propel
)
SET
SAVE
CLR
_009: A      BR
)
JNB   _00a
L      0.000000e+000
T      "Turning_Ang_Propel".Rev_Ang1_acm   DB4300.DBD56  -- Desplazamiento angular acm en reversa propel 1
)
SET
SAVE
CLR
_00a: A      BR
)
JNB   _00b
L      0.000000e+000
T      "Turning_Ang_Propel".Rev_Ang2_acm   DB4300.DBD60  -- Desplazamiento angular acm en reversa propel 2
_00b: NOP
)

```

Segm.: 6 Reversa

se activa cuando el sentido de movimiento es de Reversa, los desplazamiento angulares correspondientes a este movimiento son los utilizados para los calculos futuros (Angulo de viraje, desplazamiento lineal de orugas). Los valores de los angulos especificos de avance y contramarcha son inicializados en valor 0.

```

A      "Reverse"                M4316.0      -- Reversa
+
L      34.0
A[
A[
A      L      34.0
JNB   _00c
L      "Vel_F1"                MD4300      -- Velocidad F1
L      "Turning_Ang_Propel".Fact_Deap_Ang DB4300.DBD12 -- Factor calculo del desplazamiento angular - t.tmes
)
+R
T      #Deap_Ang1                #Deap_Ang1
AN
SAVE
CLR
_00c: A      BR
)
JNB   _00d
L      "Turning_Ang_Propel".Rev_Ang1_acm  DB4300.DBD56  -- Desplazamiento angular acm en reversa propel 1
L      #Deap_Ang1                #Deap_Ang1
+R
T      "Turning_Ang_Propel".Rev_Ang1_acm  DB4300.DBD56  -- Desplazamiento angular acm en reversa propel 1
AN
SAVE
CLR
_00d: A      BR
)
JNB   _00e
L      "Turning_Ang_Propel".Rev_Ang1_acm  DB4300.DBD56  -- Desplazamiento angular acm en reversa propel 1
T      "Turning_Ang_Propel".Deap_Ang1_acm DB4300.DBD16  -- Desplazamiento angular acumulado propel 1
)

```

```

_00e: NOP 0
      A|
      A|
      A|
      A L 34.0
      JNB _00f
      L "Vel_p2" MD4304 -- Velocidad P2
      L -1.000000e+000
      *R
      T #Vel_p2_neg #Vel_p2_neg
      AN
      SAVE
      CLR
_00f: A BR
      }
      JNB _010
      L #Vel_p2_neg #Vel_p2_neg
      L "Turning_Ang_Propel".Fact_Deap_Ang DB4300.DBD12 -- Factor calculo del desplazamiento angular - t.mues
      L tteo 50ms
      *R
      T #Deap_Ang2 #Deap_Ang2
      AN
      SAVE
      CLR
_010: A BR
      }
      JNB _011
      L "Turning_Ang_Propel".Rev_Ang2_acm DB4300.DBD60 -- Desplazamiento angular acm en reversas propel 2
      L #Deap_Ang2
      *R
      T "Turning_Ang_Propel".Rev_Ang2_acm DB4300.DBD60 -- Desplazamiento angular acm en reversas propel 2
      AN
      SAVE
      CLR
_011: A BR
      }
      JNB _012
      L "Turning_Ang_Propel".Rev_Ang2_acm DB4300.DBD60 -- Desplazamiento angular acm en reversas propel 2
      T "Turning_Ang_Propel".Deap_Ang2_acm DB4300.DBD20 -- Desplazamiento angular acumulado propel 2
_012: NOP 0
      A|
      A|
      A|
      A L 34.0
      JNB _013
      L 0.000000e+000
      T "Turning_Ang_Propel".Counter_Ang1_acm DB4300.DBD64 -- Desplazamiento angular acm en contramarcha propel
      L 1
      SET
      SAVE
      CLR
_013: A BR
      }
      JNB _014
      L 0.000000e+000
      T "Turning_Ang_Propel".Counter_Ang2_acm DB4300.DBD68 -- Desplazamiento angular acm en contramarcha propel
      L 1
      SET
      SAVE
      CLR
_014: A BR
      }
      JNB _015
      L 0.000000e+000
      T "Turning_Ang_Propel".Adva_Ang1_acm DB4300.DBD48 -- Desplazamiento angular acm en avance propel 1
      SET
      SAVE
      CLR
_015: A BR
      }
      JNB _016
      L 0.000000e+000
      T "Turning_Ang_Propel".Adva_Ang2_acm DB4300.DBD52 -- Desplazamiento angular acm en avance propel 2
_016: NOP 0

```



```

Segm.: 7      contramarcha
-----
se activa cuando el sentido de movimiento es de contramarcha, los
desplazamiento
angulares correspondientes a este movimiento son los utilizados para los
calculos futuros( Angulo de viraje, desplazamiento lineal de orugas).
Los valores de los angulos especificos de avance y reversa son inicializados en
valor 0.

A      "Counter_Gear"                M4316.3      -- Contramarcha
=      L      34.0
A(
A(
A      L      34.0
JNB   017
L      "Vel_F1"                      MD4300      -- Velocidad F1
L      "Turning_Ang_Propel".Fact_Deap_Ang DB4300.DBD12 -- Factor calculo del desplazamiento angular - t.mosa
trec 50mS
+R
T      #Deap_Ang1                      #Deap_Ang1
AN
SAVE
CLR
_017: A      BR
)
JNB   018
L      "Turning_Ang_Propel".Counter_Ang1_acm DB4300.DBD64 -- Desplazamiento angular acm en contramarcha propel
1
L      #Deap_Ang1                      #Deap_Ang1
+R
T      "Turning_Ang_Propel".Counter_Ang1_acm DB4300.DBD64 -- Desplazamiento angular acm en contramarcha propel
1
AN
SAVE
CLR
_018: A      BR
)
JNB   019
L      "Turning_Ang_Propel".Counter_Ang1_acm DB4300.DBD64 -- Desplazamiento angular acm en contramarcha propel
1
T      "Turning_Ang_Propel".Deap_Ang1_acm DB4300.DBD16 -- Desplazamiento angular acumulado propel 1
_019: NOP
A(
A(
A(
A      L      34.0
JNB   01a
L      "Vel_F2"                      MD4304      -- Velocidad F2
L      -1.000000e+000
+R
T      #Vel_p2_neg                      #Vel_p2_neg
AN
SAVE
CLR
_01a: A      BR
)
JNB   01b
L      #Vel_p2_neg                      #Vel_p2_neg
L      "Turning_Ang_Propel".Fact_Deap_Ang DB4300.DBD12 -- Factor calculo del desplazamiento angular - t.mosa
trec 50mS
+R
T      #Deap_Ang2                      #Deap_Ang2
AN
SAVE
CLR
_01b: A      BR
)
JNB   01c
L      "Turning_Ang_Propel".Counter_Ang2_acm DB4300.DBD68 -- Desplazamiento angular acm en contramarcha propel
1
L      #Deap_Ang2                      #Deap_Ang2
+R
T      "Turning_Ang_Propel".Counter_Ang2_acm DB4300.DBD68 -- Desplazamiento angular acm en contramarcha propel
1
AN
SAVE
CLR
_01c: A      BR
)
JNB   01d
L      "Turning_Ang_Propel".Counter_Ang2_acm DB4300.DBD68 -- Desplazamiento angular acm en contramarcha propel
1
T      "Turning_Ang_Propel".Deap_Ang2_acm DB4300.DBD20 -- Desplazamiento angular acumulado propel 2

```



```

_01d: NOP 0
      A[
      A[
      A[
      A L 34.0
      JMB 01e
      L 0.000000e+000
      T "Turning_Ang_Propel".Rev_Ang1_acm DB4300.DBD56 -- Desplazamiento angular acm en reversa propel 1
      SET
      SAVE
      CLR
_01e: A BR
      )
      JMB 01f
      L 0.000000e+000
      T "Turning_Ang_Propel".Rev_Ang2_acm DB4300.DBD60 -- Desplazamiento angular acm en reversa propel 2
      SET
      SAVE
      CLR
_01f: A BR
      )
      JMB 020
      L 0.000000e+000
      T "Turning_Ang_Propel".Adva_Ang1_acm DB4300.DBD48 -- Desplazamiento angular acm en avance propel 1
      SET
      SAVE
      CLR
_020: A BR
      )
      JMB 021
      L 0.000000e+000
      T "Turning_Ang_Propel".Adva_Ang2_acm DB4300.DBD52 -- Desplazamiento angular acm en avance propel 2
_021: NOP 0

```

```

Segm.: 8 Fact_ATP
Rel_rD = r/D
Fact_ATP =(r/D)*(57.2958)sex

```

DIV_R		REL_R	
EN	END	EN	END
DB4300.DBD 8 Radio de oruga (metro) "Turning_ Ang_ Propel". Rad_Oruga	EN1 OUT	DB4300.DBD 24 Relacion r/D "Turning_ Ang_ Propel". Rel_rD	EN1 OUT
DB4300.DBD 4 Distancia entre orugas (metro) "Turning_ Ang_ Propel". Diat_ Oruga	EN2	5.729580e+ 001	EN2
		DB4300.DBD 28 Factor Ang_Feas_P Zopel "Turning_ Ang_ Propel". Fact_ATP	



Segm.: 9 calculo del angulo de viraje

Ang_Tras_Prop = (Despl_Angl_acm - Despl_Angl_acm)*(Fact_ATF) axx.

SUB_R		MUL_R	
IN	ENC	IN	ENC
DB4300.DBD			
20		#Angl_sub_	
Desplazami		Angl	
ento		#Angl_sub_	
angular		Angl	DN1
acumulado			
propel 2		DB4300.DBD	
"Turning_		20	
Ang		Factor	
Propel".		Ang_Tras_P	
Despl_Angl_		propel	
acm	DN1	"Turning_	
	OUT	Ang	
		Propel".	
		Fact_ATF	DN2
DB4300.DBD			
16			
Desplazami			
ento			
angular			
acumulado			
propel 1			
"Turning_			
Ang			
Propel".			
Despl_Angl_			
acm	DN2		

Segm.: 10 Calculo del desplazamiento oruga 1

Calculo del desplazamiento realizado por oruga 1

Long_Angl_Tot= Despl_Angl_acm * r

MUL_R	
IN	ENC
DB4300.DBD	
16	
Desplazami	
ento	
angular	
acumulado	
propel 1	
"Turning_	
Ang	
Propel".	
Despl_Angl_	
acm	DN1
	OUT
	Despl_Tot
DB4300.DBD	
8	
Radio de	
oruga	
(metro)	
"Turning_	
Ang	
Propel".	
Rad_Oruga	DN2



Segm.: 11 Cálculo del desplazamiento oruga 2

Cálculo del desplazamiento realizado oruga 2
 $Long_Ang2_Tot = Despl_Ang2_acm * r$

	MUL_R	
	IN	ENC
DB4300.DBD		
20		
Desplazami		
ento		
angular		
acumulado		
propel 2		
"Turning_		
Ang_		
Propel".		
Despl_Ang2_		
acm	IN1	OUT
DB4300.DBD		
3		
Radio de		
oruga		
(metro)		
"Turning_		
Ang_		
Propel".		
Rad_Oruga	IN2	

Segm.: 12 Ángulo de viraje IDMI

Conversion de angulo de viraje para mostrar en IDMI

```

A[
L "Turning_Ang_Propel".Ang_Tras_Propel DB4300.DBD32 -- Angulo de Traslacion Propel
RMD
T #ATP_IDMI #ATP_IDMI
AN OV
SAVE
CLR
A BR
]
ENB 024
L #ATP_IDMI #ATP_IDMI
T "Turning_Ang_Propel".Ang_Tras_Propel_IDMI DB4300.DBD36 -- Angulo de Traslacion Propel para IDMI
_024: NOP 0

```

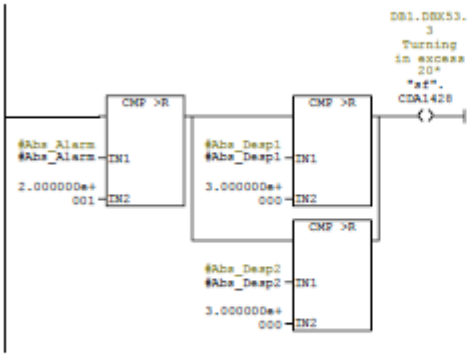
Segm.: 13 Valores absolutos de parametros

-Desplazamiento de oruga 1.
 -Desplazamiento de oruga 2.
 -Ángulo de viraje.

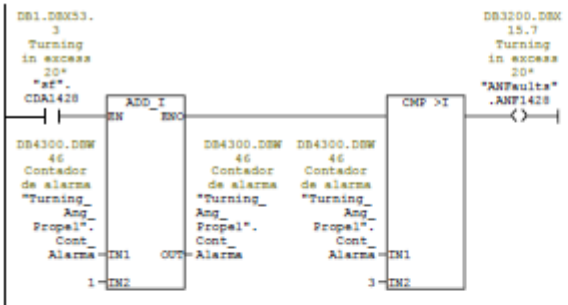
	ABS			ABS			ABS	
	IN	ENC		IN	ENC		IN	ENC
DB4300.DBD			DB4300.DBD			DB4300.DBD		
38			42			32		
Long.			Long.			Angulo de		
desplazami			desplazami			Traslacion		
ento			ento			Propel		
lineal			lineal			"Turning_		
oruga 1			oruga 2			Ang_		
"Turning_			"Turning_			Propel".		
Ang_			Ang_			Ang_Tras_		
Propel".			Propel".			Prop	IN	OUT
Long_			Long_					
Despl_Tot	IN	OUT	Despl_Tot	IN	OUT			
		#Abs_Despl			#Abs_Despl			#Abs_Ang
		#Abs_Despl			#Abs_Despl			#Abs_Ang



Segm.: 14 Turning in Excess 20°



Segm.: 15 Contador de alarma



Segm.: 16 Reset Values por alarmas

Activar Reset values (M4316.1) cuando se activa alarma.

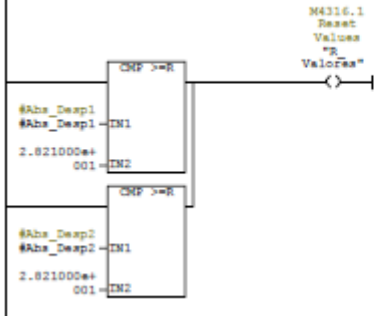


Segm.: 17 Alarma ANF



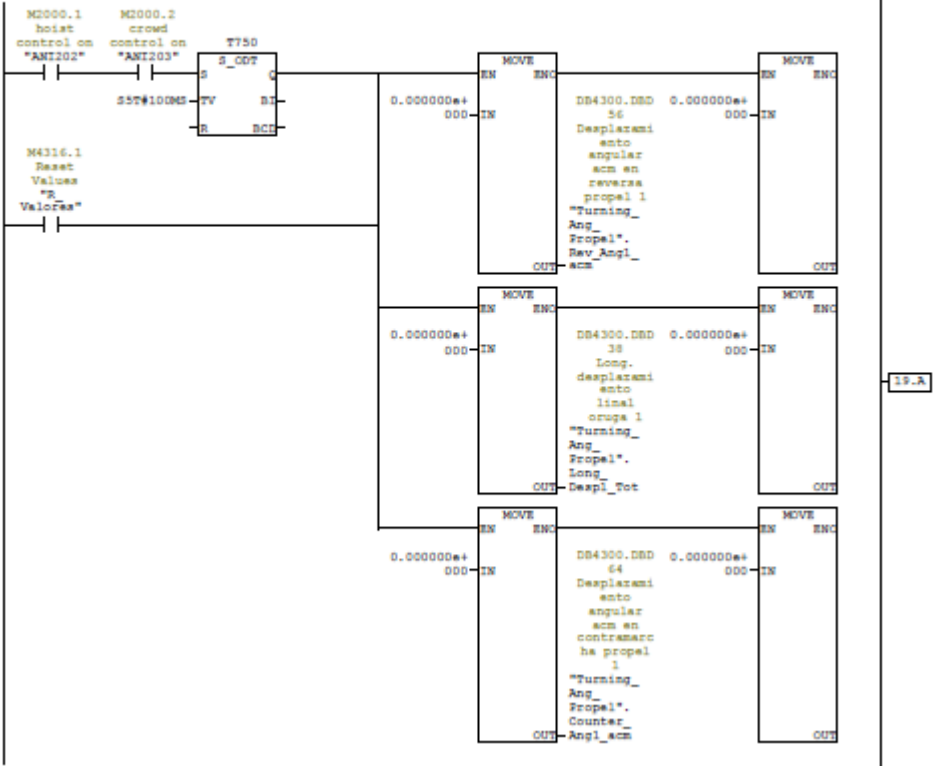
Segm.: 18 Reset Values

Activar Reset Values (M4316.1) cuando el desplazamiento de oruga u oruga2 es mayor o igual a 28.21 metros.



Segm.: 19 Reinicio de parametros

- Reiniciar parametros cuando se pase a modo dig. Temp:0.15, Los valores se reinician despues de un tiempo predeterminado, si se regresa al modo propel antes de es tiempo, lo valores continuan
- Cuando se activa Reset Values por alarma o desplazamiento mayor o igual a 28.21 metros.



19.A

