

NOMBRE DEL TRABAJO

**PET - POMACANCHARI 2023 FINALIZAD  
O 10-12-23.pdf**

AUTOR

**Roger Pomacanchari**

RECUENTO DE PALABRAS

**18750 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**108466 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**123 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**2.5MB**

FECHA DE ENTREGA

**Dec 11, 2023 11:22 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Dec 11, 2023 11:24 AM GMT-5****● 16% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 16% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Bloques de texto excluidos manualmente



UNIVERSIDAD NACIONAL  
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

## FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DE LA UNTELS

(Art. 45° de la ley N° 30220 – Ley)

Autorización de la propiedad intelectual del autor para la publicación de tesis en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (<https://repositorio.unfels.edu.pe>), de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Rgto. Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI Res. N° 084-2022-SUNEDU/CD, publicado en El Peruano el 16 de agosto de 2022; y la RCO N° 061-2023-UNTELS del 01 marzo 2023.

### TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

- 1). TESIS ( )      2). TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL (X)

### DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres:	<i>Pomacanchari Pomasoncco Roger</i>
D.N.I.:	<i>46378765</i>
Otro Documento:	
Nacionalidad:	<i>Peruano</i>
Teléfono:	<i>996303433</i>
e-mail:	<i>2015100003@unfels.edu.pe</i>

### DATOS ACADÉMICOS

#### Pregrado

Facultad:	<i>Facultad de Ingeniería y Gestión</i>
Programa Académico:	<i>Trabajo de Suficiencia Profesional</i>
Título Profesional otorgado:	<i>Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones</i>

#### Postgrado

Universidad de Procedencia:	
País:	
Grado Académico otorgado:	

### Datos de trabajo de investigación

Título:	<i>Diseño e Implementación de un Control de Alineamiento de la Paja de un Elevador de Cangilones para evitar la detención del Sistema de Despacho en la Planta Cementera UNACEM - Villa María del Triunfo</i>
Fecha de Sustentación:	<i>16 de diciembre de 2023</i>
Calificación:	<i>Aprobado con distinción</i>
Año de Publicación:	<i>2024</i>



### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la UNTELS especificando los siguientes términos:

Marcar con una X su elección.

- 1) Usted otorga una licencia especial para publicación de obras en el REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.

Si autorizo \_\_\_\_\_ No autorizo  X

- 2) Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público conservando los derechos de autor y para ello se elige el siguiente tipo de acceso.

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO ABIERTO 12.1(*)	info:eu-repo/semantics/openAccess (Para documentos en acceso abierto)	( )

- 3) Si usted dispone de una PATENTE puede elegir el tipo de ACCESO RESTRINGIDO como derecho de autor y en el marco de confiabilidad dispuesto por los numerales 5.2 y 6.7 de la directiva N° 004-2016-CONCYTEC DEGC que regula el Repositorio Nacional Digital de CONCYTEC (Se colgará únicamente datos del autor y el resumen del trabajo de investigación).

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO RESTRINGIDO	info:eu-repo/semantics/restrictedAccess (Para documentos restringidos)	(x)
	info:eu-repo/semantics/embargoedAccess (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	( )
	info:eu-repo/semantics/closedAccess (para documentos confidenciales)	( )

(\*) <http://renati.sunedu.gob.pe>



UNIVERSIDAD NACIONAL  
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

Rellene la siguiente información si su trabajo de investigación es de acceso restringido:

Atribuciones de acceso restringido:

info: eu-repo/semantic/restrictedAccess

Motivos de la elección del acceso restringido:

El motivo de la restricción es porque hay datos de la empresa que son confidenciales o datos que no pueden ser públicos.

Pomacanchari Pomaracco Roger  
APELLIDOS Y NOMBRES

46378765  
DNI

  
Firma y huella:



Lima, 17 de enero del 20 24

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA DE ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**



**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL DE ALINEAMIENTO  
DE LA FAJA DE UN ELEVADOR DE CANGILONES PARA EVITAR LA  
DETENCIÓN DEL SISTEMA DE DESPACHO EN LA PLANTA  
CEMENTERA UNACEM – VILLA MARÍA DEL TRIUNFO”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

POMACANCHARI POMASONCCO, ROGER  
ORCID: 0009-0006-1868-4780

**ASESOR**

MUGRUZA VASSALLO, CARLOS ANDRES  
ORCID: 0000-0002-9262-7198

**Villa El Salvador  
2023**



"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

VI Programa de Titulación por la Modalidad de Trabajo de Suficiencia Profesional  
Decanato de la Facultad de Ingeniería y Gestión

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

En Villa El Salvador, siendo las 10:20 horas del día 16 de diciembre de 2023, se reunieron en las instalaciones de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, los miembros del Jurado Evaluador del Trabajo de Suficiencia Profesional integrado por:

Presidente	:	DR. ORLANDO ADRIAN ORTEGA GALICIO	CIP N° 79878
Secretario	:	MG. FREDY CAMPOS AGUADO	CIP N° 173769
Vocal	:	MG. PABLO ANDRES VILLEGAS CHUNGA	CIP N° 199274

Designados con Resolución de Decanato de la Facultad de Ingeniería y Gestión N° 984-2023-UNTELS-R-D de fecha 13 de diciembre del 2023.

Se da inició al acto público de sustentación y evaluación del Trabajo de Suficiencia Profesional, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones**, bajo la modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional (Resolución de Consejo Universitario N° 065-2023-UNTELS-CU de fecha 08 de agosto del 2023), en la cual se APRUEBA el "Reglamento, Directiva, Cronograma y Presupuesto del VI Programa de Titulación por la Modalidad de Trabajo de Suficiencia Profesional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur"; siendo que el Art. 4º del precitado Reglamento establece que: "La Modalidad de Titulación prevista consiste en la presentación, aprobación y sustentación de un Trabajo de Suficiencia Profesional que dé cuenta de la experiencia profesional y además permita demostrar el logro de las competencias adquiridas en el desarrollo de los estudios de pregrado que califican para el ejercicio de la profesión correspondiente. Quienes participen en esta modalidad no podrán tramitar simultáneamente otras modalidades de titulación. Además, los participantes inscritos en esta modalidad, deberán acreditar un mínimo de dos (02) años de experiencia laboral, de acuerdo a lo establecido en la Resolución N° 174-2019- SUNEDU/CD y al anexo 1 sobre Glosario de Términos en el punto veinte (20)...", en el cual;

El Bachiller **ROGER POMACANCHARI POMASONCCO**

Sustentó su Trabajo de Suficiencia Profesional: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL DE ALINEAMIENTO DE LA FAJA DE UN ELEVADOR DE CANGILONES PARA EVITAR LA DETENCIÓN DEL SISTEMA DE DESPACHO EN LA PLANTA CEMENTERA UNACEM - VILLA MARÍA DEL TRIUNFO**

Concluida la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, se procedió a la calificación correspondiente según el siguiente detalle:

Condición Aprobado con distinción Equivalencia Muy bueno de acuerdo al Art. 65º del Reglamento General para el Otorgamiento de Grado Académico y Título Profesional de la UNTELS vigente.

Siendo las 10:45 horas del día 16 de diciembre de 2023 se dio por concluido el acto de sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, firmando la presente acta los miembros del Jurado.

  
SECRETARIO  
MG. FREDY CAMPOS AGUADO  
CIP N° 173769

  
PRESIDENTE  
DR. ORLANDO ADRIAN ORTEGA GALICIO  
CIP N° 79878

  
VOCAL  
MG. PABLO ANDRES VILLEGAS CHUNGA  
CIP N° 199274

Nota: Art. 14°. - La sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional se realizará en un acto público. De faltar algún miembro del Jurado, la sustentación procederá con los dos integrantes presentes. En caso de ausencia del presidente del jurado, asumirá la presidencia el docente de mayor categoría y antigüedad. En caso de ausencia de dos o más miembros del jurado, la sustentación será reprogramada durante los 05 días siguientes.

## **DEDICATORIA**

Dedicado a Dios y a mis padres,  
por el apoyo incondicional y la  
confianza en mí en cada etapa de  
mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la vida y guiarme en un buen camino.

A mis padres quienes me brindaron todo el apoyo y consejos con mucho amor, paciencia y sacrificio. Mi hermana y mis abuelos, quienes fueron mi mayor motivo para seguir adelante.

A todos los profesores que me brindaron conocimientos durante mi formación académica como estudiante universitario. Con mucho respeto agradezco a mi asesor Dr. Mugruza Vassallo Carlos Andrés por su paciencia y guía durante todo el proceso.

## ÍNDICE

ÍNDICE .....	iv
LISTADO DE FIGURAS .....	vi
LISTADO DE TABLAS .....	x
RESUMEN .....	xi
INTRODUCCIÓN .....	xii
<b>CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1. Contexto.....</b>	<b>14</b>
<b>1.2. Delimitación temporal y espacial del trabajo.....</b>	<b>15</b>
1.2.1. Temporal .....	15
1.2.2. Espacial .....	15
<b>1.3. Objetivos.....</b>	<b>16</b>
1.3.1. Objetivo General .....	16
1.3.2. Objetivo Específicos .....	16
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1. Antecedentes.....</b>	<b>17</b>
2.1.1. Antecedentes Internacionales .....	17
2.1.2. Antecedentes Nacionales .....	18
<b>2.2. Bases Teóricas .....</b>	<b>19</b>
2.2.1. Definición del Cemento .....	19
2.2.2. Descripción del despacho en el área de envase.....	19
2.2.3. Elevador de Cangilones .....	20
2.2.4. Control de alineamiento .....	28
2.2.5. Controlador Lógico Programable.....	29
2.2.6. Estructura del controlador lógico programable.....	30
2.2.7. Diagrama de escalera.....	31
2.2.8. HMI (interfaz hombre-machine) .....	31

2.2.9.	SCADA CEMAT .....	32
2.2.10.	SIMOCODE PRO-C .....	33
2.2.11.	Aparamenta y componentes de protección .....	34
2.2.12.	Contactador .....	35
2.2.13.	Selector .....	36
2.2.14.	Sensores .....	36
2.2.15.	Red PROFIBUS .....	38
2.3.	Definición de términos básicos .....	38
<b>CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL.....</b>		<b>41</b>
3.1.	Determinación y análisis del problema .....	41
3.2.	Modelo de Solución propuesto .....	47
3.2.1.	Diseño de sistema de control y sus componentes.....	48
3.2.2.	Diseño mediante la aplicación del software TIA Portal .....	70
3.2.3.	Implementación de los elementos del sistema de control de alineamiento .....	85
3.3.	Resultados .....	90
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>102</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>103</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>104</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>113</b>

## LISTADO DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación de la empresa “UNACEM” .....	15
<b>Figura 2.</b> Diagrama de la ubicación del elevador alimentando a la Zaranda .....	20
<b>Figura 3.</b> Elevador de cangilones y sus componentes .....	21
<b>Figura 4.</b> Cabezal del elevador de cangilones.....	21
<b>Figura 5.</b> El motor SIMOTICS SD.....	22
<b>Figura 6.</b> Forma física del motorreductor.....	23
<b>Figura 7.</b> Forma física del tambor motriz .....	24
<b>Figura 8.</b> Faja del elevador de cangilones.....	25
<b>Figura 9.</b> Los cangilones .....	26
<b>Figura 10.</b> Pie del elevador de cangilones.....	27
<b>Figura 11.</b> Tambor tensor .....	27
<b>Figura 12.</b> El sensor de alineamiento de faja transportadora .....	28
<b>Figura 13.</b> Diagrama de bloques de control de alineación.....	29
<b>Figura 14.</b> Controlador Lógico Programable.....	30
<b>Figura 15.</b> Distribución del PLC .....	31
<b>Figura 16.</b> Símbolos de diagrama de escalera .....	31
<b>Figura 17.</b> Pantalla táctil KTP700 BASIC .....	32
<b>Figura 18.</b> Visualización de la pantalla del SCADA CEMAT.....	33
<b>Figura 19.</b> SIMOCODE PRO C.....	33
<b>Figura 20.</b> Interruptor Termomagnético clase Riel din.....	34
<b>Figura 21.</b> Interruptor Termomagnético de Caja Moldeada .....	35
<b>Figura 22.</b> Contactor Siemens .....	35
<b>Figura 23.</b> Selector de tres posiciones .....	36
<b>Figura 24.</b> Sensor de llenado.....	36
<b>Figura 25.</b> Sensor de movimiento.....	37
<b>Figura 26.</b> Sensor de alineamiento.....	37
<b>Figura 27.</b> Dispositivos de campo PROFIBUS .....	38
<b>Figura 28.</b> Diagrama de Pareto de cuestiones críticas en el área de envase.....	42
<b>Figura 29.</b> La cadena con cangilones.....	42
<b>Figura 30.</b> Desgaste de la cadena.....	43
<b>Figura 31.</b> Sensor serie VEGAWAVE 62.....	44
<b>Figura 32.</b> Recubrimiento del material en la horquilla de la sonda .....	44
<b>Figura 33.</b> Indicaciones principales de calibración de la sonda Vega.....	45

<b>Figura 34.</b> El detector de movimiento Milltronics MSP-7. ....	45
<b>Figura 35.</b> Protector metálico del sensor de movimiento Milltronics MSP-7 .....	46
<b>Figura 36.</b> Ubicación del sensor de movimiento Milltronics MSP-7 .....	46
<b>Figura 37.</b> Faja de cabo de acero.....	47
<b>Figura 38.</b> Diagrama de bloques del control de alineamiento del elevador de cangilones .....	47
<b>Figura 39.</b> Datos técnicos del elevador de cangilones .....	48
<b>Figura 40.</b> Motor principal.....	49
<b>Figura 41.</b> Motor auxiliar.....	50
<b>Figura 42.</b> Cuadro comparativo de la familia SIMATIC CPU 1200 .....	51
<b>Figura 43.</b> Datos técnicos de la CPU del PLC .....	51
<b>Figura 44.</b> El PLC SIMATIC S7 - 1200 .....	52
<b>Figura 45.</b> Switch Industrial de código SCALANCE XB005G .....	54
<b>Figura 46.</b> Características de un interruptor industrial .....	55
<b>Figura 47.</b> Fuente de poder de marca Siemens .....	55
<b>Figura 48.</b> Guardamotor .....	56
<b>Figura 49.</b> Contactor 3RT2046 .....	57
<b>Figura 50.</b> Magnetotérmico.....	58
<b>Figura 51.</b> Diseño de circuito de control de alineamiento .....	59
<b>Figura 52.</b> Datos Técnicos del Interruptor de Proximidad.....	60
<b>Figura 53.</b> Esquema eléctrico del Interruptor de Proximidad .....	61
<b>Figura 54.</b> Forma física del Interruptor de Proximidad.....	61
<b>Figura 55.</b> Datos técnicos del Sensor Kiepe.....	62
<b>Figura 56.</b> Esquema eléctrico pictórico del sensor Kiepe .....	63
<b>Figura 57.</b> Forma física del sensor Kiepe .....	63
<b>Figura 58.</b> Datos técnicos del sensor inductivo NJ5 - 18GK - N - 150.....	64
<b>Figura 59.</b> Conexión del sensor inductivo NJ5 - 18GK - N - 150 .....	64
<b>Figura 60.</b> Conexión del sensor inductivo NJ5 - 18GK - N - 150 .....	65
<b>Figura 61.</b> Esquema eléctrico del transmisor de movimiento MS24 – 112 - R ...	65
<b>Figura 62.</b> Datos técnicos del transmisor de movimiento MS24 - 112 - R .....	66
<b>Figura 63.</b> Forma física del transmisor de movimiento MS24 - 112 - R.....	66
<b>Figura 64.</b> Características técnicas del interruptor de llenado .....	67
<b>Figura 65.</b> Aplicaciones del interruptor nivel de llenado .....	68
<b>Figura 66.</b> Esquema de conexión del interruptor nivel de llenado .....	69

<b>Figura 67.</b> Forma física del interruptor nivel de llenado .....	69
<b>Figura 68.</b> El elevador de cangilones y las ubicaciones de los sensores .....	70
<b>Figura 69.</b> El icono del software Tia Portal V15.....	70
<b>Figura 70.</b> Selección en crear proyecto .....	71
<b>Figura 71.</b> Click en selección de dispositivos .....	71
<b>Figura 72.</b> Elección del tipo de CPU.....	71
<b>Figura 73.</b> El PLC preparado para programar .....	72
<b>Figura 74.</b> Insertamos el byte correspondiente a la marca 255.....	72
<b>Figura 75.</b> Asignar la dirección IP.....	73
<b>Figura 76.</b> Agregar una subred.....	73
<b>Figura 77.</b> Dirección con protocolo de comunicación MPI.....	74
<b>Figura 78.</b> La dirección con protocolo de comunicación Profibus.....	74
<b>Figura 79.</b> Vista de redes.....	75
<b>Figura 80.</b> Nombrar las variables.....	75
<b>Figura 81.</b> Menú principal .....	76
<b>Figura 82.</b> Armado de la programación .....	76
<b>Figura 83.</b> Programación en diagrama de escalera del PLC .....	77
<b>Figura 84.</b> Elección del nuevo elemento.....	77
<b>Figura 85.</b> Elección del panel HMI.....	78
<b>Figura 86.</b> Realizando la configuración del panel HMI .....	78
<b>Figura 87.</b> Enlace entre PLC y panel HMI .....	79
<b>Figura 88.</b> Realizando la configuración del panel HMI .....	79
<b>Figura 89.</b> Siguiendo configuración del panel HMI .....	80
<b>Figura 90.</b> Siguiendo configuración del panel HMI .....	80
<b>Figura 91.</b> Muestra de pantalla de programación del panel HMI. ....	81
<b>Figura 92.</b> Elección de herramientas para graficar .....	81
<b>Figura 93.</b> Elección de objetos para los botones .....	82
<b>Figura 94.</b> Insertando imágenes .....	82
<b>Figura 95.</b> Insertando todas las figuras .....	82
<b>Figura 96.</b> Asignando la dirección de la variable .....	83
<b>Figura 97.</b> Enlace entre panel y PLC.....	83
<b>Figura 98.</b> Comprobando la dirección IP del PLC.....	84
<b>Figura 99.</b> Comprobación de la dirección IP del panel HMI.....	84
<b>Figura 100.</b> Tablero eléctrico, componentes eléctricos .....	85

<b>Figura 101.</b> Ubicación del sensor de nivel de llenado .....	86
<b>Figura 102.</b> Ubicación del transmisor de revoluciones .....	86
<b>Figura 103.</b> Ubicación de los controles de velocidad.....	87
<b>Figura 104.</b> Ubicación del interruptor de proximidad para desvío de banda kiepel .....	87
<b>Figura 105.</b> Ubicación del interruptor de proximidad para desvío de banda turck	88
<b>Figura 106.</b> Ubicación del dispositivo de conmutación y termosensible turck .....	88
<b>Figura 107.</b> Central de mando Turck Flender .....	89
<b>Figura 108.</b> Ubicación del Transmisor de revoluciones turck .....	89
<b>Figura 109.</b> Control de velocidad para accionamiento auxiliar .....	90
<b>Figura 110.</b> Activación de salida del motor principal del elevador de cangilones.	91
<b>Figura 111.</b> Panel de control de entradas.....	91
<b>Figura 112.</b> Activación de sensores de desvío de la faja.....	92
<b>Figura 113.</b> Panel de activación de la entrada de los sensores de alineamiento	92
<b>Figura 114.</b> Desactivación de la salida del motor principal.....	93
<b>Figura 115.</b> Salida de la alarma de detección de desvío de los cangilones .....	93
<b>Figura 116.</b> Desactivación de sensores que activan la alarma.....	93
<b>Figura 117.</b> Activación de la alarma del desvío de cangilones .....	94
<b>Figura 118.</b> Visualización del inicio de pantalla HMI.....	94
<b>Figura 119.</b> Inicio del arranque del motor principal.....	95
<b>Figura 120.</b> La corriente máxima del motor principal.....	95
<b>Figura 121.</b> Curva de tendencia de la corriente del motor .....	96
<b>Figura 122.</b> El elevador de cangilones arrancado de forma automático .....	96
<b>Figura 123.</b> Muestra de señales sin falla .....	97
<b>Figura 124.</b> La Corriente del motor eléctrico del elevador de cangilones .....	97
<b>Figura 125.</b> La gráfica de la corriente del motor de elevador de cangilones .....	98
<b>Figura 126.</b> Medición de corriente eléctrica en el campo .....	98
<b>Figura 127.</b> Colocación del sensor inductivo .....	99
<b>Figura 128.</b> Sensores colocados en la parte externa del elevador cangilones ....	99
<b>Figura 129.</b> Visualización de la entrada de sensores sin falla .....	100
<b>Figura 130.</b> Dato de cantidad de toneladas del material .....	100
<b>Figura 131.</b> Productividad obtenida en el mes de octubre 2022.....	101
<b>Figura 132.</b> Despacho Nacional .....	101

## LISTADO DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Datos eléctricos del motor SIMOTICS SD .....	23
<b>Tabla 2.</b> Datos de placa del motor principal .....	49
<b>Tabla 3.</b> Datos de placa del motor principal .....	50
<b>Tabla 4.</b> Tabla de datos del panel HMI .....	53
<b>Tabla 5.</b> Datos técnicos de la fuente de poder del PLC .....	56
<b>Tabla 6.</b> Contactores principales de código 3RT20 .....	57
<b>Tabla 7.</b> Tabla de las características de los conductores en calibre AWG .....	58

## RESUMEN

Actualmente se busca la masificación de la producción y despacho de cemento, como indica las cifras actualmente, según la estadística de ASOCEM (Asociación de Productores de Cemento) 13.71 millones de toneladas en el reporte mensual mes de setiembre 2023. En tal sentido, exige la productividad en el despacho de envase, en la cual implica la importancia del elevador de cangilones como medio fundamental de transporte de material que se alimenta de los silos y la recirculación de recuperación del material y el cemento es transportado a la ensacadora rotativa para el embolsado y el despacho a granel, pero generalmente presenta fallas mecánicas por el desgaste continuo de la producción y como consecuencia surge las paradas no programadas de la planta. La presente propuesta tiene como propósito optimizar la productividad previniendo las paradas inesperadas mediante el diseño e implementación de un control de alineamiento de un elevador de cangilones de la empresa peruana Unión Andina de Cementos S.A.A. (UNACEM) perteneciente al distrito de Villa María del Triunfo.

A base de las especificaciones técnicas para el diseño de control que involucra directamente los sensores y el PLC que utilizamos las entradas y las salidas que controlaran al motor eléctrico tanto principal como auxiliar y las alarmas que identifique fallas de sobrecarga o desalineamiento de la faja del elevador de cangilones. El desarrollo de la programación se realizará en el software TIA Portal mediante el lenguaje Ladder o diagrama escalera y tanto entradas y salidas se le asignará los direccionamientos para determinada función que realizarán en el control de alineamiento de la faja de elevador de cangilones.

Se tiene como resultado el aumento de la productividad en 2022 fue de 6.969.263 Tm, un 6,9% más que en 2021, debido a la importancia del control de alineamiento del elevador de cangilones en el área de despacho de envase evitando las paradas inesperadas por sobrecarga de material.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo profesional desarrolla a la contribución de la optimización del elevador de cangilones como parte del proceso en envase y despacho en empresa UNACEM, ya que contribuye como menciona en el reporte integrado 2021. Durante el año se enviaron al mercado nacional más de 6,2 millones de toneladas, lo que supone un aumento del 40% con respecto a 2020, porque los niveles de crecimiento de la producción y los envíos alcanzaron máximos históricos (UNACEM, 2023, p.18). En tal sentido, la estadística que menciona determina la importancia del elevador de cangilones, como lo describe Benavente y Soria (2020) luego de las etapas de producción y almacenamiento en silos, el cemento es transportado a través de canales metálicos hasta elevadores de cangilones, desembocando en zarandas, donde se separa el material inservible. El cemento útil se almacena en tolvas para ser posteriormente dosificado y transportado a la ensacadora rotativa. Cuando se alcanza el peso deseado (42,5 kg), los sacos de cemento se llevan a la faja de selección, la cual clasifica los sacos de cemento según el peso, las que no cumplen con el peso se llevan a una trituradora, que las rompe y recupera el material de las bolsas rechazadas y por medio un espiral son enviados nuevamente al elevador de cangilones.

Al saber la función del elevador de cangilones que realiza trabajo continuamente presenta un problema en el cual los miembros del personal de envasado respondieron a una encuesta afirmando que la causa principal de este problema es el elevado tiempo de inactividad de las máquinas, que retrasa la distribución del cemento debido a los datos obtenidos mediante el diagrama Pareto según la encuesta el 20% de todos los problemas son consecuencia de un tiempo de inactividad excesivo provocado por averías eléctricas y mecánicas (Mederos Cruz, 2017, p.33). A raíz de esta situación, el elevador que estaba instalado de modelo BW-ZL contaba con una sola cadena y los cangilones que son anchos, presentaban fallas mecánicas a causa del grado de desgaste de las cadenas de los elevadores de cangilones (AUMUND, 2010, p.41). El desprendimiento de cangilones, la desalineación de las ruedas motrices, el contrapeso y el descarrilamiento de la cadena, generaba el aumento de la corriente del motor superando los 40 A del vamor nominal y el guardamotor detecta la sobrecarga paralizando la productividad (Cerrón, 2016, p.44). En la parte de control solo había un sensor de atoro modelo

VEGAWAVE 62 atoro que utiliza la horquilla vibratoria, cuando es cubierta por el material la amplitud se atenúa y se convierte en una instrucción para entrada al PLC (VEGA - Level, 2010, p.1) y un speed monitor de modelo Milltronics MSP-7 con su transmisor que requiere una distancia de 100mm para la detección de objetos metálicos (SIEMENS, 2023, p.1). El cangilón al moverse golpeaba al sensor mencionado, ya por su robustez se quebraban, por ello colocaron un protector, pero el nivel de detección era deficiente. Por ello se decidió cambiar por el modelo BW-GL 500/250 que cuenta mayor altura, dos motores el principal de mayor potencia y el auxiliar, y la faja de acero (AUMUND, 2010).

Actualmente, la tecnología para aplicar el control y la automatización está en constante evolución, lo que permite una mayor eficiencia y productividad en el desarrollo de la producción de la planta y la importancia del elevador de cangilones en el proceso (Manzur et al., 2006). Es por ello la importancia de mantener en operativo el elevador de cangilones mediante el diseño de control de alineamiento que involucra directamente a los sensores y al PLC que utiliza las entradas y salidas para controlar tanto el motor eléctrico principal como el auxiliar, evitando de esta manera las paradas intermitentes de la planta y así lograr incrementar la productividad en el área de despacho de envase.

## **CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES**

### **1.1. Contexto**

La empresa industrial A & J Instalaciones S.R.L. ofrece servicios de diseño, desarrollo y ejecución de proyectos eléctricos y montaje, mantenimiento, instalación y reparación de sistemas eléctricos industriales. Su misión de la empresa es ofrecer servicios de electricidad industrial responsables, de alta calidad y seguros, centrados en la satisfacción del cliente a largo plazo y su visión es ser reconocidos en la industria por la calidad y la responsabilidad de los servicios que se ofrece, siempre con el objetivo de aumentar la satisfacción del cliente (A&J INSTALACIONES S.R.L., 2003).

Actualmente, la empresa A & J Instalaciones S.R.L. realiza proyectos eléctricos, montaje e instalaciones electromecánicas ofreciendo servicios eléctricos industriales, mantenimiento de los diversos equipos eléctricos y de automatización en las plantas mineras y cementeras como Unión Andina de Cementos Andino S.A.A., Unicon S.A., Generación Eléctrica Atocongo S.A., Compañía Eléctrica El Platanal S.A., Soluciones constructivas Volcán S.A., Prefabricados Andinos S.A., ARPL Técnicas Industriales S.A., Productos Tissue del Perú S.A., e Inversiones Nacionales y Multinacionales Andino S.A. Teniendo por contrato mantener y brindar soluciones inmediatas a fallas producidas en los sistemas eléctricos, logrando que los clientes mantengan la continuidad en sus líneas de producción y en cada proyecto que se desarrolla enfocándose en la optimización del uso de la energía eléctrica (A&J INSTALACIONES S.R.L., 2003).

En el distrito de Villa María del Triunfo se encuentra la empresa peruana Unión Andina de Cementos S.A.A. (UNACEM), especializada en la producción de cemento y Clinker (UNACEM, 2023). Cuenta con el área de producción de envase, en la cual se sitúan los silos de almacenamiento de cemento, en la cual presentaba baja productividad y poca eficiencia, motivo de mi trabajo; que ante fallas continuas e inesperadas debido al mal funcionamiento del sistema electromecánico del elevador de cangilones que ocasiona paradas intermitentes de la planta.

Como un ejemplo del caso de la Refinería Votorantim Metais - Cajamarquilla S.A., dicha Refinería presenta fallas continuas e inesperadas, principalmente los elevadores de cangilones (Cerrón, 2016).

Ante esta circunstancia, se planteó el diseño e implementación de un sistema de control automatizado de alineación, que ayuda a mejorar el funcionamiento del sistema electromecánico del elevador de cangilones y evita paradas inesperadas de la producción. El control de alineamiento del elevador de cangilones está automatizado mediante el uso del software Tia Portal empleando el lenguaje de programación Lader.

## **1.2. Delimitación temporal y espacial del trabajo**

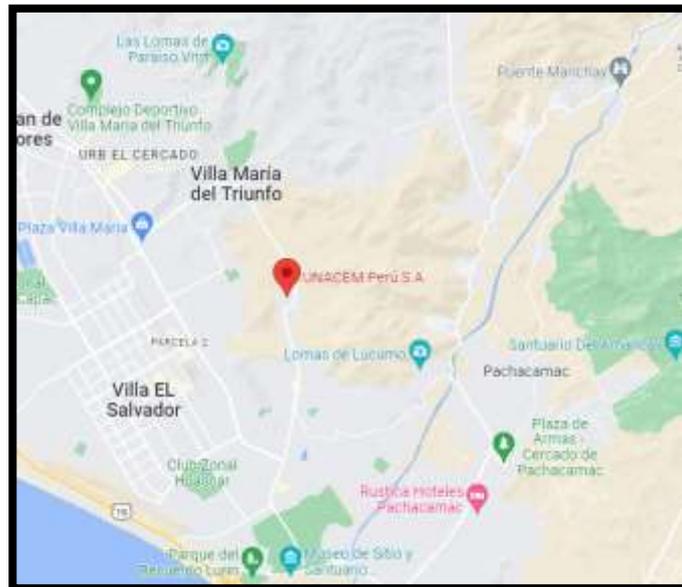
### **1.2.1. Temporal**

Comprende el periodo desde el mes de enero hasta marzo del 2022, concluyendo con la implementación de un control de alineamiento de un elevador de cangilones.

### **1.2.2. Espacial**

La implementación de un control de alineamiento de un elevador de cangilones se ejecutó en el área de producción de envase en la cual se sitúan los silos de almacenamiento de cemento de la empresa peruana Unión Andina de Cementos S.A.A. (UNACEM) perteneciente al distrito de Villa María del Triunfo. Como podemos apreciar la ubicación de la empresa en la Figura 1.

**Figura 1.** Ubicación de la empresa “UNACEM”.



*Nota.* Ubicación geográfica de la empresa UNACEM Perú S.A. Obtenido de la página de (UNACEM Perú S.A., 2023)

El proyecto se llevó a cabo después de que el diseño sugerido y la cotización del presupuesto fueran presentados y aprobados por el área departamental de ingeniería de proyectos eléctricos de UNACEM. Bajo la dirección del coordinador del área de despacho y del coordinador de A&J Instalaciones, se decidió desarrollar la implementación del control de alineamiento de la faja del elevador de cangilones, contando para la dirección y supervisión del proyecto con personal técnico especializado y jefes de grupo.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Diseñar e implementar un control de alineamiento de un elevador de cangilones para evitar la detención del sistema en despacho de la empresa Peruana Unión Andina de Cementos S.A.A. (UNACEM) perteneciente al distrito de Villa María del Triunfo.

#### **1.3.2. Objetivo Específicos**

- Realizar el diseño del sistema de control mediante el uso del software Tia Portal para la interacción del operador con el funcionamiento del elevador de cangilones.
- Implementar todos los equipos que conforman el sistema de control de alineamiento.
- Validar los resultados obtenidos del desarrollo del diseño y la implementación del control de alineamiento del elevador de cangilones.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes**

#### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

Okechukwu et al. (2023) propusieron un artículo sobre simulación y modelamiento del eje de cabeza de un elevador de cangilones de cinta para conseguir un sistema duradero y seguro. Para ello, se han calculado el par, la carga y el momento de flexión transmitidos al eje del cabezal. Además, dado que los soportes juegan un rol importante en la mayoría de los fallos por fatiga del eje, se tuvieron en cuenta la concentración geométrica de tensiones y los parámetros de fatiga a la hora de determinar el diámetro de cada sección transversal del eje. Utilizando SolidWorks FEA, los diámetros calculados se utilizaron para generar el modelo del eje, que se sometió a continuación a un estudio estático y de fatiga. Los resultados se verificaron comparando los valores de FEA con los valores calculados para la tensión y el factor de seguridad de la sección crucial del eje, que produjo un valor equivalente. El grano se trasladó de este modo a una altura de 33,5 metros y a un ritmo de producción de 200 toneladas (Okechukwu et al., 2023).

Jendrysik et al. (2021) por otra parte publicaron otro artículo el cual se centra en la regulación de la velocidad del elevador de cangilones, que se utiliza en las plantas concentradoras de plantilla, con el fin de minimizar su consumo de energía. Se presenta un método de control predictivo de la velocidad del elevador de cangilones. Seleccionando cuidadosamente la velocidad de movimiento de los cangilones para garantizar que se llenan nominalmente a lo largo de toda la longitud del elevador, es posible reducir el consumo de energía. Con este método se puede limitar la velocidad del elevador de cangilones, aumentar su vida útil y disminuir el consumo total de energía del sistema. La aplicación de un algoritmo predictivo para regular la velocidad del transportador de cangilones y ajustarla a la carga actual redujo el consumo de energía en un 9,6% cuando el 80% del transportador estaba lleno, según una investigación experimental realizada en las instalaciones de trabajo de la mina de carbón "So'snica" (Jendrysik et al., 2021).

Por otro lado Flórez-Ruiz et al. (2019) presentó otro artículo donde muestra el diseño y la construcción de los modelos de laboratorios más utilizados en el proceso industrial, como el transportador de tornillo, el transportador de cinta y el

elevador de cangilones. Se realizaron los cálculos oportunos y para observar el funcionamiento se utilizó el material de policarbonato. El PLC se encarga de controlar a los tres procesos mediante la interconexión con la red SCADA. Agregaron una interfaz gráfica hombre-máquina (HMI) para monitorear el funcionamiento de los tres procesos. Los resultados obtenidos en la práctica coincidieron con los cálculos teóricos. En conclusión, el prototipo es crucial para que los estudiantes comprendan mejor cómo utilizar los métodos de control, ya que los resultados obtenidos es de 20 Kg/h que equivale a 1/3 Kg/min en cuanto a la capacidad del elevador de cangilones (Flórez-Ruiz et al., 2019).

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Oblitas (2018) presentó una tesis en la cual propone un diseño de máquina secadora de arroz tipo torre con el objeto de mejorar su sistema de secado en el molino en el departamento de Lambayeque. Por lo de acuerdo a su investigación, destaca el reto que representa la actividad arrocera en la región de Lambayeque, donde diseñó un elevador de cangilones para el transporte de arroz en un sistema de producción, utilizando el manual MARTIN que se asemeja a los elevadores existentes en el mercado y realizando los cálculos necesarios, dando como resultado 4Tn/h seleccionadas con la misma capacidad, logrando que en una hora envíe a la tolva la cantidad de arroz requerida para trabajar 8 horas diarias sin ninguna interrupción (Oblitas, 2018).

Por otra parte Bonilla (2020) publicó una tesis sobre la propuesta de un sistema de automatización con el objeto de mejorar la productividad en el área de abastecimiento y movimiento de materia prima en la empresa agroexportadora. Para ello utilizaron un tipo de elevador de baldes montado encima de una cinta con descarga centrífuga. La capacidad del elevador venía determinada por el tiempo de recorrido de la carretilla y la superficie del almacén, por lo que seleccionaron uno con una capacidad de 200 K/min y una altura de 10 m y la capacidad del motor como mínimo es de 1 HP, 60 Hz y 1800 rpm ideal para elevadores industriales (Bonilla, 2020).

Por otro lado Pacheco (2022) presentó en su tesis un diseño de un sistema automatizado con el objeto de retorno de material no aceptado en un molino de carbón mediante lógica difusa. Para la elección del tipo de elevador se utilizó el guía del catálogo MARTIN. El sensor de movimiento de los motores principal y

auxiliar y el sensor de nivel de la bota son los instrumentos seleccionados para el elevador. Con la excepción de la verificación en campo de los elevadores ya instalados, se tuvieron en cuenta todos los sensores y actuadores necesarios para que este elevador trabaje en condiciones normales y no tiene ningún causante de obstaculización, este trabajará a un valor fijo de 1.2 A, por el hecho de que no alcanza su amperaje nominal 1.5 A y mucho menos su máximo amperaje de trabajo 1.8 A (Pacheco, 2022).

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Definición del Cemento**

Podemos definir el cemento como un conglomerante elaborado a partir de una mezcla de piedra caliza y arcilla calcinada y luego molida, que tiene la propiedad de endurecerse al entrar en contacto con el agua (Gonzales, 2014, p 11).

Como cita también Acuña (2021) en su tesis a Court (2010) quien describe lo siguiente:

El cemento es un conglomerante hidráulico, en otras palabras, es un material inorgánico molido finamente mezclado con agua ello forma una pasta que fragua hasta endurecer por medio de reacciones y procesos de hidratación y que, una vez endurecido conserva su resistencia y estabilidad incluso bajo el agua. (p. 9).

Por lo tanto, el cemento convertido en material debidamente muy fino al mezclarse con agua produce una reacción química que adquiere la propiedad de resistencia y estabilidad.

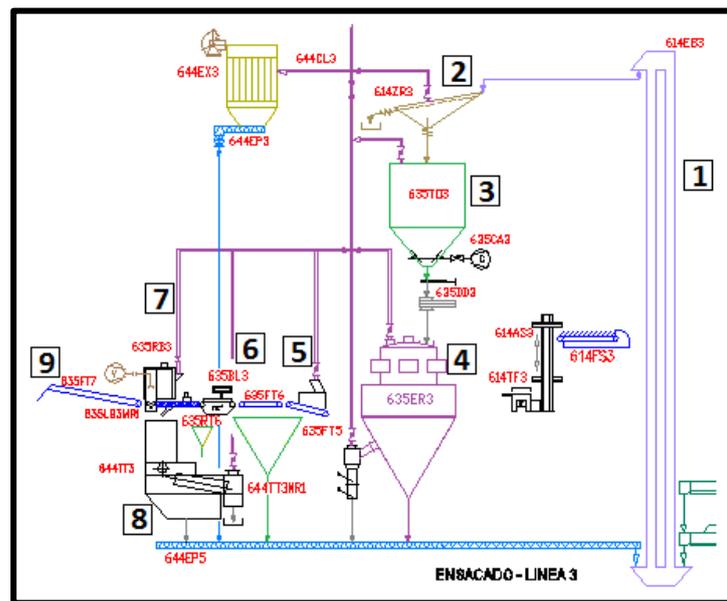
### **2.2.2. Descripción del despacho en el área de envase**

Según Benavente y Soria (2020) el cemento fino obtenido, se almacena en silos y se traslada por tolvas a los elevadores de cangilones, donde se vierte en cribas y donde aparta el material inutilizable. A continuación, el cemento utilizable se deposita en tolvas, se dosifica y se transporta a una ensacadora rotativa. Los sacos de cemento se transportan mediante transportadores de salida hasta la báscula de clasificación de los sacos de cemento en función de su peso; los sacos que pesan demasiado poco se desechan en el rechazador de sacos y son conducidos a una trituradora que desmonta los sacos para recuperar el material de los sacos

desechados y entra en un proceso de recirculación que interviene nuevamente los elevadores de cangilones y realiza el mismo proceso mencionado hasta que los sacos de cemento han alcanzado el peso deseado (42,5 kg) y son transportadas mediante fajas largas de salida y son transbordadas a los camiones, mientras otra desviación es despacho a granel que también son transbordadas en camiones.

Como se observa en la Figura 2, la ubicación del elevador en el proceso.

**Figura 2.** Diagrama de la ubicación del elevador alimentando a la Zaranda



Nota. Adaptado de UNACEM sobre mejoramiento del proceso de envío de bolsas de cemento utilizando el bus de campo AS-I (Gonzales, 2014, p. 36)

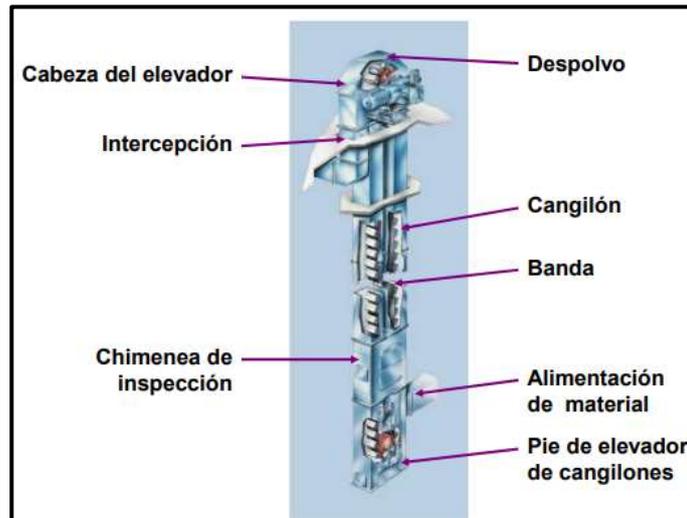
### 2.2.3. Elevador de Cangilones

Menciona el autor:

El elevador de cangilones es una máquina fundamental en plantas donde se manipula una extensa variedad de materiales a granel como granos, fragmentos pequeños, talcos granulados, entre otros, y se requiere un transporte continuo sin interrupciones en las tareas de carga y descarga. (Ortiz, 2020, p 10).

El elevador de cangilones trabaja de forma continua y verticalmente como se observa en la figura 3 y con sus respectivos componentes y estructura.

**Figura 3.** Elevador de cangilones y sus componentes



*Nota.* El elevador de cangilones y sus componentes. Tomado del (AUMUND, 2010)

### **1. Cabezal del elevador de cangilones**

Según Ortiz (2020) describe este componente soporta el peso del tambor motriz y del motor-reductor y se encuentra en la parte superior del elevador. La principal característica de este diseño es que consta de una estructura metálica con un perfil específico que se adapta al recorrido del material y facilita su descarga a la salida. En la figura 4 se observa el cabezal del elevador de cangilones.

**Figura 4.** Cabezal del elevador de cangilones



*Nota.* El Cabezal del elevador de cangilones. Tomado del (TANIS, 2021)

## 2. Grupo Motriz

Describe AUMUND (2010) el grupo motriz se construye de acuerdo con las especificaciones contractuales y técnicas. En consecuencia, se emplean distintos tipos y configuraciones de motores, acoplamientos y cajas de cambios. Como explica está constituido por motores y reductor a continuación se describirá los siguientes componentes que conforma el grupo motriz.

- **Motor Principal SIMOTICS SD**

Según SIEMENS (2023) explica los motores SIMOTICS SD son para cargas elevadas de material hierro fundido son increíblemente resistentes y, por tanto, la mejor elección para utilizar en aplicaciones que operan en condiciones ambientales difíciles. Rinden admirablemente en entornos hostiles como los del sector petroquímico o la industria de procesos en general, donde hay mucho polvo, vibraciones y ruido. Gracias a la idea de plataforma modular y a su diseño, que favorece una refrigeración óptima del motor, tienen el mismo manejo que la serie de uso general. Como se muestra en la figura 5 el motor SIMOTICS SD.

**Figura 5.** El motor SIMOTICS SD



*Nota.* La forma física del motor SIMOTICS SD. Tomado del (SIEMENS, 2023)

### **Datos eléctricos**

Son las características importantes del motor SIMOTICS SD que se detallará los valores de los parámetros del motor eléctrico como se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1.** Datos eléctricos del motor SIMOTICS SD

U (V)	$\Delta/Y$	Frecuencia (Hz)	Potencia (KW)	Intensidad (A)	N° de revoluciones (1/min)	M (Nm)
400	$\Delta$	50	45	80	1475	290
690	Y	50	45	46.5	1475	290
460	$\Delta$	60	52	80	1775	280
460	$\Delta$	60	45	70	1778	240

*Nota.* Los datos eléctricos del motor SIMOTICS SD. Obtenido de (SIEMENS, 2023)

- **Motorreductor**

Según las descripciones de FLENDER (2023) el componente clave de la cadena cinemática es la caja de cambios FLENDER. Su rendimiento, fiabilidad operativa y disponibilidad las definen. Los topes traseros y los mecanismos auxiliares (para mantenimiento o carga) también están incluidos en el hardware básico. De este modo, el engranaje y su mecanismo auxiliar están sincronizados con precisión. La figura 6 muestra la forma física del motorreductor.

**Figura 6.** Forma física del motorreductor



*Nota.* La forma física del motorreductor. Tomado de (FLENDER, 2023)

Los datos técnicos obtenidos de FLENDER (2023) son los siguiente:

- Tipos constructivos: Reductor cónico helicoidal
- Tamaños: 15, tamaños de 4 a 18
- Etapas de disminución: 3 etapas
- Potencias: 10 – 1800 kW (El rango de potencia de accionamiento auxiliar de 0,75 a 37 kW)
- Relaciones de transmisión: 25 - 71
- Pares nominales: 6,7 - 240 KNm
- Posiciones de montaje: Horizontal

Los campos de aplicación obtenidos de FLENDER (2023) son los siguiente:

- Industria del cemento y la cal, polvos, fertilizantes, minerales, etc.
- Adecuado para transportar material a temperaturas de hasta 1000 grados.

### **3. Tambor Motriz**

Según (AUMUND, 2010) los alojamientos rectos instalados con rodamientos de rodillos a rótula y fijados a soportes fuera del cabezal sujetan el eje del tambor motriz. Las juntas laberínticas del eje motriz mantienen libres de polvo las aberturas del cabezal. Mediante dispositivos de retención, el tambor motriz -que tiene forros de fricción reemplazables- se fija al eje. El tambor motriz se muestra en la figura 7.

**Figura 7.** Forma física del tambor motriz



*Nota.* La forma física del tambor motriz. Tomado de (Bega Maquinaria, 2022)

#### 4. Ramal de cangilones

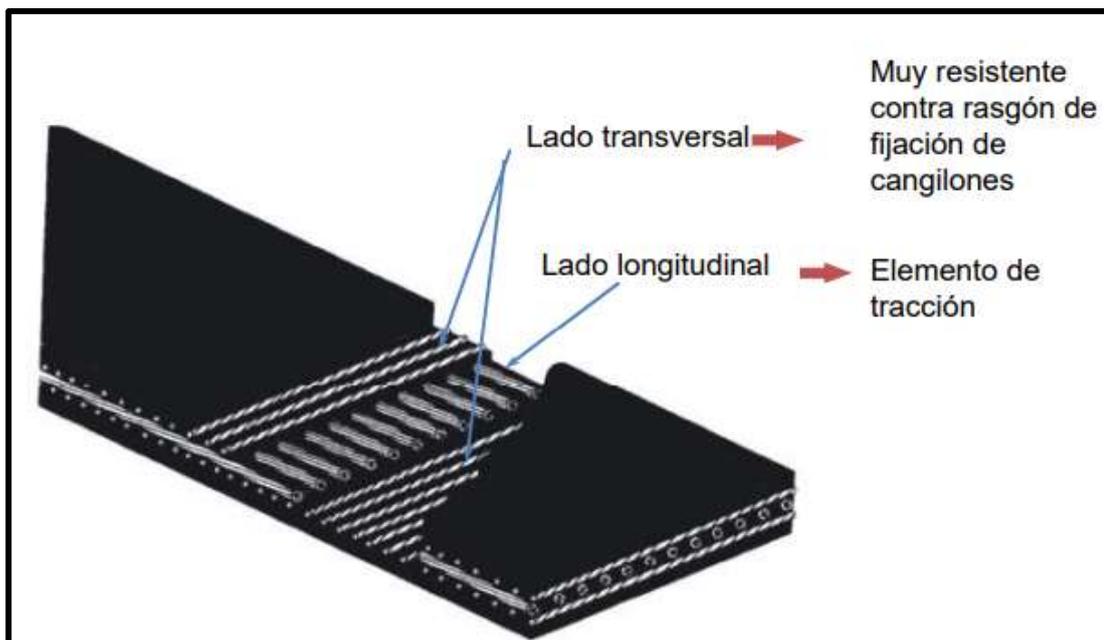
Menciona AUMUND (2010) el ramal de cangilones está formado por varillas de acero que discurren longitudinal y transversalmente a lo largo de una correa de caucho. Se utiliza una junta de sujeción única para sellar la correa, creando una porción infinita. Dentro de la junta de sujeción, los extremos de los cables longitudinales se unen y sellan. La correa está atornillada a los cangilones.

A continuación, se menciona el ramal de cangilones que lo conforma.

- **Faja del elevador de cangilones**

Menciona Tecnomina (2023) las cintas o faja de cable de acero se utilizan con frecuencia para transportar cargas pesadas con rapidez a través de grandes distancias como es el caso del elevador de cangilones. En la figura 8 se observa la faja acerada en forma enmallada.

**Figura 8.** Faja del elevador de cangilones



*Nota.* La forma física de la faja del elevador de cangilones. Tomado de (AUMUND, 2010)

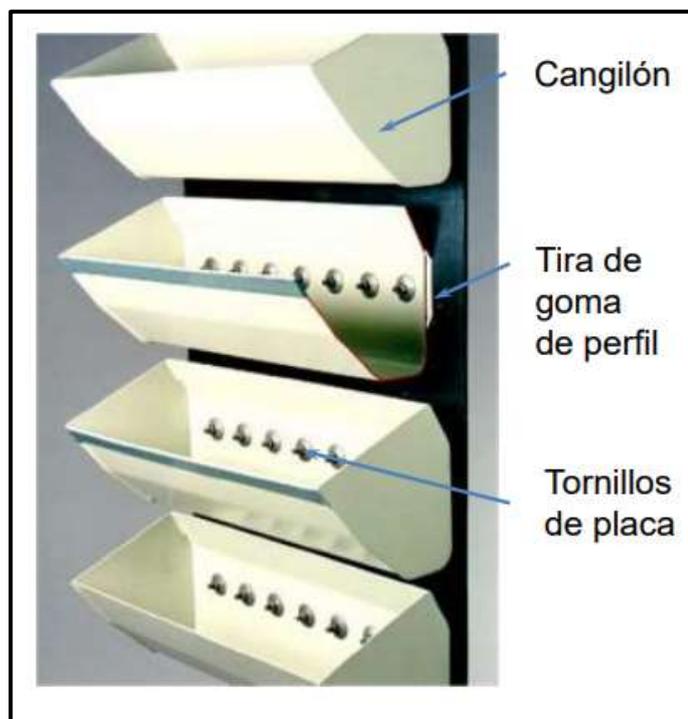
- **Cangilones**

Según CALERO GROU (2020) define es el componente más crucial del aparato y el origen del nombre de la máquina elevadora. El grano o cemento se mantiene

en los cangilones durante toda la operación de tránsito. A medida que el elevador va subiendo, el grano o cemento va cayendo en el cubo. Gracias a una boca creada específicamente para este fin y a la movilidad suficiente para estar lleno en el momento de la carga y luego permanecer fijo en posición vertical para que no se caiga nada durante la elevación, lo recoge como si fuera una cuchara. Además, tiene la capacidad de hacer un pequeño giro y dejar caer el grano o cemento en la cinta transportadora o canaleta.

En la figura 9 se observa los cangilones impregnada a la faja acerada.

**Figura 9.** Los cangilones

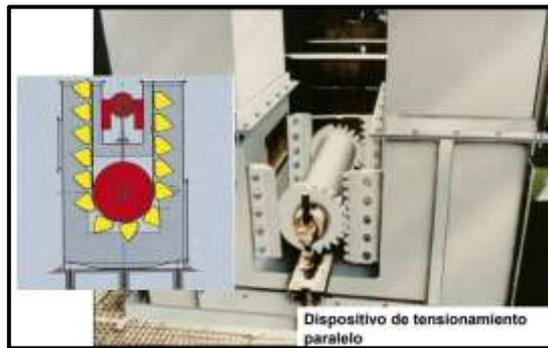


*Nota.* La forma física de los cangilones. Tomado de (AUMUND, 2010)

### **5. Pie del elevador de cangilones**

Según (AUMUND, 2010) describe un armazón de chapa y acero perfilado con pernos fija el pie del elevador de cangilones a la zona de la huella. El mecanismo tensor paralelo, el peso tensor y el tambor tensor están instalados en el pie del elevador o cerca de él. Las chapaletas con mirillas permiten observar el interior y sus piezas. Es posible colocar la correa y limpiar el pie del elevador mediante dos puertas atornilladas de gran tamaño. Como se observa la figura 10 el pie del elevador de cangilones.

**Figura 10.** Pie del elevador de cangilones

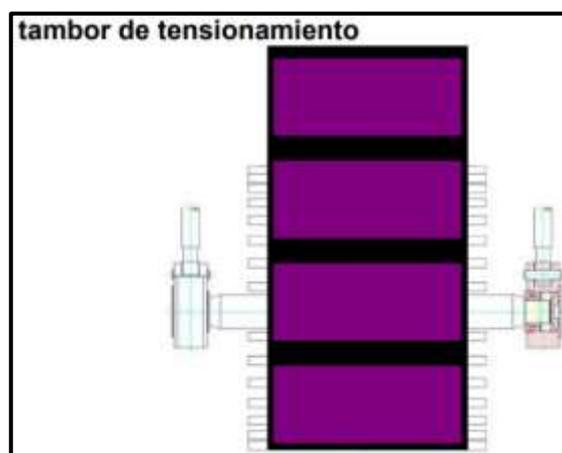


*Nota.* La forma física del pie de elevador de cangilones. Tomado de (AUMUND, 2010)

## **6. Tambor tensor**

Describe AUMUND (2010) para crear el tambor tensor se utiliza un tambor de varillas. Dispone de un mecanismo tensor paralelo y está alojado en dos soportes de rodamientos de rótulas. El peso tensor situado encima del tambor tensor está conectado a los alojamientos de los rodamientos mediante dos husillos tensores externos. Los husillos tensores permiten desplazar la polea tensora para que la correa funcione en línea recta. El peso tensor esférico de acero, que cubre toda la anchura del elevador, tiene una rueda dentada a cada lado que se dirige entre dos cremalleras. Incluso cuando la correa está extendida o bajo tensión, esta guía forzada mantiene el ajuste de marcha recta de la correa. extendida. La figura 11 muestra el tambor tensor.

**Figura 11.** Tambor tensor



*Nota.* El tambor tensor. Tomado de (AUMUND, 2010)

#### 2.2.4. Control de alineamiento

En un elevador de cangilones, el desplazamiento de los cangilones y la desalineación de la cinta son dos variables cruciales que hay que controlar. Debido a su desalineación, la faja puede chocar contra la estructura. Esto provocaría el derrame del material transportado y daños en los rodillos y en la faja. Tradicionalmente, se han utilizado sensores de alineación de la faja para controlar su posición transversal como se observa en la figura 12. Una unidad de alineación se utiliza normalmente en dos sensores de encendido/apagado, uno a cada lado de la faja para proporcionar protección en los posibles puntos problemáticos de desalineación de la faja. El elevador puede detenerse antes de que la faja o los rodillos correspondientes sufran daños, ya que el equipo se activa cuando la desalineación de la faja alcanza un determinado umbral (Pang, 2010, p.19).

Los codificadores de velocidad para la supervisión de la velocidad, que pueden instalarse en una polea de recogida, pueden utilizarse para medir el desalineamiento de la recogida (Lodewijks, 1998). En lugar de medir la velocidad, pueden utilizarse técnicas de recuento de impulsos para medir ópticamente el desalineamiento en el movimiento lineal de la faja (Pang, 2010, p.20).

**Figura 12.** El sensor de alineamiento de faja transportadora



*Nota.* Sensor de alineación de cinta transportadora. Tomado de (Pang, 2010)

Según Mamani (2021) describe el funcionamiento de un control de alineamiento se puede dividir en tres etapas:

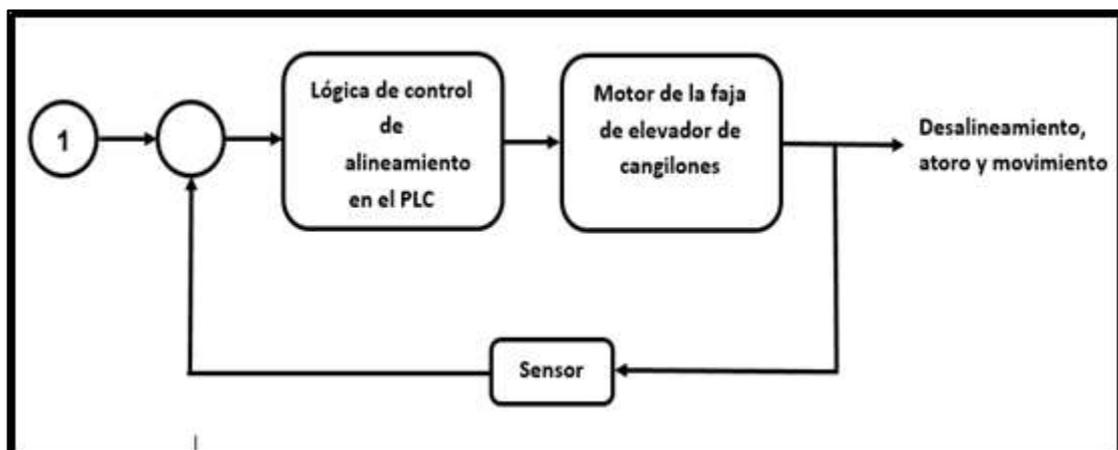
- Los datos de las variables del proceso se miden y recogen mediante sensores instalados en las plantas.

- Como controlador, recoge los datos recopilados junto con detalles adicionales.
- Genere una o varias señales de control para los actuadores de las plantas.

En un elevador de cangilones cuenta con parte electrónica y parte mecánica, que es necesario para la parte mecánica a ser controlada por la electrónica en las variables tales como desalineamiento y velocidad, como esta ofrece una mayor confianza y precisión (Mamani, 2021).

La figura 13 muestra el bloque de control encargado de procesar las señales de detección con el bloque sensor.

**Figura 13.** Diagrama de bloques de control de alineación



*Nota.* Realización propia.

### 2.2.5. Controlador Lógico Programable

Según Mamani (2021) referido de SIEMENS (2023) define es una interfaz de programación modular que puede realizar múltiples tareas simultáneamente. A pesar de su capacidad, tiene un tamaño reducido y una configuración sencilla. Es la respuesta perfecta a los procesos de producción de bajo coste.

Este SIMATIC tiene un firmware que puede realizar diversas tareas, desde la representación gráfica hasta la carga de varios bloques de programa. También dispone de entradas y salidas rápidas y punto de ajuste de posición y función. La figura 14 muestra la forma física de un PLC (Controlador Lógico Programable).

**Figura 14.** Controlador Lógico Programable



*Nota.* PLC Siemens. Tomado de (Wia, 2023)

### **2.2.6. Estructura del controlador lógico programable**

Según Mamani (2021) referido de SIEMENS (2023) menciona que el controlador programable consta de:

Fuente de alimentación que transforma la energía eléctrica de la red eléctrica en el voltaje constante que requieren los componentes electrónicos.

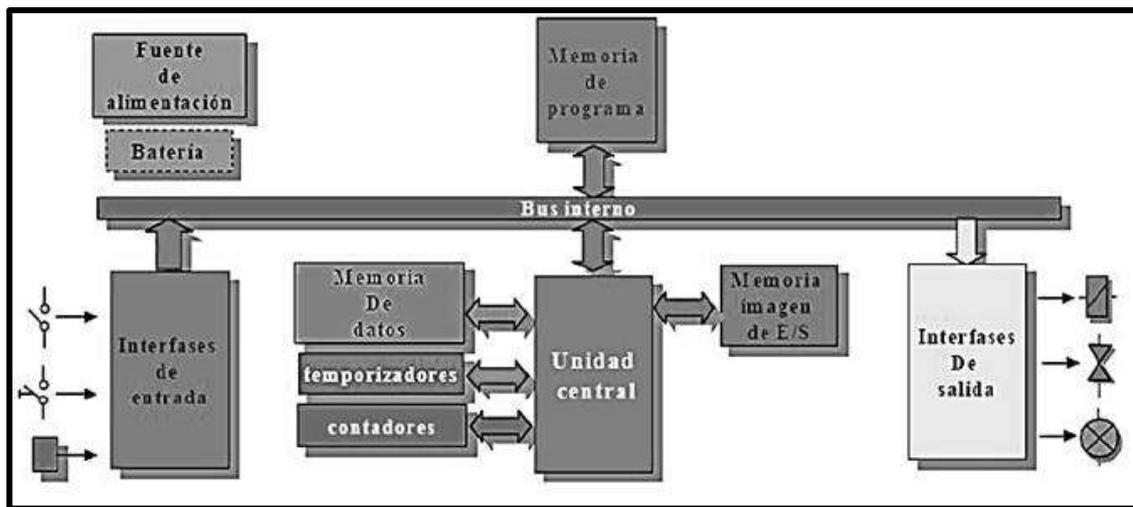
La placa de interfaz de E/S convierte y ajusta las señales eléctricas (cambio de voltaje, aislamiento, filtrado, etc.) del sensor al PLC y viceversa para convertir y ajustar las señales del PLC a los actuadores.

La placa procesadora, que es el cerebro de la máquina porque lee e interpreta las instrucciones que hacen que se almacene el programa y controla las operaciones.

Una tarjeta de memoria contiene componentes electrónicos que permiten almacenar programas y datos (secuencias de entrada) y unidades (señales de salida).

Después de describir las partes del PLC, la figura 15 muestra la distribución del PLC.

**Figura 15.** Distribución del PLC



*Nota.* Distribución de un ordenador programable (PLC). Tomado de (Mamani, 2021)

### 2.2.7. Diagrama de escalera

Un diagrama de escalera, es un lenguaje de programación gráfico comúnmente utilizado en la programación de PLC. En la figura 16 se observa los símbolos de diagrama de escalera.

**Figura 16.** Símbolos de diagrama de escalera

Simbología	Nombre	Descripción
	Contacto NO	Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa, esto es, una entrada, una variable o un bit de sistema
	Contacto NC	Su función es similar al contacto NA anterior, pero en este caso se activa cuando hay unos cero lógicos. Cosa que debería de tenerse muy en cuenta a la hora de su utilización
	Bobina NA	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada da un uno lógico. Su activación equivale a decir que tiene un uno lógico. Suele
	Bobina NC	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada da unos cero lógicos. Su activación equivale a decir que tiene unos cero lógicos.
	Bobina RESET	Una vez activa no se puede desactivar si no es por su correspondiente bobina en RESET. Sirve para memorizar bits y
	Bobina SET	Permite desactivar una bobina SET previamente activada

*Nota.* Símbolos de diagrama de escalera. Obtenido de (SIEMENS, 2023)

### 2.2.8. HMI (interfaz hombre-machine)

Según Mamani (2021) referido de SIEMENS (2023) define el término "interfaz persona-máquina" (HMI) describe un medio o dispositivo que permite la

comunicación entre un ser humano y una máquina. Estos sistemas solían estar compuestos por paneles con diversas instrucciones e indicaciones, como pulsadores, selectores, registradores, indicadores digitales y analógicos, luces piloto y otros dispositivos conectados a la máquina o al proceso.

Hoy en día es posible utilizar sistemas HMI mucho más eficientes y confiables que permiten crear una conexión simple y económica con el proceso o las máquinas con la ayuda de programas, porque los controladores y otros dispositivos electrónicos que permiten la automatización son ampliamente utilizados. La figura 17 muestra la pantalla de la interfaz de usuario.

**Figura 17.** Pantalla táctil KTP700 BASIC



*Nota.* Pantalla táctil KTP700 BASIC. Obtenido de (SIEMENS, 2023)

### **2.2.9. SCADA CEMAT**

Román (2018) referido de Castro (2011) define es un programa de software de control a nivel de producción que interactúa con los dispositivos de campo para regular automáticamente el proceso desde la pantalla del ordenador. Los controladores digitales autónomos y/o programables se encargan del control directo. Están conectados con el operador, que es responsable del procesamiento de datos, la gestión de procesos y la comunicación con el operador. El control del proceso es competencia de los operadores de la planta que utilizan el SCADA (Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos) CEMAT; el acceso a los procesos está limitado en función de su nombre de usuario. La figura 18 muestra la pantalla principal SCADA CEMAT de la planta de cemento UNACEM.

**Figura 18.** Visualización de la pantalla del SCADA CEMAT



*Nota.* Pantalla principal del SCADA CEMAT de la planta cementera UNACEM. Obtenido de UNACEM

#### **2.2.10. SIMOCODE PRO-C**

Según SIEMENS (2015) define SIMOCODE PRO-C (Dispositivo de control y gestión de motores SIRIUS) es un sistema de gestión de motores modular y flexible para motores de velocidad constante de baja tensión. Este sistema optimiza la conexión entre el control de proceso y el alimentador del motor, aumenta la usabilidad de la instalación y reduce significativamente los costes de instalación, puesta en marcha, mantenimiento y servicio. En la figura 19 se observa el SIMOCODE PRO C.

**Figura 19.** SIMOCODE PRO C



*Nota.* SIMOCODE PRO C. Obtenido de (SIEMENS, 2015)

### 2.2.11. Aparata y componentes de protección

Según Ávila y Paredes (2018) define un breaker, a veces denominado interruptor automático o disyuntor, es un dispositivo que abre o cierra un circuito eléctrico en respuesta a un cortocircuito o al exceder un umbral de corriente predeterminado. Tanto las personas como los dispositivos eléctricos y las personas están protegidos por este dispositivo.

Estos componentes tienen las siguientes cualidades

- a) El voltaje de operación o nivel de voltaje para el cual está diseñado el interruptor.
- b) Corriente nominal: la corriente máxima para la que está previsto un disyuntor.
- c) La corriente máxima que puede interrumpir un disyuntor se conoce como poder de corte.
- d) Capacidad de corte: La corriente máxima que un dispositivo puede soportar sin romperse.
- e) Número de polos: Indica cuántos conectores tiene el aparato y se da por pares.

Las figuras 20 y 21 muestran un interruptor termomagnético de carril din y el otro con cuerpo moldeado, ambas de la marca Siemens.

**Figura 20.** Interruptor Termomagnético clase Riel din



*Nota.* Breaker Termomagnético tipo Riel din. Obtenido de (Wia, 2023)

**Figura 21.** Interruptor Termomagnético de Caja Moldeada



*Nota.* Breaker Termomagnético de Caja Moldeada. Obtenido de (Wia, 2023)

### **2.2.12. Contactor**

Según Ávila y Paredes (2018) definen un contactor como un elemento electromecánico que permite el paso de corriente cuando sus contactos están cerrados. Tiene una bobina que atrae los contactos porque vibra cuando recibe una corriente eléctrica. Se compone de:

- a) Los contactos principales se utilizan principalmente para abrir y cerrar circuitos eléctricos o de suministro.
- b) Contactos auxiliares: Utilizados en circuitos de control, soportan corrientes más pequeñas y realizan la misma función que los contactos principales.
- c) Un circuito electromagnético está formado por una armadura, una bobina y un componente fijo llamado núcleo.

La figura 22 muestra un contactor de marca Siemens.

**Figura 22.** Contactor Siemens



*Nota.* Contactor Siemens. Obtenido de (Wia, 2023)

### 2.2.13. Selector

El selector es un elemento de conmutación que, cuando se activa, se mantiene en una de dos o más posiciones estables. Se puede ajustar en posición mediante una chaveta, una leva o un botón. La Figura 23 muestra un interruptor selector de 3 posiciones de la marca Schneider Electric.

**Figura 23.** Selector de tres posiciones



*Nota.* Selector de tres posiciones. Obtenido de (Promelsa, 2021)

### 2.2.14. Sensores

- **Sensor de Llenado**

Según Hernández (2010) describe el sensor de nivel de la sección de arranque avisa a los usuarios en caso de sobrealimentación o caída de material, lo que puede provocar una inundación importante en el arranque y problemas de arrastre de material como resultado de que los cucharones empiecen a excavar sobre el material que se ha depositado en el arranque. La Figura 24 muestra un sensor de nivel de membrana.

**Figura 24.** Sensor de llenado



*Nota.* Sensor de llenado. Obtenido de (ATMI, 2023)

- **Sensor de Movimiento**

Según Hernández (2010) describe el sensor realiza la supervisión continua del movimiento de la cadena, la falta de cangilones en la cadena, los problemas de acoplamiento del motor, etc., es posible gracias al sensor de movimiento de la sección del cabezal. La figura 25 muestra un sensor de proximidad que detecta el movimiento del motor y del elevador.

**Figura 25.** Sensor de movimiento



*Nota.* Sensor de movimiento. Obtenido de (naylampmechatronics, 2023)

- **Sensor de Alineación/velocidad**

Diseñado para identificar cangilones de acero desde el costado o el frente del hueco de un ascensor o para identificar tornillos de acero utilizados para sujetar cangilones no metálicos a una correa de ascensor desde detrás de la correa. Es seguro fallar. El sensor magnético, inmune al polvo o la acumulación de productos, monitorea continuamente visualmente el objeto en movimiento con luz LED. Un sensor eficaz con una medida de 50-100 mm, dependiendo del tamaño del objeto detectado, fácilmente ajustable con el propio sensor o con un dispositivo de control independiente. Apto para carretillas elevadoras con cangilones de acero o plástico. La Figura 26 muestra el sensor de alineación.

**Figura 26.** Sensor de alineamiento

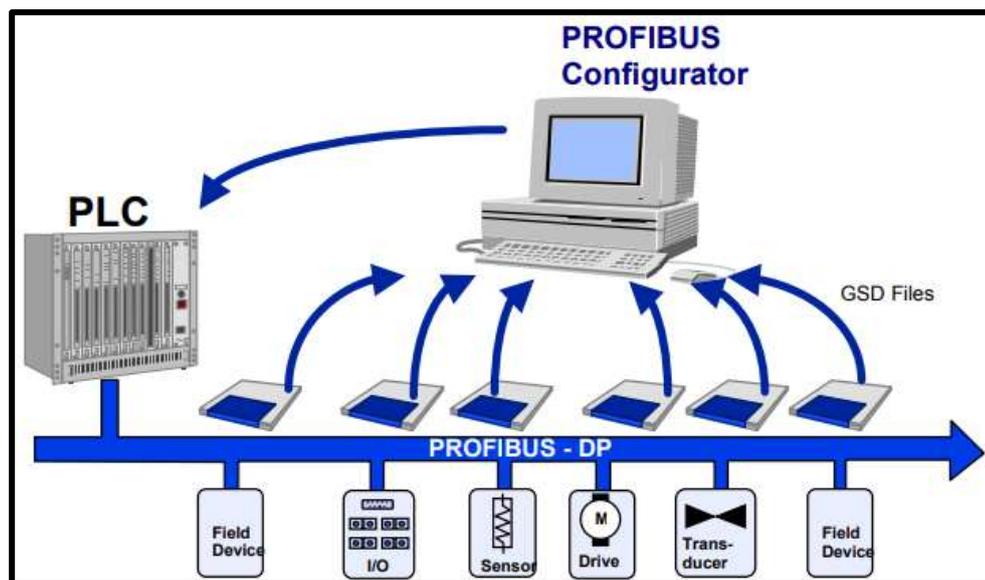


*Nota.* Sensor de alineamiento. Obtenido de (4B GRUOUP, 2023)

### 2.2.15. Red PROFIBUS

Según Alvarez y Castro (2021) describe el bus de campo de proceso, o abreviado PROFIBUS, es un bus de campo normalizado en la norma IEC 61158/EN 50 170. Permite conectar dispositivos de campo a sistemas de automatización, interfaz de usuario, control e instrumentación, incluidos actuadores, sensores, periféricos y control distribuido, asegurando una comunicación óptima entre ellos, como se muestra en la figura 27.

**Figura 27.** Dispositivos de campo PROFIBUS



*Nota.* Red PROFIBUS. Tomado de (Siemens, 2023)

### 2.3. Definición de términos básicos

- **AgCdO + 3  $\mu$ m Au:** Sus contactos de AgCdO significa alambre de aleación de plata, se encuentran entre los más empleados en el campo de los equipos eléctricos de baja tensión porque ofrecen un excelente equilibrio entre la resistencia a la soldadura por contacto, la resistencia a la erosión por arco y una resistencia de contacto relativamente baja a lo largo de su vida útil. (SAIJIN, 2021). Mientras los 3  $\mu$ m Au significa 3 micrómetros de material de oro como lo menciona (TURCK, 2013).
- **ATEX:** Significa Atmósferas Explosivas Es una normativa que describe las precauciones de seguridad para el uso de materiales, herramientas y sistemas en entornos donde existe la posibilidad de la presencia riesgos explosivos (SafetyCulture, 2023).

- **Conglomerante:** Son materiales cerámicos que pueden conectar piezas de una o más sustancias y darle al conjunto una masa unificada mediante cambios químicos que crean nuevos compuestos (Muñoz, 2020, p.1).
- **Corriente residual:** Es la corriente que está presente mientras la carga de salida no está conectada y se encuentra en estado de reposo (wenglor, 2010).
- **EN 50081-1:** Se trata de una normativa de compatibilidad y emisiones electromagnéticas que cumple con la parte 1 de la normativa residencial, Comercial e Industrial Ligera (UNE, 2021).
- **EN 50082-2:** Es un reglamento de inmunidad y compatibilidad electromagnética que cumple con la parte 2 de la normativa de medio ambiente industrial (UNE, 2021).
- **EN 50227:** Se trata de una normativa para dispositivos de control de circuitos y sensores de proximidad para elementos de conmutación, conexión de corriente continua para sensores de proximidad y amplificadores de conmutación conocida como NAMUR (UNE, 2021).
- **EN 60529:** Se trata de una normativa que se centra en los grados de protección que ofrecen los recintos conocidos como códigos IP (UNE, 2021).
- **EN 60947-5-6:2000:** Se trata de una regulación basada en un interruptor de baja tensión. Esto corresponde a la Sección 5-6, donde se describen los dispositivos del circuito de control y los elementos de conmutación. Conexión DC para sensores de proximidad y amplificadores de conmutación (UNE, 2021).
- **Histéresis:** Ésta es la diferencia entre el punto de acoplamiento y el punto de desacoplamiento del interruptor de proximidad cuando se acerca y se desengancha la placa de vía normal (RECHNER SENSORS, 2010).
- **IEC 60529:** La norma internacional IEC 60529 evalúa y determina el nivel de protección de los contenedores contra la entrada de cuerpos extraños (Ineltec, 2010)
- **IEC 60947-5-6:1999:** Según la normativa, se trata de dispositivos de conmutación y dispositivos de control de bajo voltaje que cumplen con las normas de las partes 5-6 sobre interruptores y equipos de circuitos de

control. Conexión CC para sensores de proximidad y amplificadores de conmutación (IEC, 2023).

- **IEC 947-1:** Según Aparata de baja tensión conforme a CEI EN 60947-1 en la parte 1 de las reglas generales (CAMDEN, 2010).
- **IP 20:** Los productos con protección IP20 están protegidos contra el contacto con los dedos y objetos extraños sólidos con un diámetro igual o superior a 12 mm. Estos productos no son impermeables a la infiltración de agua. (Auer Signal, 2010)
- **IP 65:** Los dispositivos con clase de protección IP65 están protegidos contra el contacto y la entrada de polvo (Auer Signal, 2010).
- **IP 67:** Los dispositivos de señalización con clasificación IP67 son impermeables al polvo y tienen protección contra el contacto (Auer Signal, 2010).
- **SPDT:** Los interruptores y relés eléctricos se construyen utilizando el tipo de contacto SPDT (Single Pole Double Throw). Este tipo de comunicación se denomina en inglés típicamente normalmente abierto y normalmente cerrado (Scheider Electric, 2023).

### **CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL**

Mi experiencia trabajando como auxiliar técnico electricista e instrumentista en A&J INSTALACIONES S.R.L. me permitió aplicar mis conocimientos de automatización industrial, electrónica y electricidad para diseñar e implementar los sensores y actuadores utilizados en el control de alineamiento de la faja de un elevador de cangilones. Esto me llevó a la iniciativa de realizar un diseño de programación para el control de alineamiento utilizando un PLC S7 - 1200 a través de un software en TIA Portal, impulsado por la misma necesidad de evitar que el sistema de despacho de la planta cementera UNACEM se detenga.

Para llevar a cabo este procedimiento debo identificar las entradas y salidas que controlan el alineamiento de la faja del elevador y así seleccionar el tipo de PLC y la utilización del software TIA Portal mediante el lenguaje KOP (Ladder).

Segundo la implementación de los sensores y la salida de circuito de fuerza del motor principal y auxiliar del elevador de cangilones.

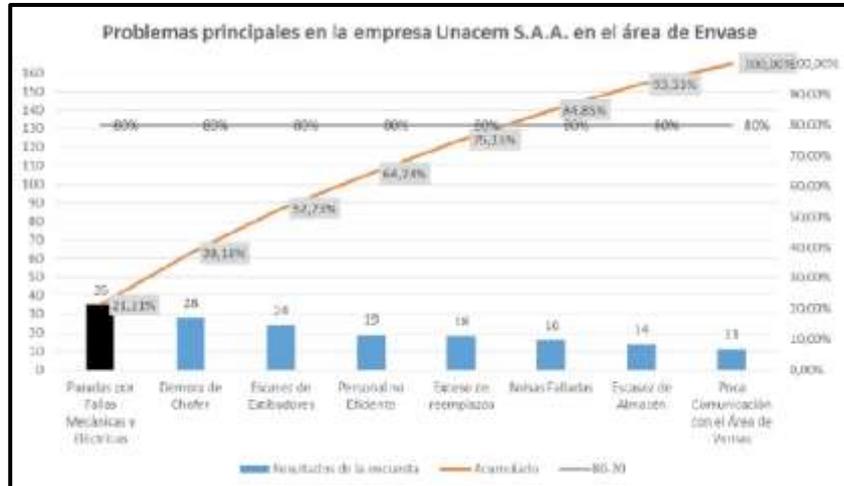
#### **3.1. Determinación y análisis del problema**

En la planta cementera se encuentra el área de despacho donde se encuentra los silos donde es almacenamiento del cemento y el elevador de cangilones que se encarga de transportar el material hacia la zaranda y luego alimentar a la tolva y granel. El elevador de cangilones no solo recibe la alimentación a través de canaletas de los silos, sino también de la espiral proveniente de la recirculación de la recuperación del material.

La importancia en la producción del transporte del material es el elevador de cangilones que realiza trabajo continuamente por medio de un motor principal en la cual presenta un problema en el cual los miembros del personal de envasado respondieron a una encuesta afirmando que la causa principal de este problema es el elevado tiempo de inactividad de las máquinas, que retrasa la distribución del cemento debido a los datos obtenidos mediante el diagrama Pareto según la encuesta el 20% de todos los problemas son consecuencia de un tiempo de inactividad excesivo provocado por averías eléctricas y mecánicas (Mederos Cruz, 2017, p.33). El diagrama se obtuvo luego que se hicieran las encuestas al personal encargado del despacho en la cual genera retraso. La Figura 28 es un diagrama

de Pareto que muestra los problemas causados por fallas eléctricas y mecánicas en general.

**Figura 28.** Diagrama de Pareto de cuestiones críticas en el área de envase



*Nota.* Diagrama Pareto de paradas no programadas. Tomado de (Mederos, 2017)

El mayor problema en el área de envase es el tiempo de inactividad inesperado debido a máquinas envasadoras en mal estado. (Mederos Cruz, 2017, p.9).

A raíz de esta situación, el elevador que estaba instalado de modelo BW-ZL era de una sola cadena y los cangilones eran anchos y presentaba fallas mecánicas a causa del grado de desgaste de las cadenas de los elevadores de cangilones (AUMUND, 2010, p.41). En la figura 29 se observa los cangilones superpuestos en una sola cadena.

**Figura 29.** La cadena con cangilones



*Nota.* Levantando la cadena con cangilones. Tomado de (AUMUND, 2010)

En la figura 30 se observa el desgaste de la cadena del elevador de cangilones.

**Figura 30.** Desgaste de la cadena



*Nota.* Daños eventuales en la cadena. Tomado de (AUMUND, 2010)

Otro punto muy importante obtenida de una fuente de tesis es debido al desprendimiento de los cangilones, los pernos dañados, la desalineación de las ruedas motrices, el contrapeso y el descarrilamiento de la cadena, como consecuencia el amperaje del motor se eleva superando más de 40 A el valor nominal de la corriente del motor y el guardamotor detecta la sobrecarga y paraliza el sistema y por consiguiente retraso en la productividad. (Cerrón, 2016, p.44). A consecuencia de la falla o desgaste mecánico del elevador de cangilones, como es la desalineación de la rueda motriz y cangilones, origina excesivo consumo de corriente y el guardamotor detecta la sobrecarga y paralizaba el sistema y por consiguiente retraso en la productividad.

Como era una sola cadena y los cangilones más anchos golpeaban internamente las paredes de la estructura del elevador y producían grietas en la cual originaba fuga de material y por lo mismo se desalineaba la cadena y los cangilones chocaban con las paredes y generaba fricción y como consecuencia se elevaba la corriente del motor principal y se disparaba el guardamotor generando parada de la planta.

En la parte sistema de control era ineficiente por falta de más sensores, ya que había solo un sensor de atoro y un speed monitor con su transmisor. El sensor de

atoro era de modelo VEGAWAVE 62, que utiliza la horquilla vibratoria, cuando es cubierto por el material se atenúa la amplitud y la convierte en una instrucción para la entrada al PLC (VEGA - Level, 2010, p.1). Ante esta explicación el sensor detecta el material del cemento aun no estando lleno sino por la caída de material de cangilones y da falsas alarmas como la desactivación del sistema. En la figura 31 se observa el sensor tipo VEGAWAVE 62 empleado en el elevador en el elevador de cangilones modelo BW-ZL.

**Figura 31.** Sensor serie VEGAWAVE 62



*Nota.* Elaboración propia tomada desde la empresa (UNACEM, 2023)

En la figura 32 se muestra la horquilla cubierta de material de cemento tras desamparamiento de los cangilones y como consecuencia genera falsa alarma de atoro o nivel llenado.

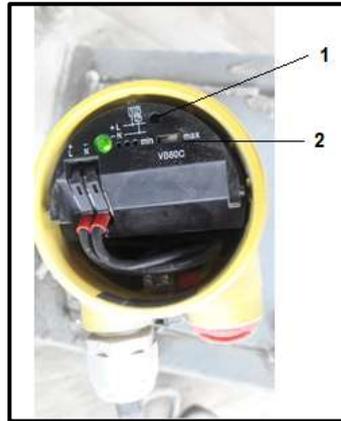
**Figura 32.** Recubrimiento del material en la horquilla de la sonda



*Nota.* Elaboración propia tomada desde la empresa (UNACEM, 2023)

En la figura 33 se muestra destapado el sensor y los números que indica en el número 1 y 2 son los ajustes para la adaptación del punto de conmutación y selección por medio de Interruptor DIL para la conmutación de modos operación.

**Figura 33.** Indicaciones principales de calibración de la sonda Vega



*Nota.* Elaboración propia tomada desde la empresa (UNACEM, 2023)

Cuando hubo falsas alarmas se tenía que sacar el sensor y realizar la calibración del instrumento, pero aun así se obtenía los mismos resultados de fallas.

El speed monitor de modelo Milltronics MSP-7 describe una de sus principales características, es que requiere mayor detección a cierta distancia de 100 mm los objetos metálicos (SIEMENS, 2023, p.1), en lo cual los cangilones cuando se trasladaban golpeaban al sensor, ya que es de mayor robustez y se rompía el sensor, aun así, poniendo el protector, pero por la distancia de la detección no detectaba, cambiaron de posición igual seguía la falla y aun así aumentando un sensor más como redundante. La figura 34 muestra un sensor de movimiento, modelo Milltronics MSP-7.

**Figura 34.** El detector de movimiento Milltronics MSP-7.



*Nota.* Elaboración propia tomada desde la empresa (UNACEM, 2023)

En la figura 35 se observa el sensor obtenido del elevador en falla y tiene protector metálico para que no golpee los cangilones, ya que la falla es debido al desprendimiento de cangilones y al descarrilamiento de la cadena.

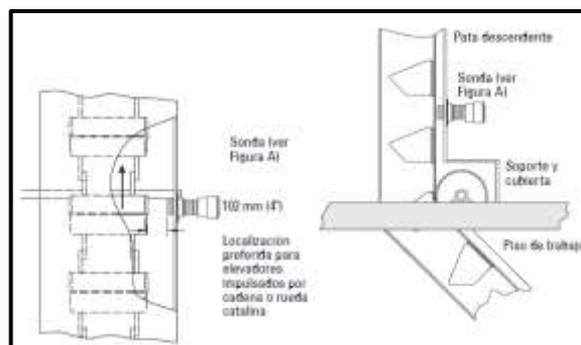
**Figura 35.** Protector metálico del sensor de movimiento Milltronics MSP-7



*Nota.* Elaboración propia tomada desde la empresa (UNACEM, 2023)

Tras el desprendimiento de cangilones y descarrilamiento de la cadena basándose en el manual se realizaba el cambio de posición del sensor de movimiento Milltronics MSP-7 como se observa en la figura 36, pero aun así seguía presentando fallas mecánicas que afectaban el rango de sensado de 102 mm, ya que se excedía o se apegaba demasiado tomando un falso y otro redundante se colocó entre cruzado tomando en cuenta la referencia, pero aún continuaba fallando.

**Figura 36.** Ubicación del sensor de movimiento Milltronics MSP-7



*Nota.* Ubicación de diferentes posiciones del sensor de movimiento Milltronics MSP-7. Obtenido de catálogo de productos de (SIEMENS, 2023)

Ante toda esta situación se decidió cambiar de elevador de modelo BW-GL 500/250 de mayor altura, tiene dos motores el principal y el auxiliar, el motor principal es de

mayor potencia que del elevador anterior y ya no es de cadena sino de correa o faja de cabo de acero como menciona (AUMUND, 2010). En la figura 37 muestra la faja de cabo de acero tensionada y sujeta a base de pernos

**Figura 37.** Faja de cabo de acero

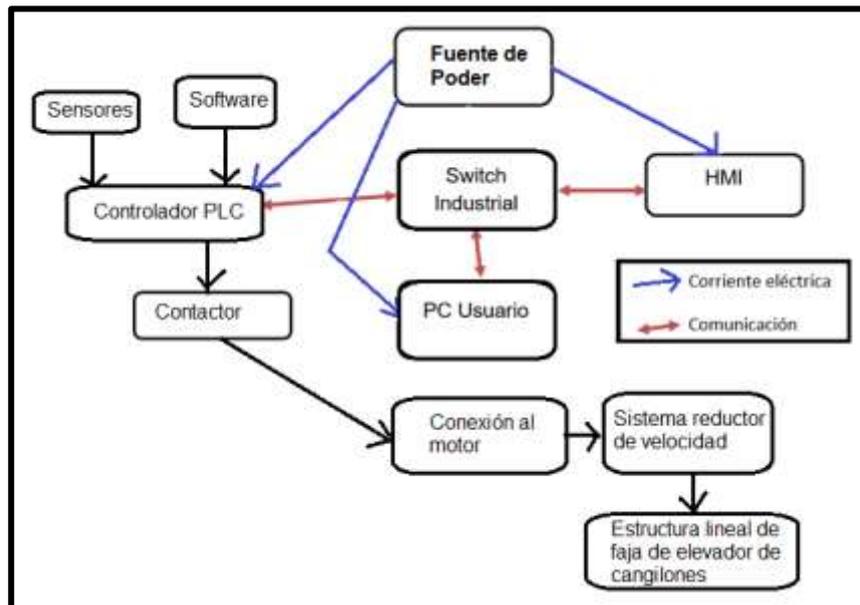


*Nota.* Faja unida por pernos de sujeción. Obtenido de (AUMUND, 2010)

### 3.2. Modelo de Solución propuesto

Para preparar la solución, primero dibujamos un diagrama del funcionamiento del sistema de control de desviación de la correa del elevador de cangilones. Para ello, elaboramos un diagrama de bloques del sistema. La figura 38 ilustra los componentes del sistema, así como la comunicación entre los sensores, el PLC y los actuadores.

**Figura 38.** Diagrama de bloques del control de alineamiento del elevador de cangilones



*Nota.* Elaboración propia

Luego de tener claro el diagrama de bloque de control, empezaremos a explicar los principales elementos que se aplicaran en el desarrollo del método propuesto.

### 3.2.1. Diseño de sistema de control y sus componentes

#### A. Selección del motor principal del elevador de cangilones

La figura 39 muestra los datos técnicos del elevador de cangilones que se menciona a continuación:

- Tipo del transportador: BW-BL500/250
- Tipo de cadena: H12
- Potencia Motriz: 45KW
- Capacidad de transporte: 200t/h
- Velocidad de transporte: 1.42m/s

**Figura 39.** Datos técnicos del elevador de cangilones



*Nota.* Elaboración propia tomada desde la empresa (UNACEM, 2023)

Para seleccionar el motor principal se toma en cuenta la tensión de trabajo, potencia, corriente, frecuencia y rpm de salida. Para el elevador se seleccionó el motor de jaula de ardilla trifásico SIMOTICS.

Los datos del tablero del motor se obtienen de SIEMENS (2023) como se muestra en la Tabla 2:

**Tabla 2.** Datos de placa del motor principal

---

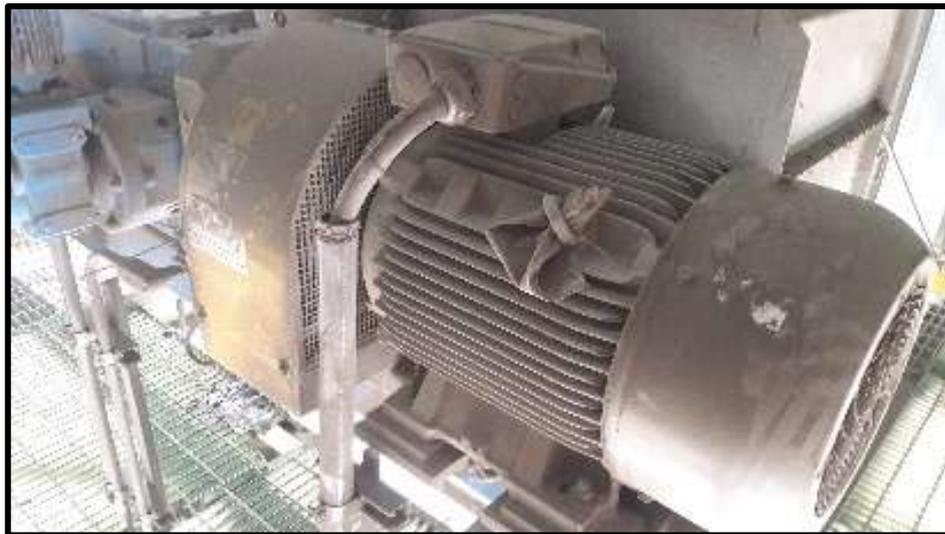
<b>Datos de placa de motor marca SIMOTICS</b>	
<b>Tensión (V)</b>	460
<b>Corriente (A)</b>	70
<b>Potencia (KW)</b>	45
<b>Numero de revoluciones (RPM)</b>	1778
<b>Frecuencia (Hz)</b>	60
<b>Número de polos</b>	4
<b>Grado de Protección</b>	IP 55
<b>Tipo de conexión</b>	Delta $\Delta$

---

*Nota.* Datos de placa de motor marca SIMOTICS. Obtenido de (SIEMENS, 2023)

En la figura 40 se observa el motor trifásico SIMOTICS.

**Figura 40.** Motor principal



*Nota.* Elaboración propia tomada desde la empresa (UNACEM, 2023)

### **B. Selección de motor auxiliar para elevador de cangilones**

El componente esencial de un elevador de cangilones es un motor auxiliar (motorreductor). Al reducir la rapidez del eje de salida a una rapidez especificada, convierte la energía eléctrica en energía mecánica para que la faja se transmita por fuerza mecánica. Como resultado, el motor auxiliar funciona como un variador de frecuencia. La figura 41 se muestra el motorreductor de marca FLENDER.

**Figura 41.** Motor auxiliar



*Nota.* Elaboración propia tomada desde la empresa (UNACEM, 2023)

Para seleccionar el motor auxiliar se toma en cuenta la tensión de trabajo, potencia, corriente, frecuencia y rpm de salida. Para el elevador se eligió el motor de motorreductor de marca FLENDER.

La información sobre placa de motor se obtiene de FLENDER (2023), como se muestra en la Tabla 3:

**Tabla 3.** Datos de placa del motor principal

---

<b>Datos de placa de motor marca FLENDER</b>	
<b>Tensión (V)</b>	460
<b>Corriente (A)</b>	1.8
<b>Potencia (KW)</b>	1.2
<b>Numero de revoluciones (RPM)</b>	1778
<b>Frecuencia (Hz)</b>	60
<b>Número de Polos</b>	4
<b>Grado de Protección</b>	IP 55
<b>Tipo de conexión</b>	Delta $\Delta$

---

*Nota.* Datos de placa de motor marca FLENDER. Obtenido de (FLENDER, 2023)

### C. Elección de un Controlador Lógico Programable

Existen varios tipos de CPU en la serie de PLC SIMATIC S7-1200; para elegir una, es importante conocer sus características. Será necesario disponer de una tabla comparativa de CPUs para obtener mejor información y seleccionar la adecuada; se observan en la figura 42.

**Figura 42.** Cuadro comparativo de la familia SIMATIC CPU 1200

<b>Función</b>	<b>CPU 1211</b>	<b>CPU 1212</b>	<b>CPU 1214</b>	<b>CPU 1215</b>
<b>Dimensiones Físicas (mm)</b>	90x100x75	90x100x75	110x100x75	130x100x75
Trabajo	30Kb	50Kb	75Kb	100Kb
<b>Memoria de Usuario</b>				
Carga				
Remanente	1Mb	1Mb	4Mb	4Mb
	10Kb	10Kb	10Kb	10Kb
<b>E/S Integradas Locales</b>				
Digital				
Analógico	6 Int/4 Out	8 Int/6 Out	14 Int/10 Out	14 Int/10 Out
	2 Int	2 Int	2 Int	2 Int/2 Out
Área de Marcas (M)	4096 bytes	4096 bytes	4096 bytes	4096 bytes
Ampliación con Modulo de Señales (Sm)	Ninguna		2	8
Signal Board (Sb)		1	1	1
Módulo de Comunicación (Cm)		3	3	3

*Nota.* Tabla comparativa de CPU 1200 familia SIMATIC. Obtenido de (SIEMENS, 2023)

Tras revisar la tabla comparativa de CPU de Siemens, se eligió la CPU 1214C para este proyecto por su diseño compacto, su facilidad de instalación y configuración y su completo conjunto de instrucciones. Para continuar con el proceso de selección, se necesitan datos técnicos adicionales del equipo, como el tipo de fuente de poder y los tipos de entrada y salida. Para recopilar estos datos se utilizará la figura 43.

**Figura 43.** Datos técnicos de la CPU del PLC

<b>Datos técnicos</b>	
<b>Designación del producto</b>	CPU 1214C AC/DC/Relé
<b>Version de Firmware</b>	V4.1
<b>Ingeniería con paquete de programación</b>	STEP 7 V13 SP1 o superior
<b>Display</b>	no
<b>Tensión de alimentación valor nominal (AC)</b>	
120 VAC	Si
230 VAC	Si
Rango admisible, limite inferior (AC)	85 V
Rango admisible, limite superior (AC)	264 V
<b>Frecuencia de red</b>	
Rango admisible, limite inferior	47 Hz
Rango admisible, limite superior	63 Hz
<b>Alimentación de sensores 24 V</b>	20.4 a 28.8 V
<b>Nº Entradas Digitales Integrado</b>	14
<b>Tensión de entrada</b>	
Valor nominal (DC)	24 V
Para la señal "0"	5 VDC
Para la señal "1"	15 VDC
<b>Nº Salidas Digitales Integrado</b>	12, relé
<b>Nº de entradas analógicas</b>	2
<b>Canales Integrados (AI)</b>	2
<b>Rangos de entrada</b>	0 a 10 V
<b>Tensión Interfaz</b>	
<b>Tipo de interfaz</b>	PROFINET
<b>Norma física</b>	Ethernet
<b>Con aislamiento galvánico</b>	si
<b>Detección Automática de Velocidad de Transferencia</b>	si

*Nota.* Datos técnicos de la CPU del PLC. Obtenido de (Siemens, 2023)

Tras revisar la tabla de datos, el PLC 1214C AC/DC/Relé, representado en la figura 44, está equipado con una fuente de alimentación de CA con una tensión máxima de 230 V CA, entradas digitales de 24 V DC, salidas tipo relé, 10 entradas digitales, 14 salidas digitales y dos entradas analógicas con una tensión máxima de 10 V DC.

**Figura 44.** El PLC SIMATIC S7 - 1200



*Nota.* PLC Siemens. Tomado de (Wia, 2023)

#### **D. Selección de un Panel HMI**

Utilizamos un panel HMI de modelo KTP 700 BASIC PN para monitorear la alineación del elevador de cangilones. La resolución de la pantalla de 7 pulgadas de este panel permite al operario ver las características principales del producto y le ayuda a visualizar los procesos que diseña. Para ello se utilizará la tabla 4.

**Tabla 4.** Tabla de datos del panel HMI

<b>Display</b>	
<b>Tipo de display</b>	Pantalla TFT panorámica retroiluminación LED
<b>Diagonal de pantalla</b>	7"
<b>Anchura del display</b>	154.1 mm
<b>Altura del display</b>	85.9 mm
<b>Nº de colores</b>	65536
<b>Resolucion (pixeles)</b>	
<b>Resolucion de imagen horizontal</b>	800
<b>Resolucion de imagen vertical</b>	480
<b>Elementos de mando</b>	
<b>Nº de teclas de funcion</b>	8
<b>Teclado numerico</b>	Sí, teclado en pantalla
<b>Manejo tactil 24VDC</b>	
<b>Como pantalla tactil</b>	Sí

<b>Tipo de tensión de la alimentación</b>	24 VDC
<b>Rango admisible, límite inferior (DC)</b>	19.2 V
<b>Rango admisible, límite superior (DC)</b>	28.8 V
<b>Intensidad de entrada (Valor nominal)</b>	230 mA

*Nota.* Datos del panel HMI. Obtenido de (Siemens, 2023)

Este panel dispone de una conexión PROFINET para la programación del sistema y la comunicación con el PLC, y funciona con una fuente de alimentación de 24 V DC.

### E. Elección del Switch Industrial Ethernet

Se necesita un conmutador industrial que permita la comunicación entre un PLC, un panel HMI y un ordenador. Para ello, utilizaremos un conmutador de la marca Siemens, para lo cual dispondremos de una tabla que contiene los datos primarios del conmutador.

La figura 46 proporciona detalles técnicos del modelo SCALANCE XB005G, que es el utilizado para este trabajo. La figura 45 muestra este modelo.

**Figura 45.** Switch Industrial de código SCALANCE XB005G



*Nota.* SCALANCE XB005G. Obtenido de (Siemens, 2023)

**Figura 46.** Características de un interruptor industrial

<b>Características</b>	<b>XB005 G</b>
<b>Led de diagnostico</b>	Si
<b>Entrada 24 VDC</b>	Si
<b>TP (RJ-45) Gigabit Ethernet 10/100/1000Mbps</b>	5

*Nota.* Características del Switch Industrial. Obtenido de (Siemens, 2023)

Según los datos técnicos, este conmutador funciona con una tensión de 24 V DC y puede conectarse y comunicarse con hasta 5 dispositivos. Esta información es muy útil para la programación de PLC, panel HMI y PC.

### **F. Elección de la fuente de energía**

La fuente de alimentación de los LED conectados al panel HMI, al switch Ethernet y a las entradas y salidas del módulo requiere de una fuente externa para su correcto funcionamiento. Esta fuente es fabricada por Siemens y el modelo elegido es el LOGO POWER 24V 2.5A - 6EP1332-1SH43 que se muestra en la figura 47. Este dispositivo ofrece mucha potencia en un diseño compacto, así que veamos la tabla 5 para ver sus características.

**Figura 47.** Fuente de poder de marca Siemens



*Nota.* Fuente siemens LOGO POWER. Obtenido de (Siemens, 2023)

**Tabla 5.** Datos técnicos de la fuente de poder del PLC

<b>Datos técnicos</b>	
<b>Producto</b>	LOGO POWER
<b>Entrada</b>	AC monofásica o DC
<b>Tensión de alimentación / con AC / valor nominal mínimo</b>	100 V
<b>Tensión de alimentación / con AC / valor nominal máximo</b>	240 V
<b>Frecuencia nominal de red</b>	50 / 60 Hz
<b>Rango de frecuencia de red</b>	47 ... 63 Hz
<b>Salida</b>	Tensión continua estabilizada y aislada galvánicamente
<b>Tensión nominal DC</b>	24 V
<b>Rango de intensidad</b>	0 ... 2.5 A

*Nota.* Datos técnicos del LOGO POWER. Obtenido de (Siemens, 2023)

### **G. Selección de elementos de protección eléctrica**

- **Selección de Breakers Caja Moldeada 3RV2041-4RA10**

Para la alimentación trifásica 440VAC se ha elegido el interruptor de caja moldeada se selecciona según la carga requerida. Se utilizó un 3RV2041-4RA10 de 84 A. En la figura 48 se observa el guardamotor de modelo 3RV2041-4RA10 y ajustado a la corriente de 73 A que necesita la carga.

**Figura 48.** Guardamotor



*Nota.* Elaboración propia tomada desde la empresa (UNACEM, 2023)

- **Elección del contactor para motor principal**

En el manual de Siemens (2023) indica para la elección del contactor se debe considerar la potencia del motor principal indicada en la placa y de acuerdo a la potencia se selecciona el contactor especificando la corriente que soportara el contactor como se observa en la tabla 6.

**Tabla 6.** Contactores principales de código 3RT20

<b>Contactores de potencia 3RT20</b>			
<b>Referencia (tamaño S3)</b>	<b>P(AC-3/AC- 3e,400V) [KW]</b>	<b>I<sub>c</sub> (AC-3/AC- 3e,400V) [A]</b>	<b>Anchura [mm]</b>
3RT2045	37	80	
3RT2046	45	95	70
3RT2047	55	110	

*Nota.* Selección de contactor de potencia 3RT20. Obtenido de (Siemens, 2023)

La potencia del motor es de 45KW y por consiguiente se selección el contactor 3RT2046 que soporta la corriente de 95A sus contactos principales. En la figura 49 se observa la forma física del contactor 3RT2046.

**Figura 49.** Contactor 3RT2046



*Nota.* Elaboración propia tomada desde la empresa (UNACEM, 2023)

- **Selección de disyuntor termomagnético de carril DIN 5SY6102-7 1P para sistemas de control electrónico.**

Utilizando las especificaciones de cada unidad de control electrónico del sistema de control, se seleccionó un disyuntor termomagnético de carril DIN de 1 polo código 5SY6102-7. La figura 50 muestra un magnetotérmico.

**Figura 50.** Magnetotérmico



*Nota.* Elaboración propia tomada desde la empresa (UNACEM, 2023)

- **Elección de cables conductores para la interconexión**

El tamaño del cable de conexión entre los dispositivos de potencia, control, comando y señal se seleccionó de la tabla 7 en función de la elección del equipo de protección.

**Tabla 7.** Tabla de las características de los conductores en calibre AWG

Calibre AWG	Sección nominal mm <sup>2</sup>	Intensidad de Corriente	
		Temperatura ambiental 20°C	Temperatura ambiental 40°C
18	1.02	16	
16	1.29	22	
14	2.08	26	
12	3.31	40	
10	5.26	51	
8	8.37	64	66

6	13.3	85	89
4	21.2	111	117
2	33.6	146	158
1	45.4	168	185
1/0	53.5	193	214

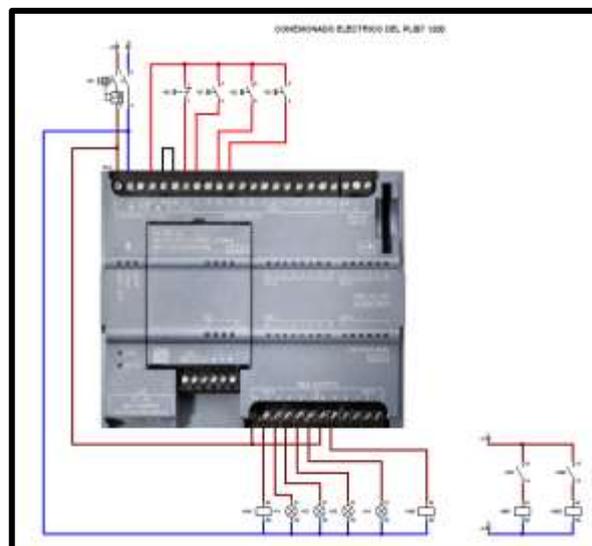
**Nota.** La tabla de conductores obtenida de Ávila y Paredes (2018). Tomado de General Cable

- ✓ Tensión de entrada 480 VAC 100 Amp, conductor de calibre 2.
- ✓ Tensión monofásica para los tomacorrientes 120VAC 20Amp, se utiliza el conductor de calibre 12.
- ✓ Equipos de control y señalización se utiliza el cable de calibre 18.

#### H. Diseño del circuito de elevador de cangilones para simular

Luego de elegir los materiales adecuados para realizar el circuito de control de alineamiento, se procede a diseñar las entradas, salidas, fuente de alimentación, conexiones de entrada y salida, como se muestra en la figura 51.

**Figura 51.** Diseño de circuito de control de alineamiento



*Nota.* Elaboración propia en CADE SIMU

#### I. Selección de Sensores

Debido a sus múltiples usos, entre los que se incluyen la alineación, los indicadores de alarma, el nivel de atasco y la detección de objetos, que

proporcionan al sistema la información que necesita para tomar medidas y mantener la continuidad del sistema, los sensores son cruciales para todos los aspectos del sistema de automatización. A continuación, se analizan en detalle los sensores utilizados en el elevador de cangilones.

### 1. Interruptor de proximidad para desvío de la faja

Según el manual obtenida de TURCK (2013) describe que los objetos metálicos pueden detectarse mediante sensores inductivos sin contacto ni residuos. Lo hacen interactuando con el objeto a través de un campo electromagnético correlativo de alta frecuencia. Los sensores inductivos producen este campo mediante un circuito RLC y una bobina de ferrita.

- **Datos técnicos del Interruptor de Proximidad**

En la figura 52 se describe los datos técnicos del interruptor de proximidad de tipo inductivo para la selección del desvío de la faja para la ubicación de la parte superior e inferior del elevador.

**Figura 52.** Datos Técnicos del Interruptor de Proximidad

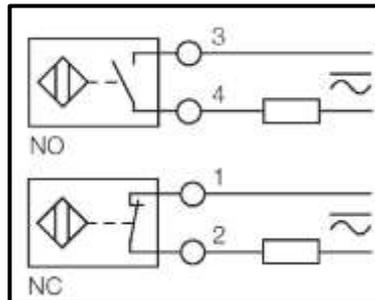
Tipo	BI10-P30SR-FZ3X2
ID no.	13420
Distancia de conmutación nominal	10 mm
Condiciones de montaje	Enrasado
Distancia de funcionamiento asegurada	$\leq (0.81 \times S_n)$ mm
Histéresis	3...15 %
Temperatura ambiente	-25...+70 °C
Tensión de funcionamiento	20...250 VAC 10...300 VDC
Corriente nominal de funcionamiento en DC	$\leq 300$ mA
Frecuencia	$\geq 50... \leq 60$ Hz
Corriente residual	$\leq 1,7$ mA
Tensión de prueba de aislamiento	$\leq 1.5$ kV
Corriente de sobretensión	$\leq 8$ A ( $\leq 10$ ms máx. 5 Hz)
Función de salida	2 hilos, Conexión programable (NC/NO), 2 hilos
Corriente de funcionamiento más pequeña	$\geq 3$ mA
Frecuencia de conmutación	0.02 kHz
Dimensiones	115mm
Material de la carcasa	Plástico, ABS
Par de apriete máx. de la tuerca de la carcasa	5 Nm
Conexión eléctrica	Cámara de bornes
Resistencia a las vibraciones	55 Hz (1 mm)
Clase de protección	IP67
Indicación de encendido	LED verde
Estado de conmutación	LED, Rojo

*Nota.* Datos obtenidos del interruptor de proximidad. Tomado del manual (TURCK, 2013)

- **Diagrama esquemático eléctrico y físico del Interruptor de Proximidad**

En la figura 53 se representa el esquema eléctrico del sensor inductivo donde tiene dos controles programables normalmente abierto y normalmente cerrado.

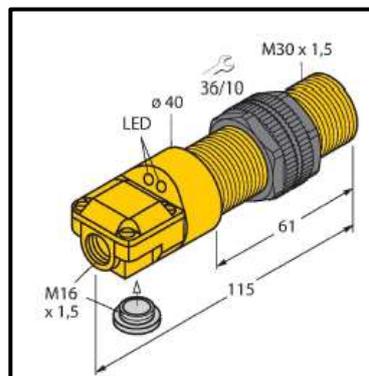
**Figura 53.** Esquema eléctrico del Interruptor de Proximidad



*Nota.* Esquema Eléctrico del sensor inductivo. Tomado de (TURCK, 2013).

En la figura 54 se muestra la forma física y sus dimensiones del sensor inductivo.

**Figura 54.** Forma física del Interruptor de Proximidad



*Nota.* Forma física y dimensiones del sensor inductivo. Tomado de (TURCK, 2013).

## 2. **Sensor Kiepe**

En el manual de KIEPE ELEKTRIK (2017) describe que, en las instalaciones de elevadores de cangilones, se utilizan interruptores de desalineación de cangilones Kiepe SBW para controlar el movimiento de la correa del elevador en tiempo real. Si los cangilones se desvían más de lo permitido del recorrido nominal, los

interruptores se activan. Para evitar desperdicios de material, daños importantes y tiempos de inactividad prolongados, las unidades de control asociadas se activan mediante la señal de salida del interruptor, que detiene el elevador.

- **Funcionamiento**

La instalación de dos detectores de proximidad inductivos cerca de la polea de cabeza, en el lado de transporte, y de otro par en la polea de cola, en el lado de retorno, permite controlar el seguimiento real de la faja. En cuanto la faja se desvía hacia el rango de detección del sensor de proximidad, se reconoce la desalineación de la faja. Un potenciómetro accesible desde la superficie del sensor permite modificar la distancia de detección de los interruptores de proximidad inductivos. Cuando un cangilón interfiere con el campo oscilante del sensor, se enciende un LED. Todos los interruptores pueden programarse de NA a NC o viceversa.

- **Datos técnicos**

En la figura 55 se detalla los datos técnicos principales para la selección del control de alineamiento del elevador de cangilones.

**Figura 55.** Datos técnicos del Sensor Kiepe

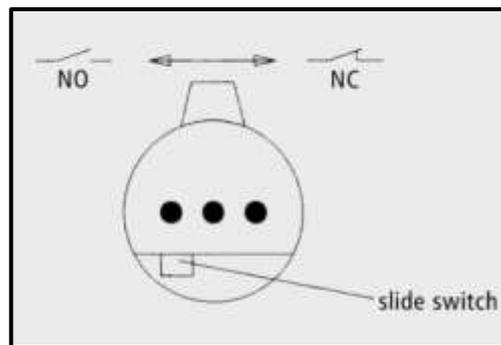
Dispositivo conforme con	IEC 947-1, EN 50081-1, EN 50082-2
Montaje	Montaje no enrasado
Tensión de servicio	DC-Versión: 15 ... 60 V AC-Versión: 20 ... 250 V
Corriente de Carga	400 mA
Corriente de sobretensión	4 A (tipo AC)
Corriente de carga mínima	8 mA (tipo CA)
Histéresis	< 10 % S <sub>n</sub>
Temperatura ambiente	-20°C ... + 70°C
Protección	IP 67
Frecuencia de conmutación	AC: 25 Hz, DC: 100 Hz
Cable de conexión	DC: 3 x 0,50 mm <sup>2</sup> , longitud: aprox. 2 m AC: 2 x 0,75 mm <sup>2</sup> , longitud: aprox. 2 m
Circuito de salida	DC - PNP - NC/NO programable AC - NC/NO programable

*Nota.* Datos obtenidos del sensor Kiepe. Tomado del manual (KIEPE ELEKTRIK, 2017)

- **Diagrama esquemático eléctrico y físico del Sensor Kiepe**

La Figura 56 muestra el diagrama eléctrico del sensor Kiepe.

**Figura 56.** Esquema eléctrico pictórico del sensor Kiepe



*Nota.* Esquema eléctrico del sensor Kiepe. Tomado del manual (KIEPE ELEKTRIK, 2017)

En la figura 57 se observa la forma física del sensor Kiepe.

**Figura 57.** Forma física del sensor Kiepe



*Nota.* Forma física del sensor Kiepe. Tomado del manual (KIEPE ELEKTRIK, 2017)

Sensor y el transmisor de movimiento de la faja

El sensor y el transmisor con sus respectivos códigos se describirá a continuación:

### **3. Sensor Inductivo NJ5 – 18GK – N – 150**

En la figura 58 se detalla los datos técnicos principales para la selección del control de movimiento del elevador de cangilones.

**Figura 58.** Datos técnicos del sensor inductivo NJ5 - 18GK - N - 150

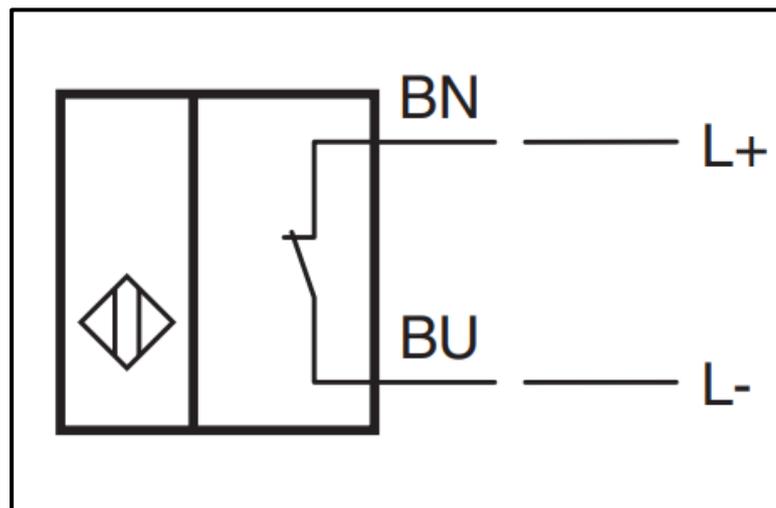
Datos técnicos	NJ5 - 18GK - N - 150
Función de conmutación	Normalmente cerrado (NC)
Tipo de salida	NAMUR
Distancia de conmutación de medición $S_n$	5 mm
Instalación	enrasado
Distancia de conmutación asegurada $S_a$	0 ... 4,05 mm
Tipo de salida	2 - hilos
Tensión nominal $U_o$	8,2 V ( $R_i$ aprox. 1 k $\Omega$ )
Frecuencia de conmutación f	0 ... 500 Hz
Placa de medición no detectada	min. 3 mA
Placa de medición detectada	$\leq 1$ mA
Normativa (NAMUR)	EN 60947-5-6:2000, IEC 60947-5-6:1999
Temperatura ambiente	-40 ... 150 °C (-40 ... 302 °F)
Tipo de conexión	Cable
Grado de protección	IP65
Diámetro del cable	4,8 mm $\pm$ 0,2 mm
Sección transversal	0,34 mm <sup>2</sup>
Material	SIHF
Longitud	2 m

*Nota.* Datos obtenidos del sensor inductivo NJ5 - 18GK - N - 150. Tomado del manual obtenido (PEPPERL + FUCHS, 2020)

- **Conexión del sensor inductivo NJ5 - 18GK - N – 150**

Se observa en la figura 59 la conexión del sensor inductivo NJ5 - 18GK - N – 150 con el símbolo y los dos terminales.

**Figura 59.** Conexión del sensor inductivo NJ5 - 18GK - N - 150



*Nota.* La conexión del sensor inductivo NJ5 - 18GK - N - 150. Tomado del manual (PEPPERL + FUCHS, 2020)

- **Forma física del sensor inductivo NJ5 - 18GK - N - 150**

La figura 60 muestra la forma física del sensor inductivo NJ5 - 18GK - N - 150.

**Figura 60.** Conexión del sensor inductivo NJ5 - 18GK - N - 150

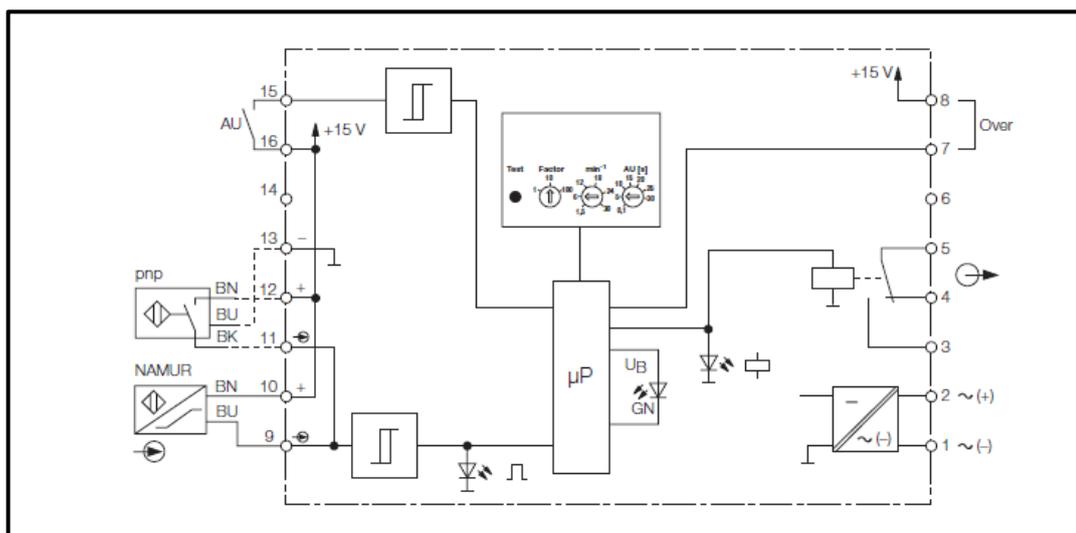


*Nota.* Forma física del sensor inductivo NJ5 - 18GK - N - 150. Tomado del manual (PEPPERL + FUCHS, 2020)

#### 4. Transmisor de movimiento MS24 – 112 - R

Según la descripción del manual TURCK (2013) el transmisor de movimiento del código MS24-112-R puede conectarse a sensores de tipo PNP a los tres bornes, sensores EN 50227 (NAMUR) o fuentes de tensión con un nivel de estanqueidad entre 10 y 30 VCC. En la figura 61 se observa el esquema eléctrico interno y externo del transmisor de movimiento MS24 – 112 – R.

**Figura 61.** Esquema eléctrico del transmisor de movimiento MS24 – 112 - R



*Nota.* Esquema eléctrico externo e interno del transmisor de movimiento MS24 - 112 - R. Tomado del manual (TURCK, 2013)

- **Datos técnicos**

Los datos técnicos se muestran en la figura 62.

**Figura 62.** Datos técnicos del transmisor de movimiento MS24 - 112 - R

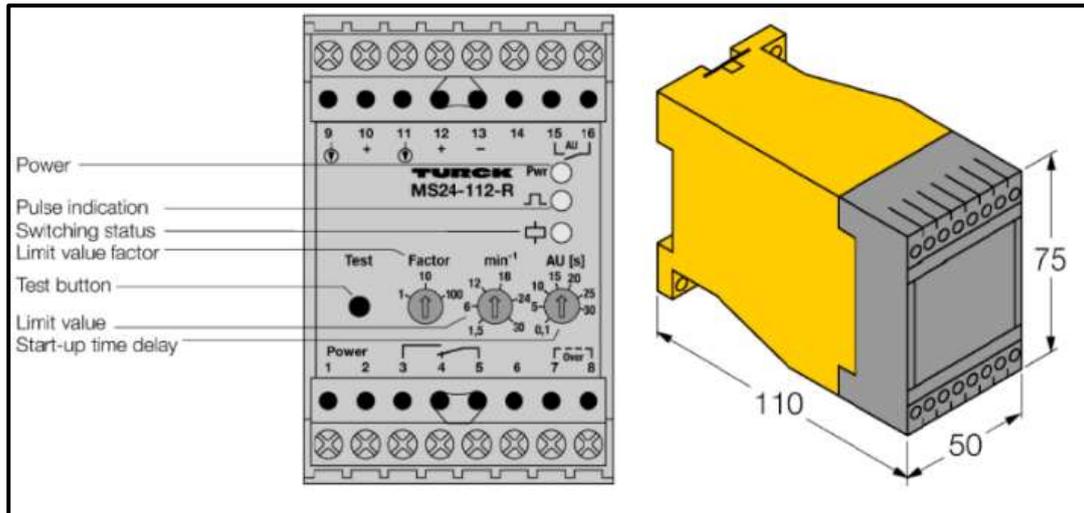
Designación de tipo	MS24 - 112 - R
Tensión de servicio	85...265VAC 18...30VDC
Frecuencia de línea/tripulación	0...62Hz ≤ 10%
Consumo de potencia	4.5VA 2.5W
<b>Supervisión de la velocidad de rotación</b>	velocidad máxima/velocidad mínima
Rango de velocidad	1,5...3000 min <sup>-1</sup> (3 rangos)
Frecuencia de entrada	≤60000 min <sup>-1</sup>
Duración de la pausa	≥0,2 ms
Duración del impulso	≥0,2 ms
Histéresis	aprox. 10%
Retardo de arranque	0,1...30 s (potenciómetro del panel frontal)
<b>Circuitos de entrada</b>	NAMUR o (3 hilos, pnp)
Entrada NAMUR	según EN 50227, bornes 9/10
- Características de funcionamiento	U <sub>0</sub> = 8,2 V; I <sub>0</sub> = 8,2 mA
- Umbral de conmutación	1,4 mA ≤ I <sub>0</sub> ≤ 1,8 mA
Entrada de 3 hilos	pnp, terminales 11...13
- Características de funcionamiento	U ≤ 15 VDC; I ≤ 30 mA
- Señal "ON"	0...5 VDC
- Señal "OFF"	10...30 VDC
<b>Circuitos de salida</b>	<b>1 salida de relé</b>
Número de contactos	1 contacto SPDT, AgCdO + 3 μ Au
- Tensión de conmutación	≤ 250 V
- Corriente de conmutación	≤ 2 A
- Capacidad de conmutación	≤ 500 VA/60 W
<b>Indicaciones LED</b>	
- Alimentación "ON"	Verde
- Indicación de estado	Verde
- Pulsos de entrada	Amarillo
Carcasa	50 mm de ancho, Policarbonato/ABS
Perfil de conexión	≤ 2 x 2,5 mm <sup>2</sup> o 2 x 1,5 mm <sup>2</sup> con manguitos de alambre
Grado de protección (IEC 60529/EN 60529)	IP20
Temperatura de funcionamiento	-25...+60 °C

*Nota.* Datos técnicos del transmisor de movimiento MS24 - 112 - R. Tomado del manual (TURCK, 2013)

- **Forma física del transmisor de movimiento MS24 - 112 - R**

La figura 63 muestra la forma física del sensor de movimiento y sus correspondientes señales e indicadores de control, así como sus dimensiones.

**Figura 63.** Forma física del transmisor de movimiento MS24 - 112 - R



*Nota.* Forma física del transmisor de movimiento MS24 - 112 - R. Tomado del manual (TURCK, 2013)

## 5. Interruptor nivel de llenado

En el manual de MOLLET (2013) describe que es práctica habitual utilizar el indicador de nivel MFB-EA en silos y otras grandes instalaciones de almacenamiento o tolva para detectar llenado, vacío o demanda. Este robusto sensor permite obtener indicaciones de nivel fiables y económicas incluso en gránulos de grano muy secos y aislados.

- **Datos técnicos del interruptor nivel de llenado**

En la siguiente figura 64 se detalla los datos técnicos del interruptor de llenado.

**Figura 64.** Características técnicas del interruptor de llenado

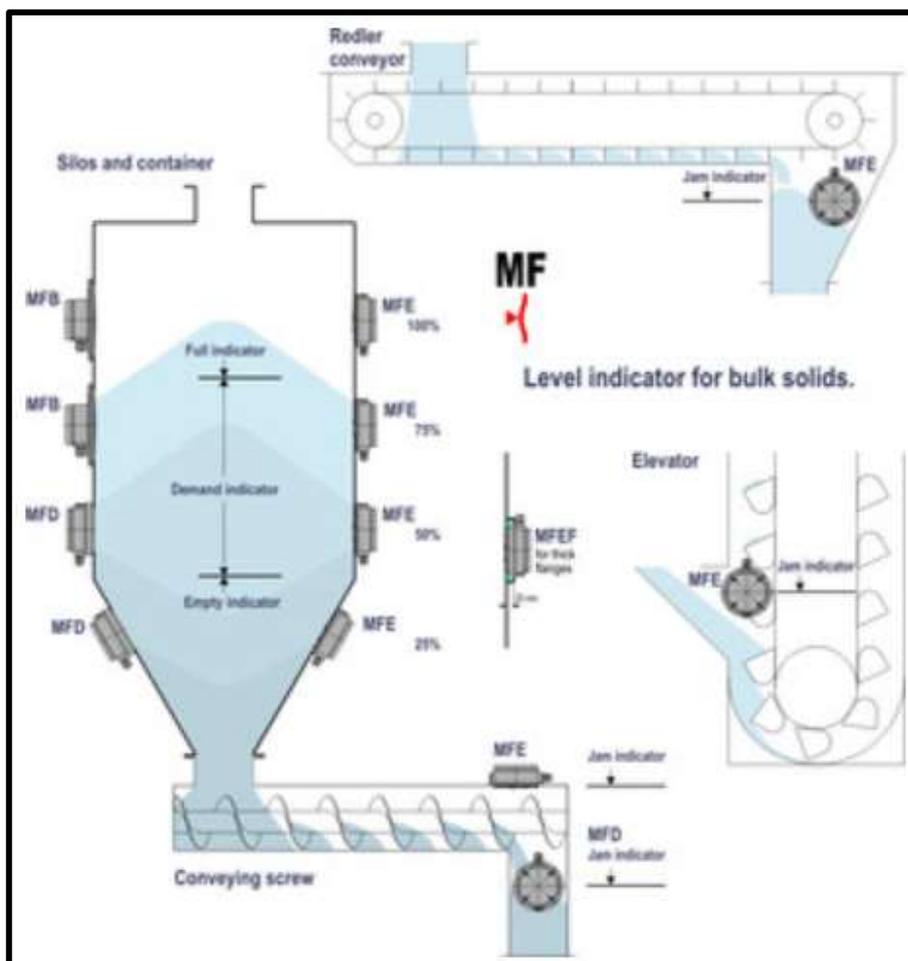
<b>Tensión de conmutación</b>	24V...250V AC or 12V...125V DC
<b>Capacidad de conmutación</b>	4A / 250V AC contacto inversor sin potencial
<b>Temperatura de la mercancía a granel</b>	-20 °C ... +200 °C
<b>Temperatura ambiente</b>	-20 °C ... +80 °C
<b>Homologación ATEX</b>	DustEx
<b>Sensibilidad</b>	regulable de 100 g ... 500 g según la membrana
<b>Retardo de respuesta</b>	ninguno
<b>Material</b>	Carcasa hasta IP65 Aluminio
	Membrana NBR, VITON, Acero inoxidable
	Anillo de montaje Aluminio o acero inoxidable
<b>Posición de montaje</b>	cualquiera
<b>Mantenimiento</b>	ninguno

*Nota.* Características técnicas del interruptor de llenado. Tomado del manual (MOLLET, 2013)

- **Aplicaciones del interruptor nivel de llenado**

Según MOLLET (2013) el MFB-EA es un fiable finalizador de nivel de membrana para materiales utilizados en granulación, incluidos los de grano grueso en particular. Incluso en aplicaciones difíciles, el MFB detecta de forma fiable y precisa cualquier nivel requerido. Por eso se utiliza en muchas aplicaciones diferentes: Control del desgaste del material en un triturador, indicación de sobrecarga en la estación de transferencia del sistema de transporte de aves, indicación de llenado en las instalaciones de almacenamiento de residuos plásticos, indicador de espacios vacíos de almacenamiento de ingredientes de alimentos para animales. En la figura 65 se muestra las diferentes aplicaciones del interruptor nivel de llenado.

**Figura 65.** Aplicaciones del interruptor nivel de llenado

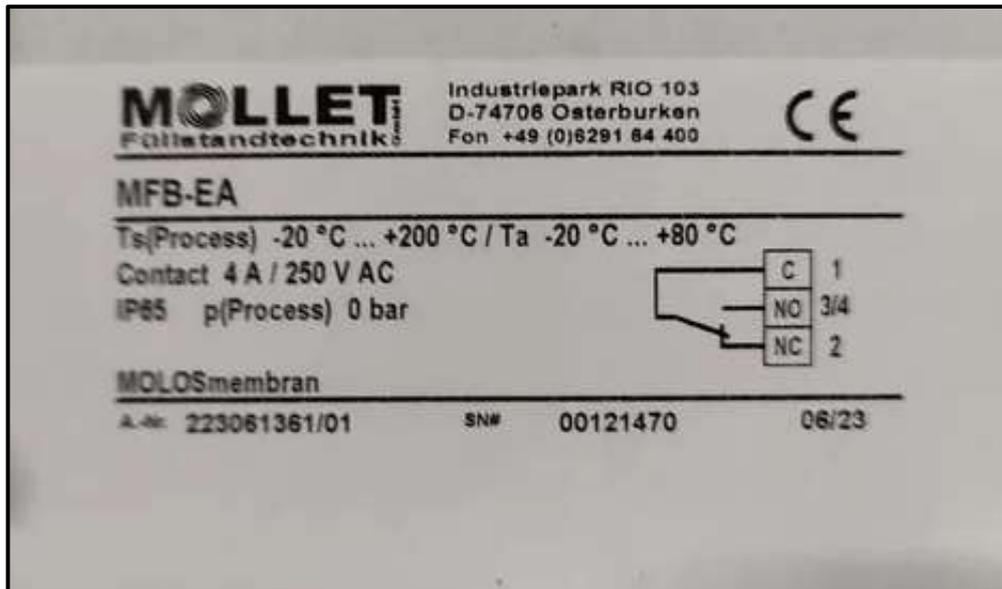


*Nota.* Aplicaciones del interruptor nivel de llenado. Tomado del manual (MOLLET, 2013)

- **Conexión física del interruptor nivel de llenado**

En la figura 66 y figura 67 se observa el esquema de conexión y la forma física del interruptor nivel de llenado.

**Figura 66.** Esquema de conexión del interruptor nivel de llenado



*Nota.* Esquema de conexión del interruptor nivel de llenado. Tomado del manual (MOLLET, 2013)

**Figura 67.** Forma física del interruptor nivel de llenado



*Nota.* Forma física del interruptor nivel de llenado. Tomado del manual (MOLLET, 2013)



2. Una vez ingresado al programa, seleccionamos el proyecto de creación, le damos un nombre y hacemos clic en Crear, como se muestra en la figura 70.

**Figura 70.** Selección en crear proyecto



*Nota.* Realización propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

3. Luego seleccionamos dispositivos y redes y agregamos un dispositivo como se muestra en la figura 71.

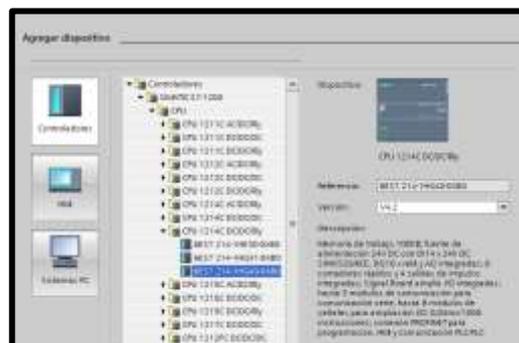
**Figura 71.** Click en selección de dispositivos



*Nota.* Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

4. A continuación, como se muestra en la figura 72, seleccionamos la opción Controladores y agregamos el modelo de PLC a utilizar.

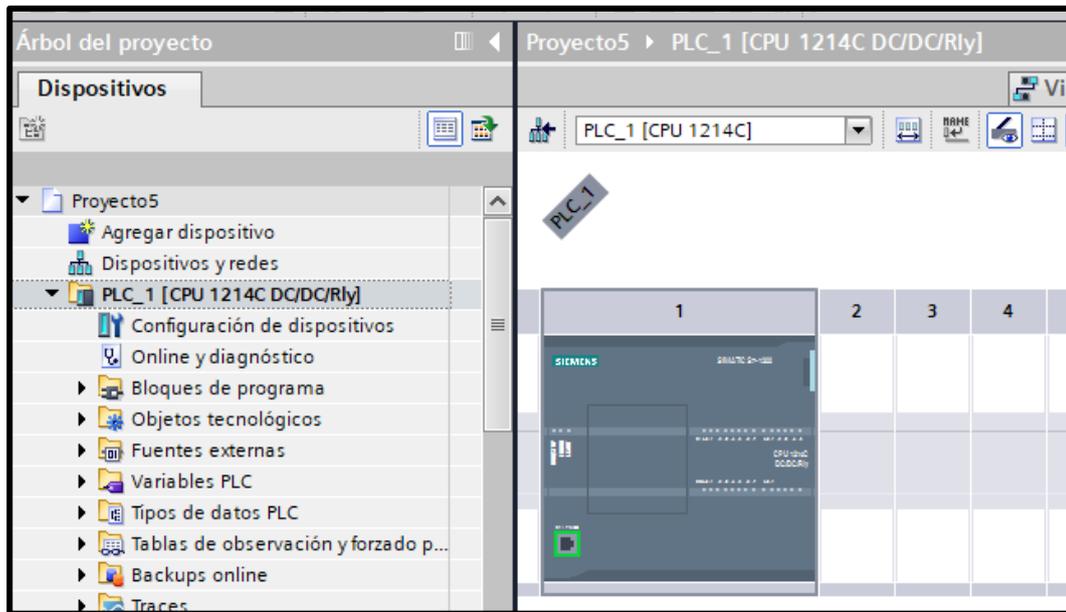
**Figura 72.** Elección del tipo de CPU



*Nota.* Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

- Luego de confirmar que el PLC está dentro del marco, vamos al árbol del proyecto y confirmamos que el modelo de PLC que estamos utilizando también está allí. Una vez hecho esto, nos dirigimos a la carpeta de bloques del programa, como se muestra en la figura 73.

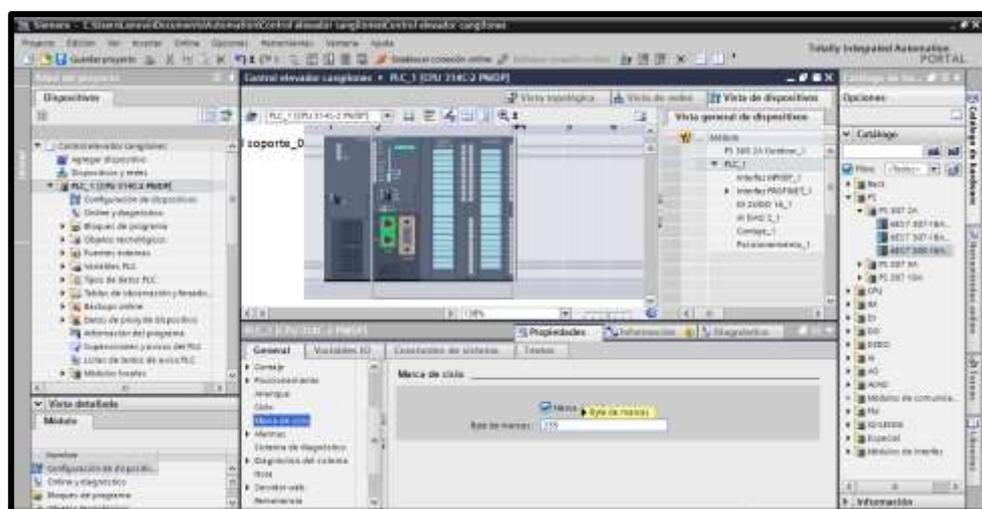
**Figura 73.** El PLC preparado para programar



*Nota.* Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

- Agregamos fuente y hacemos doble click en la CPU y colocar el byte 255, como se muestra en la figura 74.

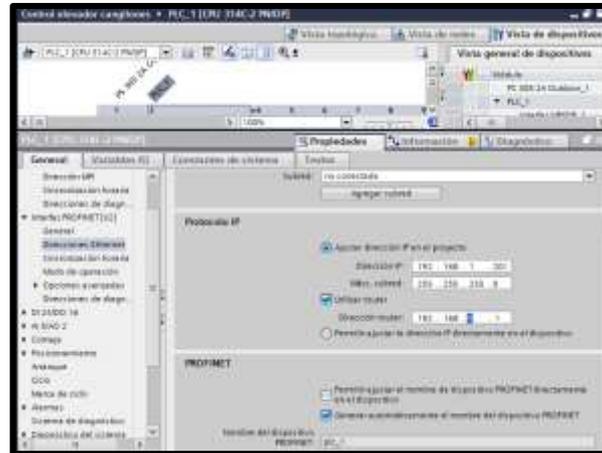
**Figura 74.** Insertamos el byte correspondiente a la marca 255



*Nota.* Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

7. El PLC para instalar en una red industrial debemos asignar una dirección IP en coordinación con la planta, como se observa en la figura 75.

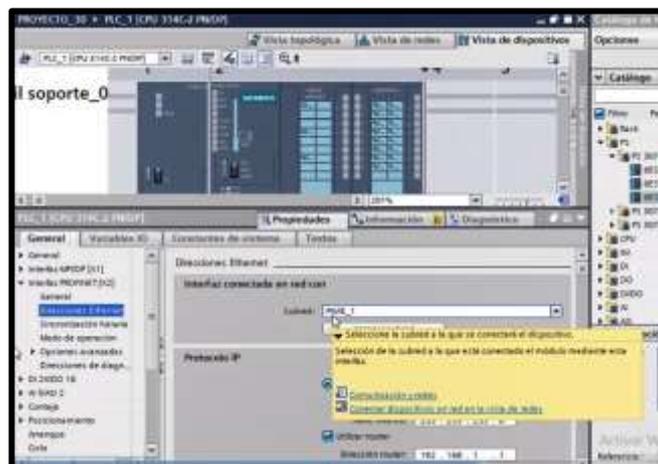
**Figura 75.** Asignar la dirección IP



*Nota.* Realización propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

8. Luego daremos click agregar una subred a la que el PLC trabajar con el protocolo PROFINET (PN), como en la figura 76 y luego haga clic en Guardar proyecto.

**Figura 76.** Agregar una subred

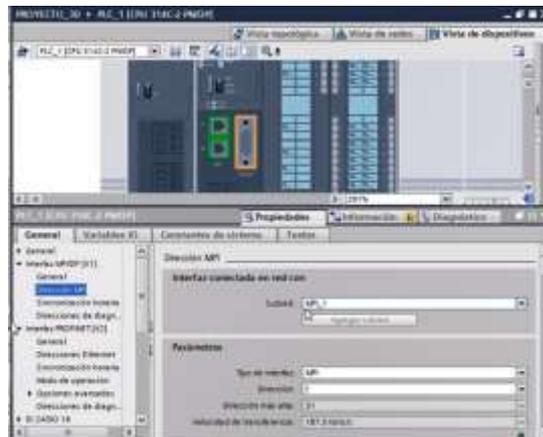


*Nota.* Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

9. En una red serial con protocolo de comunicación MPI, se contempla una comunicación máxima de 32 dispositivos conectados, como se observa en la figura 77. La dirección 2 se reserva para el primer controlador PLC. Este

PLC puede operar en uno de dos protocolos de comunicación serial: el protocolo MPI (Interfaz Punto Multipunto) o el Protocolo PROFIBUS (Process Field Bus).

**Figura 77.** Dirección con protocolo de comunicación MPI



*Nota.* Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

10. En una red serial con protocolo de comunicación PROFIBUS (Process Field Bus), se contempla una comunicación máxima de 126 dispositivos conectados, como se muestra en la figura 78.

**Figura 78.** La dirección con protocolo de comunicación Profibus

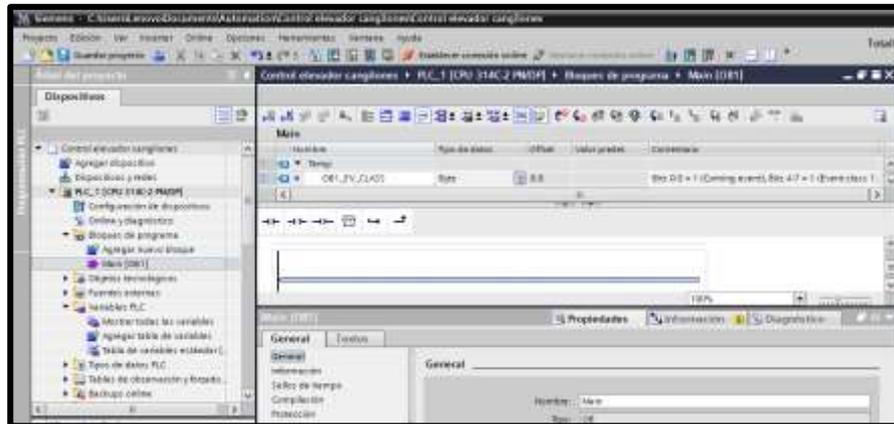


*Nota.* Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15



13. Seleccionamos el menú principal de la carpeta de bloques del programa. El usuario puede acceder a este bloque, a veces llamado bloque de organización, y responde a ciertos eventos del procesador, como se muestra en la figura 81.

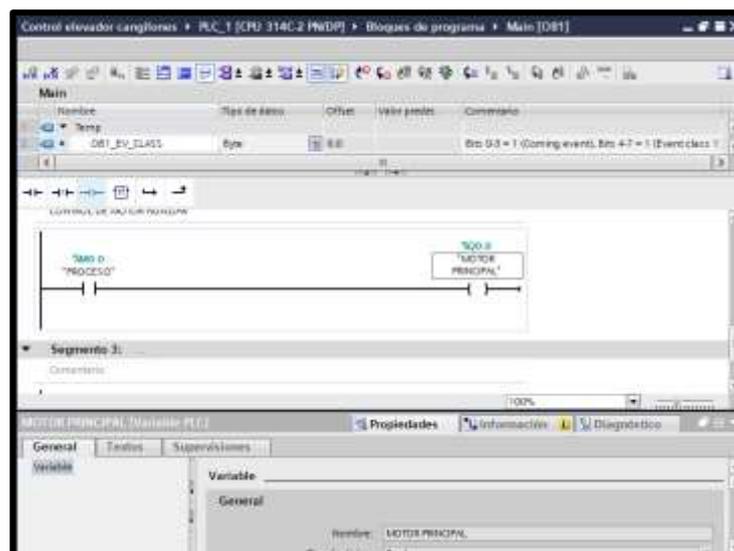
**Figura 81.** Menú principal



*Nota.* Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

14. Procederemos a realizar la programación en bloque de programa solo eligiendo los nombres de las variables correspondientes, como elegimos al motor principal ya designado como se muestra en la figura 82 y así sucesivamente seguimos armando nuestra programación.

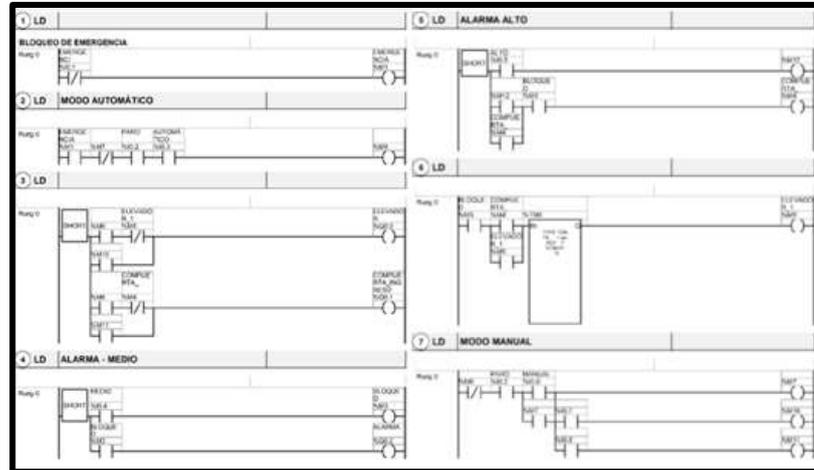
**Figura 82.** Armado de la programación



*Nota.* Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

15. Una vez completada la programación en escalera del PLC, como se muestra en el modelo de programación que se muestra en la figura 83, con los cambios de programación, pasamos a programar la pantalla HMI.

**Figura 83.** Programación en diagrama de escalera del PLC



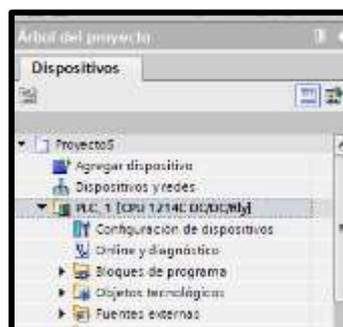
*Nota.* Programación en diagrama de escalera del PLC. Tomado de Bonilla (2020)

## B. Elaboración de la programación del Panel HMI

Tomando las reglas de programación obtenida de Nolasco (2019) a continuación, nos ocuparemos de la configuración de los componentes del panel HMI una vez finalizada la programación del PLC. Es importante tener en cuenta que el panel solo sirve para ilustrar el proceso para el que se ha programado el PLC.

1. Como se muestra en la figura 84, comenzamos con el cursor sobre el árbol del proyecto y elegimos Agregar dispositivo.

**Figura 84.** Elección del nuevo elemento

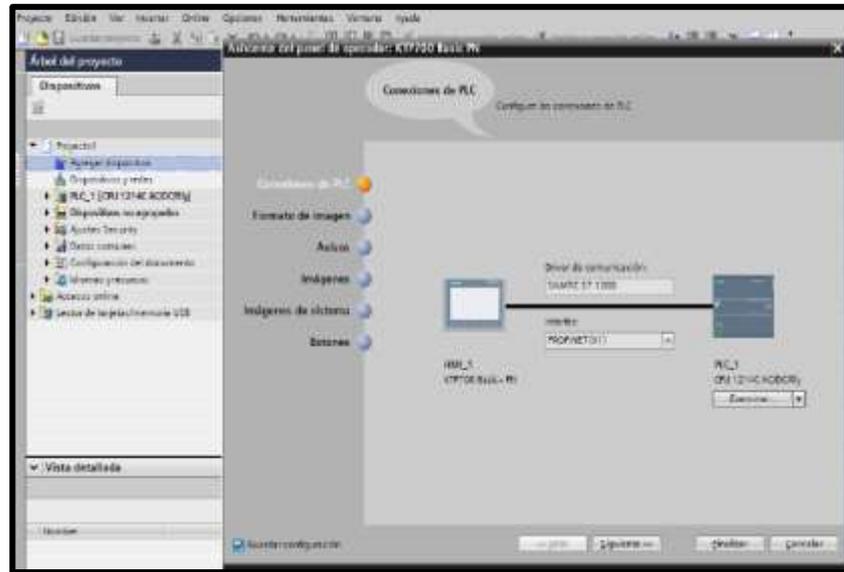


*Nota.* Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15



- Después de eso, nos aseguramos de que exista una unión entre el PLC y el letrero HMI a través de PROFINET, de guisa que podamos asegurarnos de que los datos del PLC se puedan anexar con el letrero HMI, como se notificación en la figura 87.

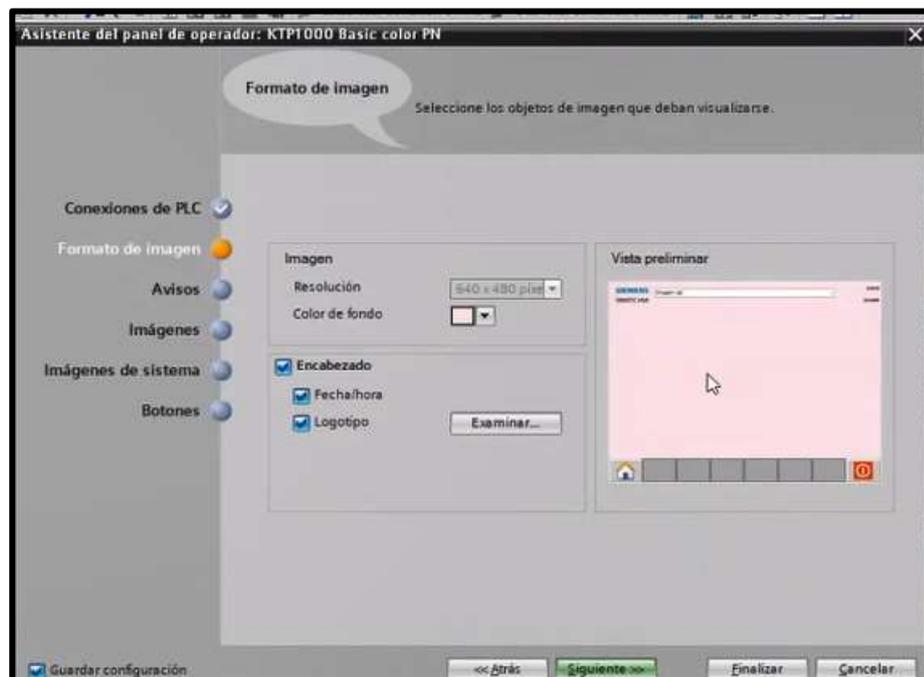
**Figura 87.** Enlace entre PLC y panel HMI



Nota. Realización propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

- Seguimos con la configuración por defecto, y damos clic en siguiente, tal como se observa en la figura 88.

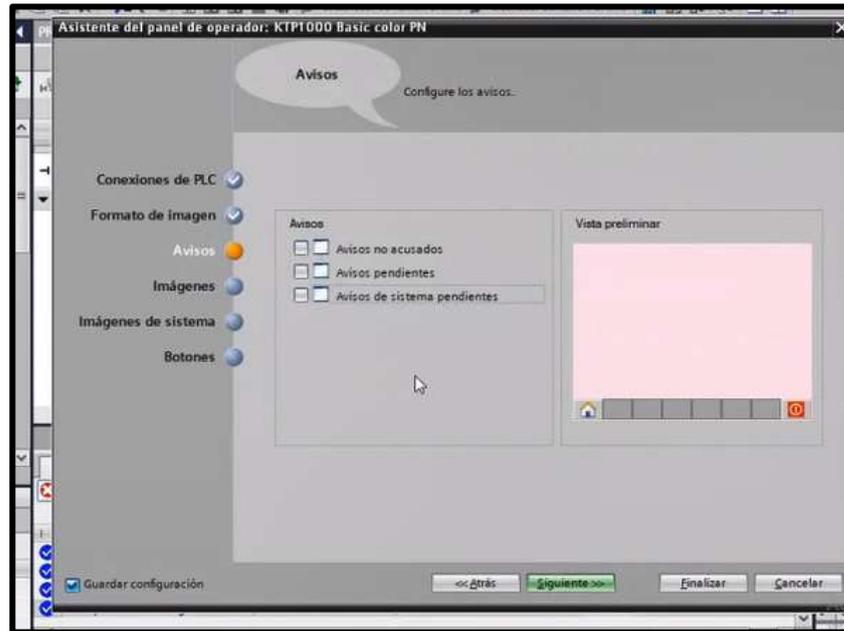
**Figura 88.** Realizando la configuración del panel HMI



Nota. Realización propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

6. Continuamos haciendo clic en Siguiente, como se muestra en la figura 89.

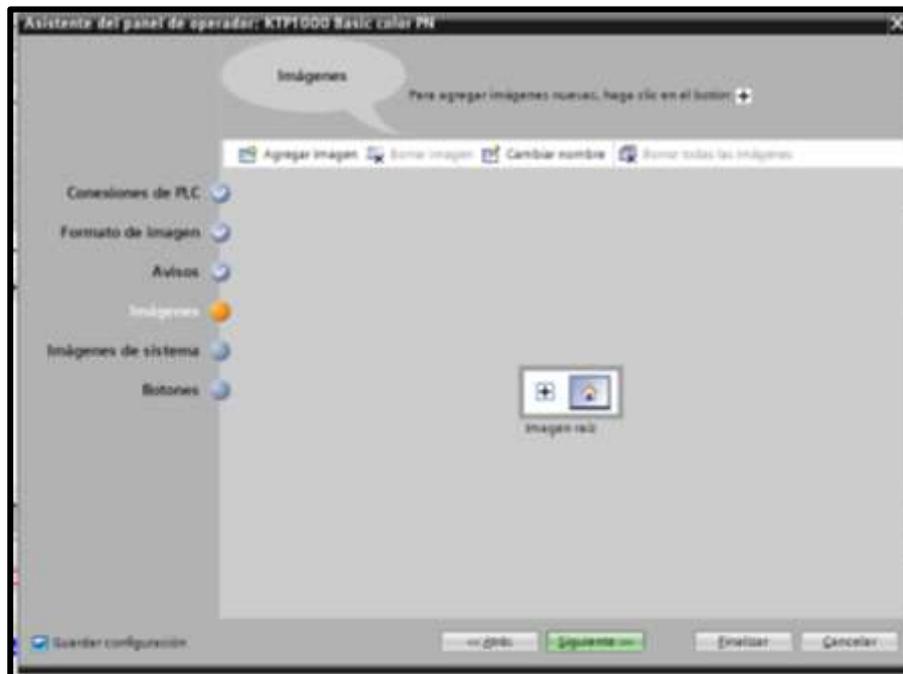
**Figura 89.** Siguiente configuración del panel HMI



Nota. Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

7. En la última le damos clic en finalizar, parecido como se notificación en la figura 90.

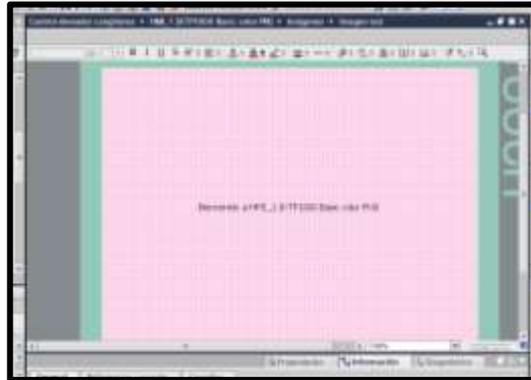
**Figura 90.** Siguiente configuración del panel HMI



Nota. Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

8. Luego se visualizará la ventana de trabajo del panel HMI, la cual se parte en tres sectores: herramientas, pantalla de edición y árbol de proyectos, como se observa en la figura 91.

**Figura 91.** Muestra de pantalla de programación del panel HMI.



Nota. Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

9. La barra de herramientas tiene varios objetos que representan procesos industriales. Por ejemplo, la figura 92 ilustra cómo se pueden encontrar líneas y patrones geométricos en objetos básicos, botones, planos e imágenes en elementos, y varios elementos utilizados en gráficos industriales para representar procesos industriales.

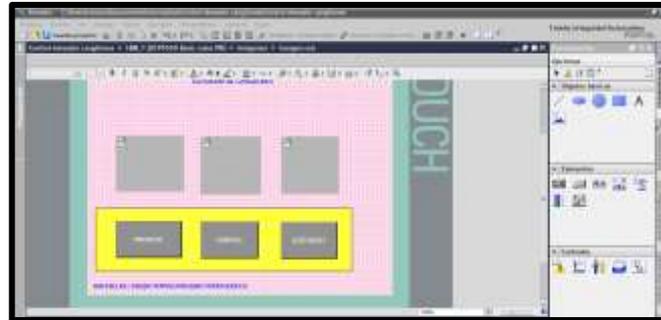
**Figura 92.** Elección de herramientas para graficar



Nota. Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

10. Dentro de todas las herramientas escogeremos los rectángulos, para poder simular los botones para poder seleccionar proceso, curvas y eléctrico, como se observa en la figura 93.

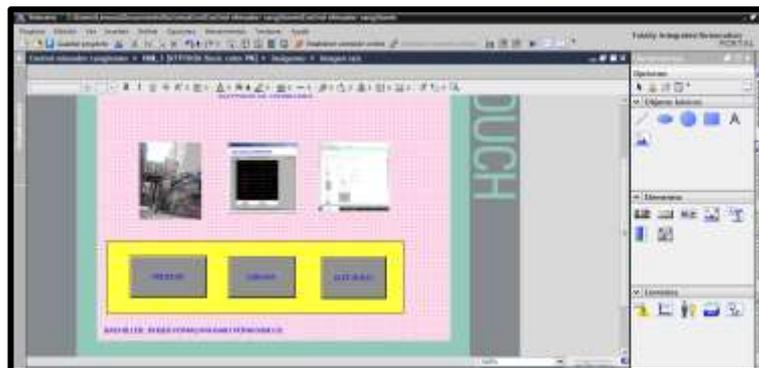
**Figura 93.** Elección de objetos para los botones



*Nota.* Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

11. Agregamos las imágenes correspondientes que identifique al seleccionar el botón el proceso, curvas y eléctrico, como se ilustra en la figura 94.

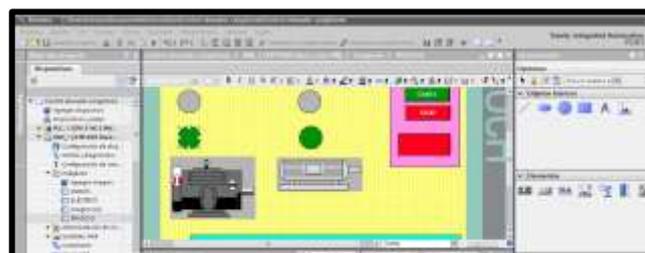
**Figura 94.** Insertando imágenes



*Nota.* Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

12. Insertamos todos los elementos necesarios para ejecutar la simulación, tal como se observa en la figura 95.

**Figura 95.** Insertando todas las figuras



*Nota.* Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

- Una vez que los elementos están listos para ejecutar la simulación, comenzamos a asignar direcciones a cada elemento; Para motores y sensores hacemos clic en uno de ellos y le damos la dirección de la variable correspondiente, para ello debemos hacer clic en las propiedades, como se muestra en la figura 96.

**Figura 96.** Asignando la dirección de la variable



*Nota.* Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

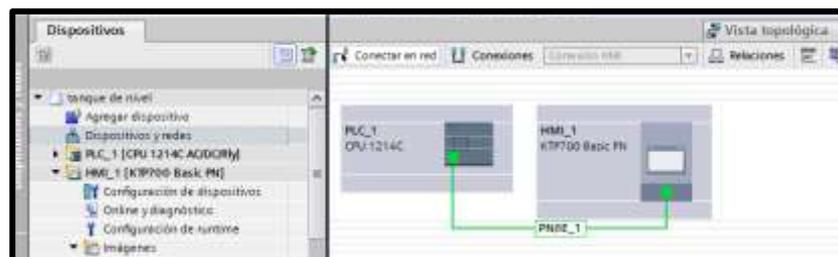
Una vez finalizada la programación del panel HMI, procedemos a establecer la conexión entre el PLC, el panel HMI y la computadora.

### C. Configuración del enlace entre PLC, panel HMI y computadora

Tomando las reglas de programación obtenida de Nolasco (2019) describiremos los siguientes pasos:

- Para comunicarse con el PLC y la pantalla, ambos deben estar conectados a un switch industrial con un cable Ethernet, el usuario conecta el switch a su computadora y comienza a crear direcciones IP en el TIA PORTAL, para lo cual pasamos a dispositivos y redes. Se encuentra ubicado en el árbol del proyecto y debemos asegurarnos de que tanto el PLC como el panel estén conectados como se muestra en la figura 97.

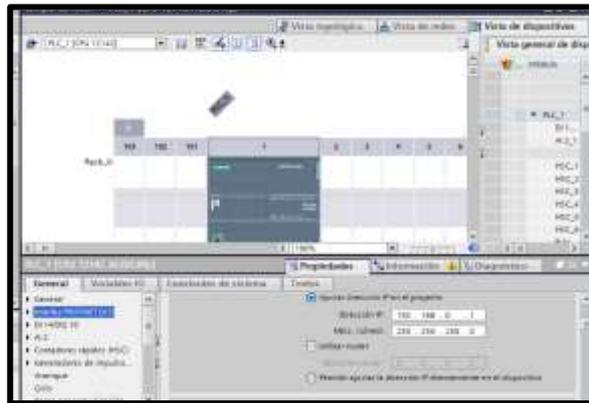
**Figura 97.** Enlace entre panel y PLC



*Nota.* Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

2. Luego haga clic en el PLC y vaya a propiedades, busque el ícono que muestra la interfaz PROFINET (x1) y busque donde colocamos la dirección IP que necesitamos para programar el PLC, la dirección del PLC predeterminada es 192.168.0.1, el usuario puede. Consígalo mientras se ejecuta y cambie la dirección en consecuencia; en nuestro caso lo dejamos en la dirección predeterminada como se observa en la figura 98.

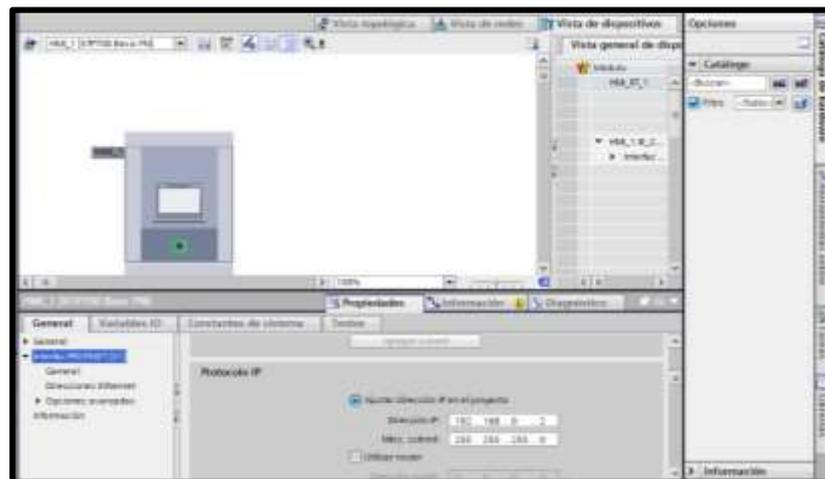
**Figura 98.** Comprobando la dirección IP del PLC.



*Nota.* Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

3. Para configurar el panel HMI seguimos el mismo proceso anterior, y en este caso buscamos la dirección por defecto del panel o le damos 192.168.0.2, que dejamos por defecto, como se muestra en la figura 99.

**Figura 99.** Comprobación de la dirección IP del panel HMI



*Nota.* Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

### 3.2.3. Implementación de los elementos del sistema de control de alineamiento

#### A. Instalación del accionamiento principal y auxiliar

Todos los componentes que van ubicados son el guardamotor, contactor, interruptor unipolar, SIMOCODE PRO C y regletas de conexión se encuentran en el tablero de control. Para instalar un panel de control donde se coloca un controlador lógico programable. El circuito de control funciona a 0-24 V CC, la fuente de alimentación funciona a 220 V CA 60 Hz. Para activar los componentes de voltaje de 220 V, se requiere un relé de 24 V CC para las salidas producidas por el controlador. Los conectores tipo bus se utilizan para conectarse al panel de control y al panel eléctrico, así como a elementos de entrada y salida como sensores y actuadores. En la Figura 100 se ilustra el tablero eléctrico.

**Figura 100.** Tablero eléctrico, componentes eléctricos



*Nota.* Elaboración propia obtenida de la empresa (UNACEM, 2023)

## B. Instalación de equipos de control

- Montaje, cableado y conexión de Interruptor de nivel de llenado al pie del elevador, como se muestra en la figura 101.

**Figura 101.** Ubicación del sensor de nivel de llenado



*Nota.* Elaboración propia obtenida de la empresa (UNACEM, 2023)

- Montaje, cableado y conexión del transmisor de revoluciones Pepperl Fuchs al pie del elevador, como se observa en la figura 102.

**Figura 102.** Ubicación del transmisor de revoluciones



*Nota.* Elaboración propia obtenida de la empresa (UNACEM, 2023)

- Montaje, cableado y conexión de control de velocidad instalado en la central demando turck, como se muestra en la figura 103.

**Figura 103.** Ubicación de los controles de velocidad



*Nota.* Elaboración propia obtenida de la empresa (UNACEM, 2023)

- Montaje, cableado y conexión de interruptor de proximidad para desvío de banda kiepel, como se presenta en la figura 104.

**Figura 104.** Ubicación del interruptor de proximidad para desvío de banda kiepel



*Nota.* Elaboración propia obtenida de la empresa (UNACEM, 2023)

- Montaje, cableado y conexión de interruptor de proximidad para desvío de banda turck, como se muestra en la figura 105.

**Figura 105.** Ubicación del interruptor de proximidad para desvío de banda turck



*Nota.* Elaboración propia obtenida de la empresa (UNACEM, 2023)

- Cableado y conexión de dispositivo de conmutación sin contacto y termosensible Turck, como se observa en la figura 106.

**Figura 106.** Ubicación del dispositivo de conmutación y termosensible turck



*Nota.* Elaboración propia obtenida de la empresa (UNACEM, 2023)

- Montaje, cableado y conexión de analizador instalado en la central de mando Turck Flender, como se observa en la figura 107.

**Figura 107.** Central de mando Turck Flender



*Nota.* Elaboración propia obtenida de la empresa (UNACEM, 2023)

- Cableado y conexión de transmisor de revoluciones turck en accionamiento auxiliar, como se muestra en la figura 108.

**Figura 108.** Ubicación del Transmisor de revoluciones turck



- *Nota.* Elaboración propia obtenida de la empresa (UNACEM, 2023)

- Montaje, cableado y conexión de control de velocidad para accionamiento auxiliar, instalado en la central de mando turck, como se observa en la 109.

**Figura 109.** Control de velocidad para accionamiento auxiliar

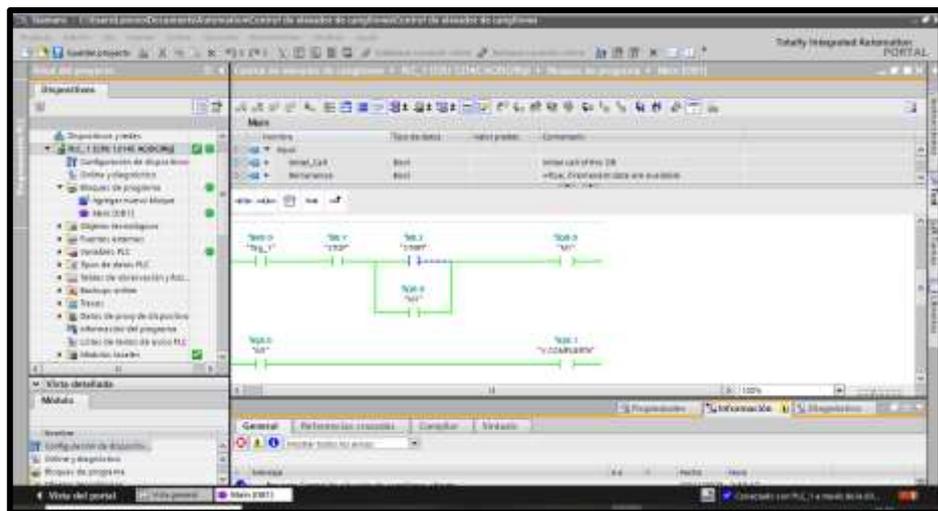


*Nota.* Elaboración propia obtenida de la empresa (UNACEM, 2023)

### **3.3. Resultados**

Con las modificaciones realizadas se realizó el diseño de la programación en software Tia Portal obteniendo como resultado la activación de las salidas de M1 con dirección %Q8.0 que representa el motor principal del elevador de cangilones y V COMPUERTA con dirección %Q8.1 que representa la válvula compuerta de entrada de la canaleta proveniente del silo donde esta almacenado el cemento. En la figura 110 se observa la activación de la salida del motor principal del elevador de cangilones.

**Figura 110.** Activación de salida del motor principal del elevador de cangilones.



*Nota.* Elaboración propia obtenida realizando en el Software Tia Portal V15

En la figura 111 se observa la activación de las entradas para el encendido del motor de elevador de cangilones.

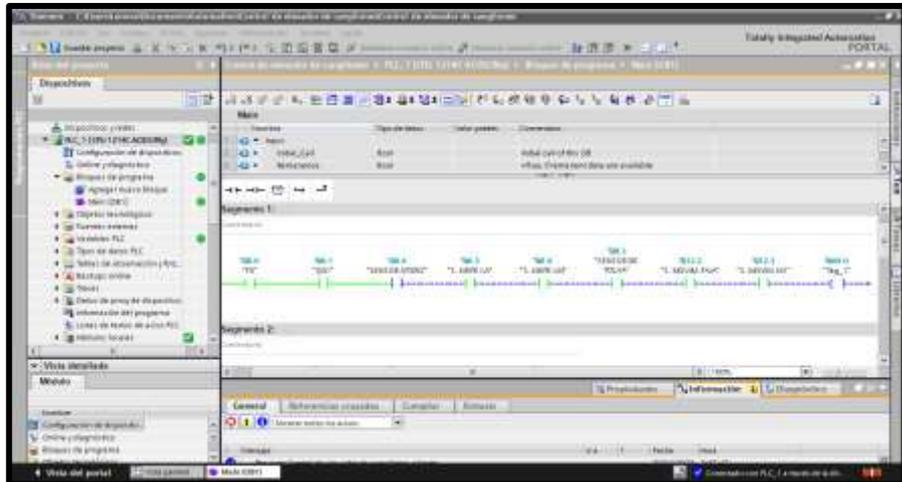
**Figura 111.** Panel de control de entradas

Nombre	Dirección	Formato de visual.	Obtener/Forzar valor	Bit	Forzar coherente...
"I1"	%I0.0	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"I001"	%I0.1	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"START"	%I0.2	Bool	FALSE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"SENSOR DE TOL."	%I0.3	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"SENSOR ATORO"	%I0.4	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"S. VERTIC LIM.P"	%I0.5	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"S. VERTIC LIM.F"	%I0.6	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"STOP"	%I0.7	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"S. TRUCK LIM.P"	%I2.0	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"S. TRUCK LIM.F"	%I2.1	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"S. MOVIM PAUL"	%I2.2	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"S. MOVIM MIP"	%I2.3	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"M"	%M0.0	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"V COMPUERD"	%Q0.1	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"ALARM"	%Q0.2	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Sig_1"	%M0.0	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE

*Nota.* Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

En la figura 112 se observa el funcionamiento de los sensores cuando detecta el desvío de la faja del elevador de cangilones.

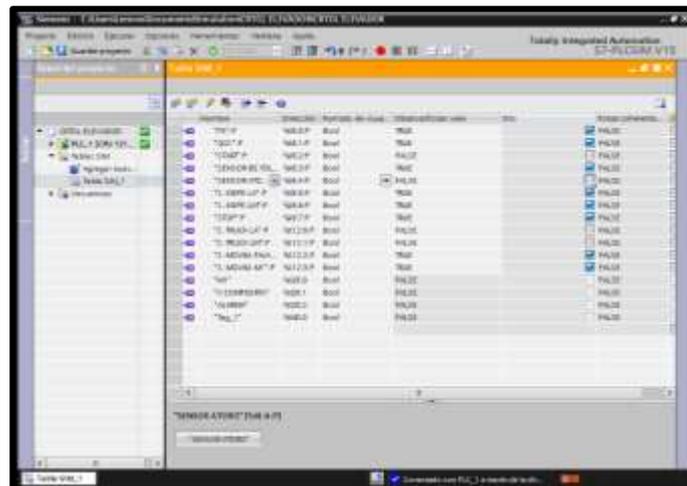
**Figura 112.** Activación de sensores de desvío de la faja



*Nota.* Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

En la figura 113 se observa en el panel de entrada la activación de los sensores cuando detecta el desvío de la faja del elevador de cangilones.

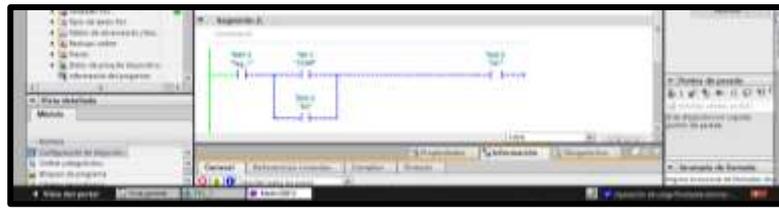
**Figura 113.** Panel de activación de la entrada de los sensores de alineamiento



*Nota.* Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

En la figura 114 se observa la desactivación de la salida del motor de elevador de cangilones cuando los sensores se activan cuando detectan el desalineamiento de la faja del elevador de cangilones.

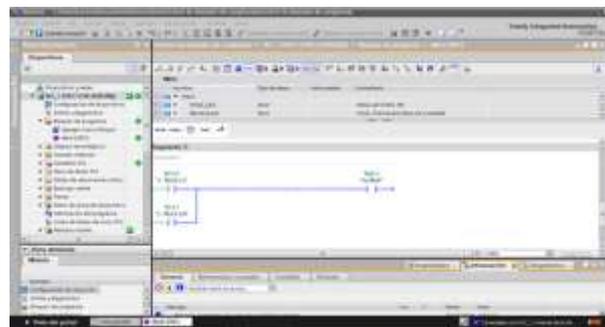
**Figura 114.** Desactivación de la salida del motor principal



*Nota.* Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

En la figura 115 se observa la salida de la alarma identificado con la dirección %Q8.2 y los dos sensores de entrada que detecta la desviación de los cangilones.

**Figura 115.** Salida de la alarma de detección de desvío de los cangilones



*Nota.* Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

En la figura 116 se observa en el panel de entrada la desactivación de los sensores que activan la alarma.

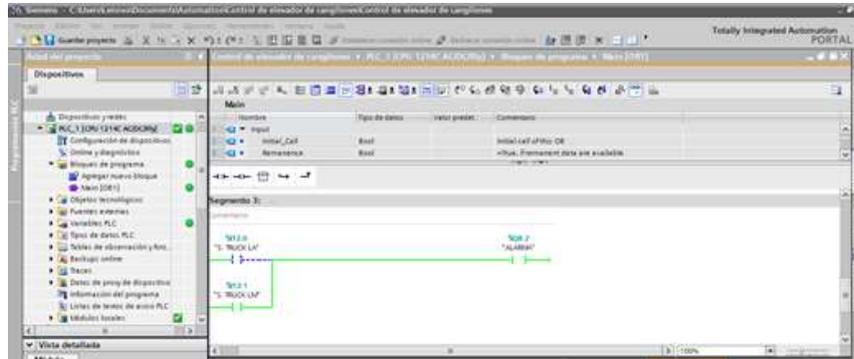
**Figura 116.** Desactivación de sensores que activan la alarma

Nombre	Dirección	Formato de datos	Conectar/forzar valor	Estado	Forzar contenido
"I1"	%I1.0	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I2"	%I1.1	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I3"	%I1.2	Bool	FALSE	FALSE	<input type="checkbox"/>
"I4"	%I1.3	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I5"	%I1.4	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I6"	%I1.5	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I7"	%I1.6	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I8"	%I1.7	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I9"	%I1.8	Bool	FALSE	FALSE	<input type="checkbox"/>
"I10"	%I1.9	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I11"	%I1.10	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I12"	%I1.11	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I13"	%I1.12	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I14"	%I1.13	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I15"	%I1.14	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I16"	%I1.15	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I17"	%I1.16	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I18"	%I1.17	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I19"	%I1.18	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I20"	%I1.19	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I21"	%I1.20	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I22"	%I1.21	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I23"	%I1.22	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I24"	%I1.23	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I25"	%I1.24	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I26"	%I1.25	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I27"	%I1.26	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I28"	%I1.27	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I29"	%I1.28	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I30"	%I1.29	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I31"	%I1.30	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I32"	%I1.31	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I33"	%I1.32	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I34"	%I1.33	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I35"	%I1.34	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I36"	%I1.35	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I37"	%I1.36	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I38"	%I1.37	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I39"	%I1.38	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I40"	%I1.39	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I41"	%I1.40	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I42"	%I1.41	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I43"	%I1.42	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I44"	%I1.43	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I45"	%I1.44	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I46"	%I1.45	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I47"	%I1.46	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I48"	%I1.47	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I49"	%I1.48	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I50"	%I1.49	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I51"	%I1.50	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I52"	%I1.51	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I53"	%I1.52	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I54"	%I1.53	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I55"	%I1.54	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I56"	%I1.55	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I57"	%I1.56	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I58"	%I1.57	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I59"	%I1.58	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I60"	%I1.59	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I61"	%I1.60	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I62"	%I1.61	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I63"	%I1.62	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I64"	%I1.63	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I65"	%I1.64	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I66"	%I1.65	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I67"	%I1.66	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I68"	%I1.67	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I69"	%I1.68	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I70"	%I1.69	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I71"	%I1.70	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I72"	%I1.71	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I73"	%I1.72	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I74"	%I1.73	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I75"	%I1.74	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I76"	%I1.75	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I77"	%I1.76	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I78"	%I1.77	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I79"	%I1.78	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I80"	%I1.79	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I81"	%I1.80	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I82"	%I1.81	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I83"	%I1.82	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I84"	%I1.83	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I85"	%I1.84	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I86"	%I1.85	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I87"	%I1.86	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I88"	%I1.87	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I89"	%I1.88	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I90"	%I1.89	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I91"	%I1.90	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I92"	%I1.91	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I93"	%I1.92	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I94"	%I1.93	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I95"	%I1.94	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I96"	%I1.95	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I97"	%I1.96	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I98"	%I1.97	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I99"	%I1.98	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
"I100"	%I1.99	Bool	TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>

*Nota.* Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

En la figura 117 se observa la activación de los sensores y como consecuencia se activa la alarma para prevenir que sobrecarguen el material.

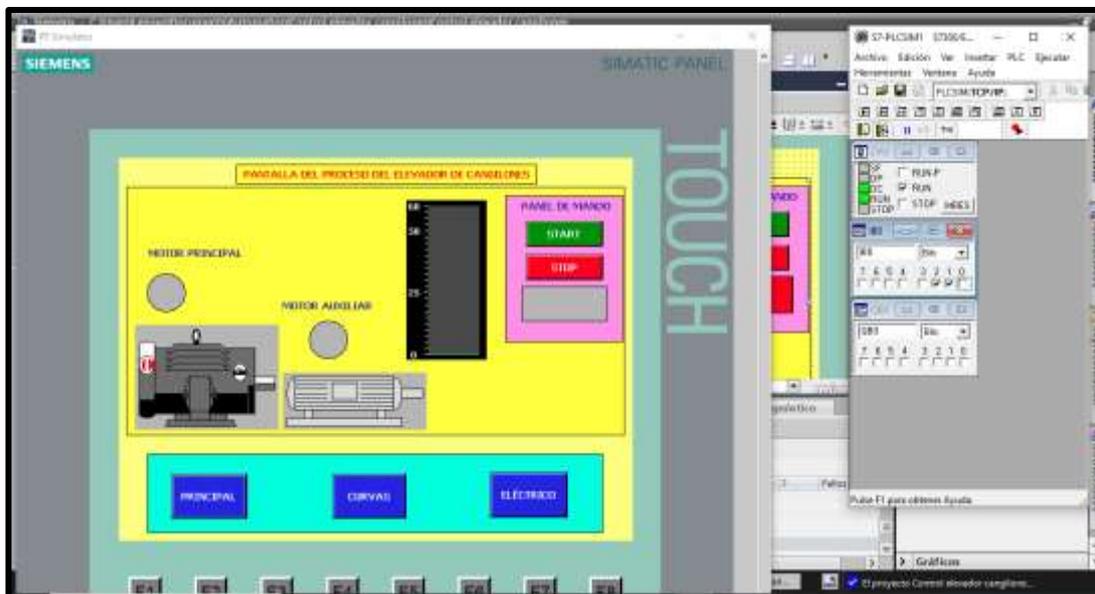
**Figura 117.** Activación de la alarma del desvío de cangilones



*Nota.* Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

El resultado de la interacción del operador con la pantalla HMI, se procede a realizar el inicio de la simulación a la espera del click en Start y se ilustra de la siguiente figura 118.

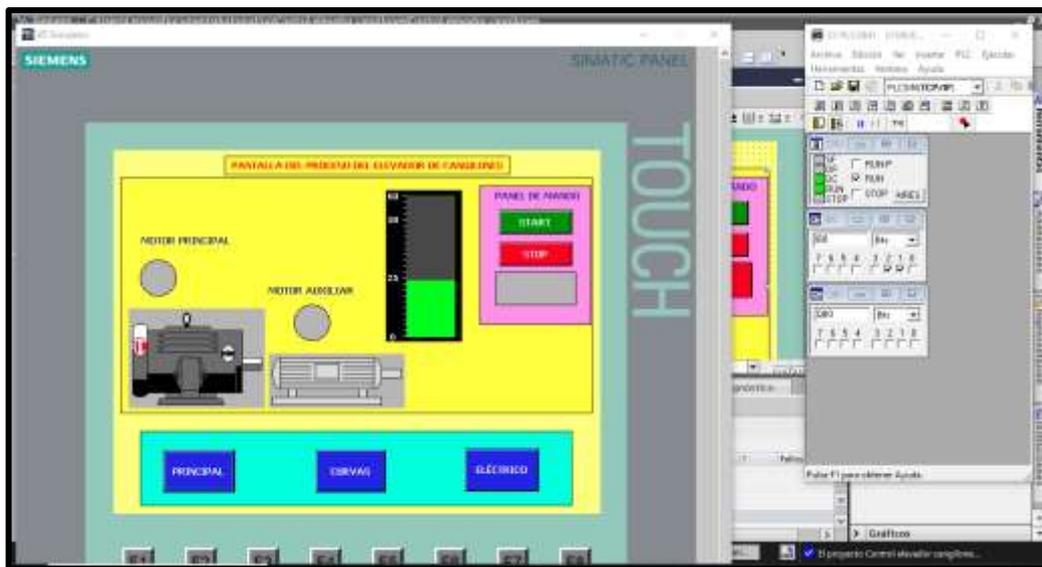
**Figura 118.** Visualización del inicio de pantalla HMI



*Nota.* Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

En la siguiente figura 119 se muestra el inicio de marcha del motor principal y comienza a incrementarse la corriente en función a la carga de los cangilones del elevador.

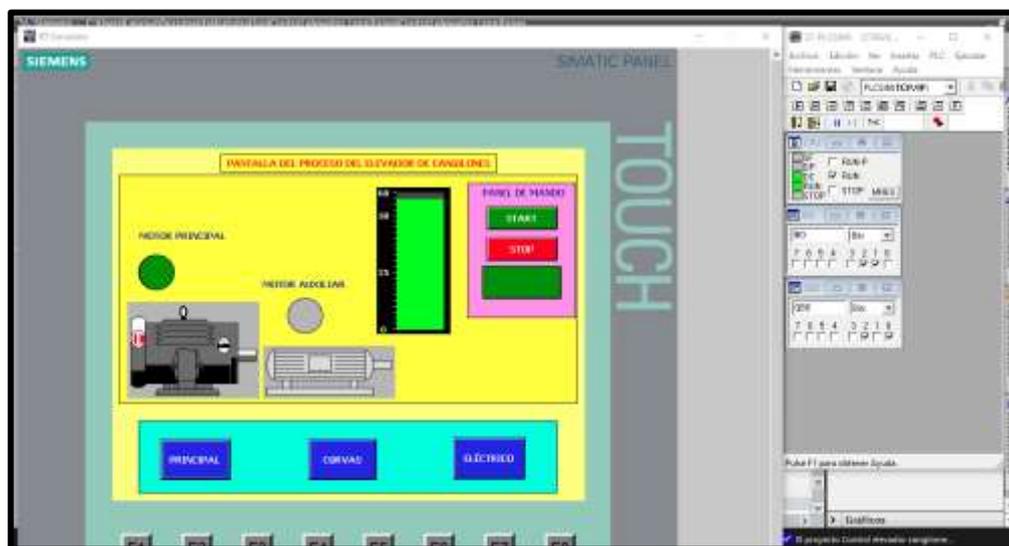
**Figura 119.** Inicio del arranque del motor principal



*Nota.* Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

En la siguiente figura 120 se observa la máxima corriente del motor principal del elevador a plena carga que marca 55.5 A.

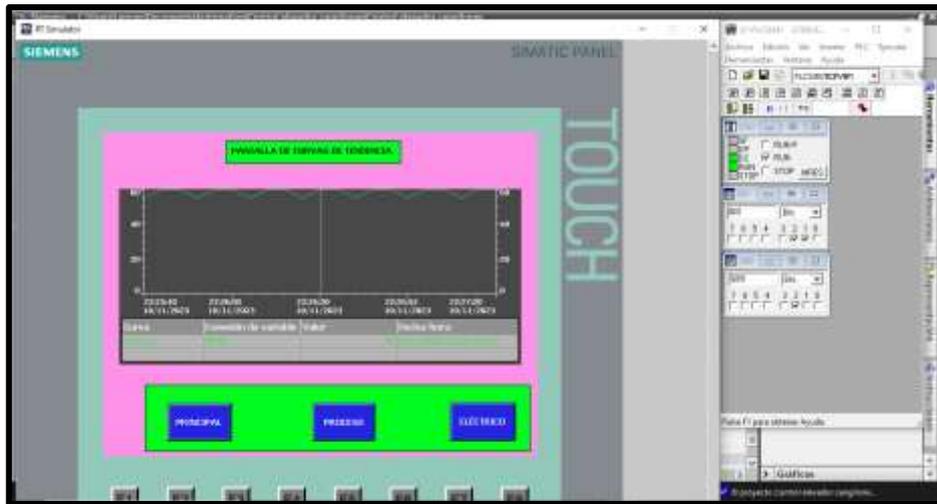
**Figura 120.** La corriente máxima del motor principal



*Nota.* Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

En la figura 121 se observa la curva de tendencia de la corriente del motor que marca 60 A manteniendo en estabilidad el funcionamiento del elevador de cangilones

**Figura 121.** Curva de tendencia de la corriente del motor



*Nota.* Elaboración propia obtenida realizando en el software Tia Portal V15

El resultado de la interacción del operador con la pantalla CEMAT para monitorear el alineamiento de la faja mediante la visualización de la activación de sensores y funcionamiento del elevador de cangilones. En la figura 122 se ilustra el motor principal del elevador de cangilones arrancado de forma automático.

**Figura 122.** El elevador de cangilones arrancado de forma automático



*Nota.* Elaboración propia obtenida de la empresa (UNACEM, 2023)

En la figura 123 se muestra las señales de monitoreo tanto entradas y salidas que identifica de color verde que el sistema del elevador de cangilones no presenta falla.

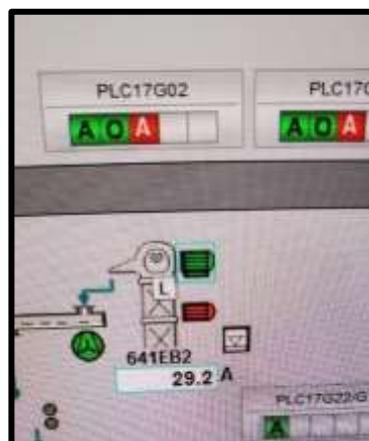
**Figura 123.** Muestra de señales sin falla



*Nota.* Elaboración propia obtenida de la empresa (UNACEM, 2023)

La corriente del motor que muestra como resultado la eficiencia del alineamiento de la faja del elevador de cangilones al no presentar sobrecargas como se observa en la figura 124.

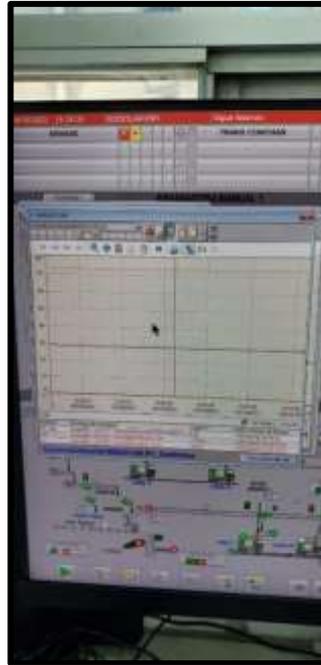
**Figura 124.** La Corriente del motor eléctrico del elevador de cangilones



*Nota.* Elaboración propia obtenida de la empresa (UNACEM, 2023)

La estabilidad de la corriente del motor que muestra la gráfica en la figura 125.

**Figura 125.** La gráfica de la corriente del motor de elevador de cangilones



*Nota.* Elaboración propia obtenida de la empresa (UNACEM, 2023)

En la figura 126 se observa la medición de la corriente con la pinza amperimétrica donde marca 27.5 A.

**Figura 126.** Medición de corriente eléctrica en el campo



*Nota.* Elaboración propia obtenida de la empresa (UNACEM, 2023)

El resultado en la implementación del sensor inductivo colocado al ras de la pared del elevador y separada por una distancia de 10 mm entre la faja acerada y el sensor inductivo como se muestra en la figura 127.

**Figura 127.** Colocación del sensor inductivo



*Nota.* Ubicación del sensor de alineamiento de la faja. Obtenido la imagen de (VirtualGroupEXPO, 2023)

En la figura 128 se observa los sensores Kiepe y turck puestos en el elevador tanto en la parte inferior y superior del elevador.

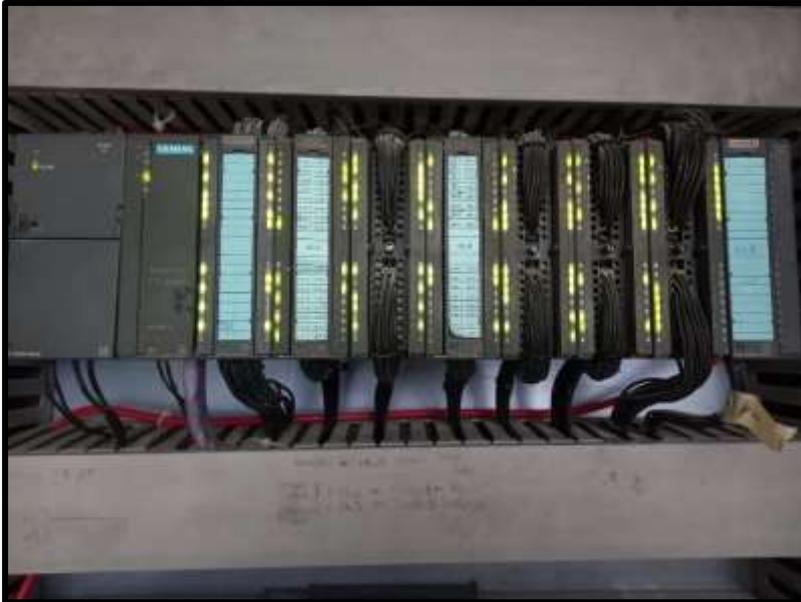
**Figura 128.** Sensores colocados en la parte externa del elevador cangilones



*Nota.* Elaboración propia obtenida de la empresa (UNACEM, 2023)

En la figura 129 se observa el PLC de marca SIEMENS SIMATIC ET 200M, las entradas de los sensores que el led verde indica que esta normalidad.

**Figura 129.** Visualización de la entrada de sensores sin falla



*Nota.* Elaboración propia obtenida de la empresa (UNACEM, 2023)

En cuanto a la productividad la carga a granel se obtiene 30740 Kg como se observa en la figura 130 como indica en la pantalla del CEMAT.

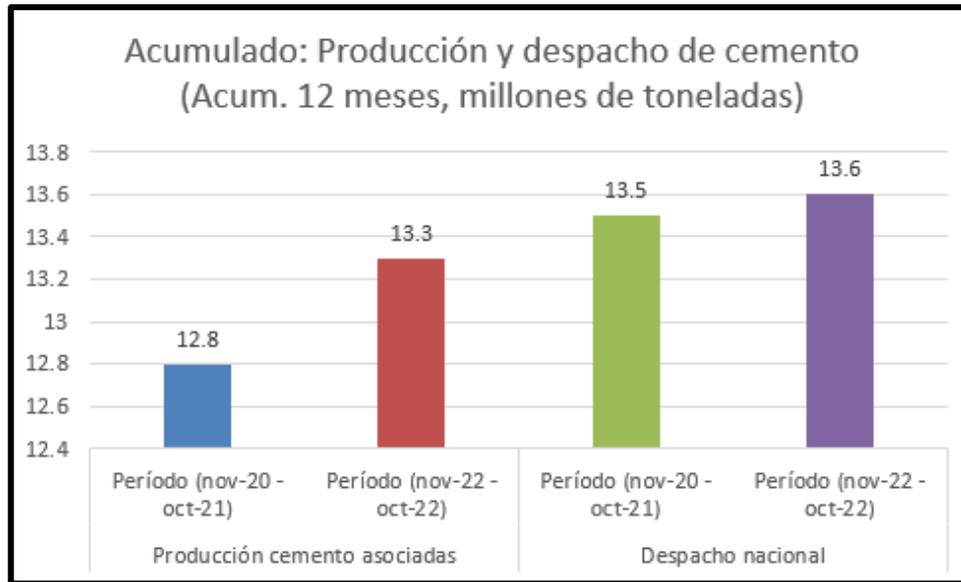
**Figura 130.** Dato de cantidad de toneladas del material



*Nota.* Elaboración propia obtenida de la empresa (UNACEM, 2023)

Comparando el periodo noviembre 2021-octubre 2022 con el periodo noviembre 2020-octubre 2021, la producción de cemento y las expediciones nacionales de cemento aumentaron un 4% y un 1%, respectivamente (ASOCEM, 2010). La figura 131 muestra la productividad y la figura 132 muestra los envíos mensuales.

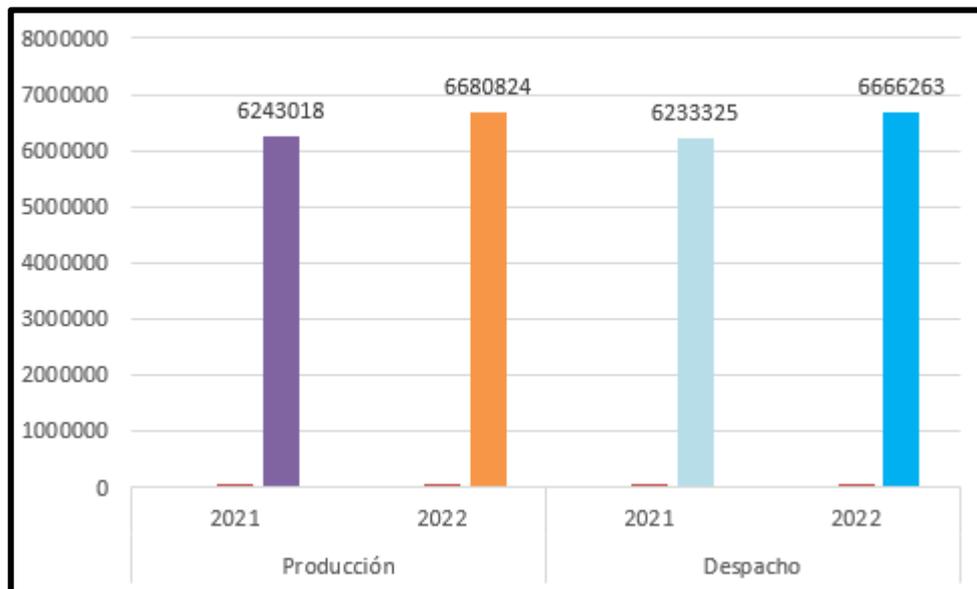
**Figura 131.** Productividad obtenida en el mes de octubre 2022



*Nota.* Datos obtenidos en el mes de octubre 2022. Obtenido de la página de (ASOCEM, 2010)

La cantidad total de cemento suministrada en 2022 fue de 6.969.263 tm, un 6,9% más que en 2021. Los despachos de ambas plantas alcanzaron máximos históricos gracias al éxito del canal tradicional (UNACEM Perú S.A., 2023).

**Figura 132.** Despacho Nacional



*Nota.* Datos obtenidos anualmente. Obtenido de la página de (UNACEM, 2023)

## CONCLUSIONES

- Se logró diseñar e implementar mediante el uso del software Tia Portal un sistema de control automatizado del alineamiento de elevador de cangilones como muestra el ítem 3.2.1, permitiendo reconocer los elementos que conforman el control de alineamiento y reduciendo el porcentaje de paradas de 21% a 5% desde abril hasta el mes de octubre de 2022 como muestra en el anexo 11.
- Se confirmó la programación del control de alineamiento de elevador de cangilones con el uso del software Tia Portal y la interacción del operador mediante la visualización en la pantalla del CEMAT y control de panel HMI como muestra el ítem 3.2.2.
- Se consiguió la implementación de todos los equipos de control de alineamiento como muestra el ítem 3.2.3 conformado por 16 sensores y 3 actuadores, un panel HMI, un switch industrial y el PLC.
- Se adquirió la validación de los resultados con los datos obtenidos en la pantalla del CEMAT en cuanto la corriente del motor principal de elevador de cangilones y su gráfica que muestra la eficiencia del motor y el rol que cumple el control de alineamiento del elevador de cangilones.
- Se alcanzó la productividad en 2022 fue de 6.969.263 Tm, un 6,9% más que en 2021, debido a la importancia del control de alineamiento del elevador de cangilones en el área de despacho de envase evitando las paradas inesperadas por sobrecarga de material.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda capacitar al personal del área de producción que no sobrecargue al elevador de cangilones cuando llega al límite y así evitar el daño al motor eléctrico.
- Se sugiere agregar un sensor de vibración y temperatura para mantener más eficiente el sistema de elevador de cangilones.
- Se plantea mejorar el software de CEMAT incluyendo las gráficas cuando se agregue sensores de temperatura y vibración para tener más datos estadísticos del elevador de cangilones.
- Se aconseja establecer un plan de mantenimiento periódico para mejorar la disponibilidad del elevador de cangilones sobre todo en su parte eléctrica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 4B GRUOUP. (2023). *WDA SENSOR DE ALINEACIÓN / VELOCIDAD*.  
<https://go4b.co.uk/es/products/electronic-monitoring-equipment/monitores-de-desalineacion/wda-sensor-de-alineacion>
- A&J INSTALACIONES S.R.L. (2003). *A&J Instalaciones en Lima*. Retrieved 01 de setiembre de 2023, from A&J Instalaciones S.R.L.:  
<http://www.ayjinstalaciones.com/>
- Acuña Alarcón, L. G. (2021). *Influencia de las Medidas Tomadas por el Gobierno frente al COVID - 19 en la Industria de Cemento, Perú, 2020 [Tesis de Ingeniero Comercial, Universidad Católica de Santa María]*. Repositorio Institucional. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/11199>
- Alvarez Brotons, X. (2004). *Control predictivo de canales de riego utilizando modelos de predicción de tipo Muskingum (primer orden) y de tipo Hayami (segundo orden) [Tesis de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, Universitat Politècnica de Catalunya]*. UPCommons.  
<http://hdl.handle.net/2099.1/3330>
- Alvarez Gonzáles, J. J., & Castro Chambi, R. S. (2021). *Diseño e implementación de un módulo didáctico de automatización por redes de comunicación industrial PROFINET, PROFIBUS, MODBUS mediante PLC y periféricos maestro y esclavo [Tesis de Ingeniero Mecatrónico, Universidad Católica de Santa María]*. Repositorio Institucional.  
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/11103>
- ASOCEM. (2010). *ASOCEM*. <http://www.asocem.org.pe/estadisticas-nacionales/reporte-estadistico-mensual-octubre-2022>
- ATMI. (2023). *Interruptor de Nivel*. <https://www.atmi.fr/soliba-m/interruptor-de-nivel-de-membrana.html>
- Auer Signal. (2010). *Clases de protección IP (como IP65 e IP66) - Auer Signal*. <https://www.auersignal.com/es/datos-tecnicos/normas/grados-de-proteccion->



- Cerrón Romero, J. A. (2016). *Influencia del RCM en la Disponibilidad de los Elevadores de Cangilones de la Refinería Votorantim Metais-Cajamarquilla S.A. [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Centro del Perú Huancayo]*. Repositorio institucional.  
<http://hdl.handle.net/20.500.12894/3639>
- FLENDER. (2023). *REDUCTORES PARA ELEVADOR DE CANGILONES*.  
[flender.com/es/Productos/Reductores/Reductores-para-Elevador-de-Cangilones/p/ATN006](http://flender.com/es/Productos/Reductores/Reductores-para-Elevador-de-Cangilones/p/ATN006)
- Flórez-Ruiz, J. F., Ramírez-Dueñas, A., Díaz-Rodríguez, J. G., & Pérez-Rondón, F. A. (diciembre de 2019). Diseño, Simulación y Construcción de un Modelo de Laboraotrio de Transporte de Pellets. *Iteckne*, 16(2).  
<https://doi.org/10.15332/ITECKNE>
- Gonzales Espíritu, A. A. (2014). *Mejora del proceso de despacho de bolsas de cemento para la empresa Unacem usando bus de campo AS-I [Tesis de Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur]*. Repositorio Institucional.  
<http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/417>
- Hernández Torres, C. F. (2010). *Creación de Base de Datos para Equipos en Planta y Actualización de Stock de Repuestos, para Elevadores de Cangilones, en una Planta Cementera [Tesis de Grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]*. Repositorio Institucional.  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0545\\_Ml.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0545_Ml.pdf)
- IEC. (2023). *Webstore*. <https://webstore.iec.ch/publication/3995>
- Ineltec. (2010). *¿Conoces el Grado de protección IP, según la norma internacional IEC 60529?* <https://www.ineltec.es/noticias/normativa/conoces-el-grado-de-proteccion-ip-segun-la-norma-internacional-iec-60529>
- Jendrysik, S., Bartoszek, S., Kost, G., & Sękala, A. (10 de septiembre de 2021). Study of Energy Consumption of a Bucket Conveyor in a Jig Concentrator Plant in a Hard Coal Mine. *MDPI - Energías*, 14(18), 1-10.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/en14185706>

KIEPE ELEKTRIK. (2017). *KIEPE ELEKTRIK*.

<https://www.electroquip.co.uk/kiepe-monitoring-of-bucket-elevators/kiepe-sbw-misalignment-switch>

LAVORGOMMA. (2020). *Cintas Transportadoras LAVORGOMMA*.

LAVORGOMMA [Dibujo]: <https://cintastransportadoraslv.com/f/banda-para-elevador-de-cangilones>

Llave Kalla, W., Tancayllo Umasi, M., Huarca Umasi, S. V., & Garcia Chacca, E.

(2015). Sistema de Alineamiento de Fajas. (*Trabajo de Monografía*).

TECSUP, Espinar - Cusco.

Mamani Huanacuni, G. (2021). *Diseño e implementación de un prototipo para*

*automatizar el proceso de embotellado de yogurt en la Planta Lechera*

*Tacna [Tesis de Ingeniero Electrónico, Universidad Privada de Tacna]*.

Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.12969/1860>

Manzur Hanna, F. A., Arreaga Medina, M. A., & Coronel Perez, I. A. (2006).

*Diseño del sistema Scada del proceso de transporte de cemento para*

*Holcim-Ecuador [Tesis de Grado Ingeniero en Electricidad Especialización*

*Electrónica y Automatización Industrial, ESPOL]*. Repositorio Institucional.

<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/44282>

martin. (2023).

[https://es.martinsprocket.com/docs/catalogs/material%20handling/4\\_elevadores%20de%20cangilones/seccion\\_h\\_elevadores.pdf](https://es.martinsprocket.com/docs/catalogs/material%20handling/4_elevadores%20de%20cangilones/seccion_h_elevadores.pdf)

Mederos Cruz, G. N. (2017). *Propuesta de mejora para reducir el tiempo de*

*paradas no planificadas en el area de envase de la empresa UNACEM*

*S.A.A [Tesis de Nivel Profesional Técnico, SENATI. SENATI.*

<https://es.scribd.com/document/508429334/proyecto-de-mejora-de-produccion>

MOLLET. (2013). *MOLLET Füllstandtechnik*. [https://www.mollet-](https://www.mollet-level.com/products/mf-membrane-level-indicator/overview/mfb.html)

[level.com/products/mf-membrane-level-indicator/overview/mfb.html](https://www.mollet-level.com/products/mf-membrane-level-indicator/overview/mfb.html)

- Muñoz Portero, M. J. (18 de 06 de 2020). Procesamiento de materiales conglomerantes: cal, yeso y cemento. 1-10.  
<http://hdl.handle.net/10251/146535>
- naylampmechatronics. (2023). <https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/403-sensor-de-proximidad-inductivo-lj18a3-5-zax-npn-nc.html>
- Nolasco Sandoval, L. A. (2019). *Diseño De Un Módulo Didáctico De Simulación De Procesos Industriales Usando Plc S7-1200 Y Hmi Ktp 700 Basic. Para El Laboratorio De Automatización Y Control, De La Universidad Nacional Tecnológica De Lima Sur - Untels*[Tesis de Ing. Electr y Telec, UNTELS]. Repositorio Institucional.  
<https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/526>
- Oblitas Vera, H. R. (2018). *Diseño de una máquina secadora de arroz tipo torre para mejorar el sistema de secado en el molino “San Rafael S.R.L” del departamento de Lambayeque 2016”* [Tesis de Ingeniero Mecánico, Universidad César Vallejo]. Repositorio Digital Institucional, Chiclayo.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/27775>
- Okechukwu Chikelu, P., Chuka Nwigbo, S., William Obot, O., Chukwulozie Okolie, P., & Lekwuwa Chukwuneke, J. (19 de enero de 2023). Modeling and simulation of belt bucket elevator head shaft for safe life operation. *scientific reports*, 13(1), 1-25. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-022-26060-x>
- Ortiz Pena, C. (2020). *Optimización de un elevador de cangilones* [Tesis de Máster en Ingeniería Industrial, Universitat de Lleida]. Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/10459.1/69777>
- Ospina, M. A. (2009). *Diseño de un sistema de control multivariable para un circuito de molienda en húmedo* [Tesis de magister, Universidad de Cartagena]. ResearchGate.  
<https://www.researchgate.net/publication/30757903>
- Pacheco Zúñiga, S. M. (2022). *Diseño de un sistema automatizado para el reingreso de material rechazado en un molino de carbón mediante lógica*

- difusa [Tesis de Ingeniero Electrónico con Especialidad en Automatización y Control, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio Institucional, Arequipa. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/11805>
- Pang, Y. (2010). *Intelligent Belt Conveyor Monitoring and Control*. Escuela de Investigación TRAIL de Países Bajos.
- PEPPERL + FUCHS. (2020). *PEPPERL + FUCHS*. [https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/classid\\_143.htm?view=productdetails&prodid=103457](https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/classid_143.htm?view=productdetails&prodid=103457)
- Promelsa. (2021). *Promelsa*. [https://www.promelsa.com.pe/1009194-selector-manija-larga-3-posiciones-fijas-22mm-con-block-2na-ip65.html?gad\\_source=1&gclid=CjwKCAiAu9yqBhBmEiwAHTx5p3cZX-LD7zIE5C9AsydvWM8hNt9H59HM0CBA8ldN\\_E0miYbl\\_Qq\\_whoCVjMQAvD\\_BwE](https://www.promelsa.com.pe/1009194-selector-manija-larga-3-posiciones-fijas-22mm-con-block-2na-ip65.html?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAu9yqBhBmEiwAHTx5p3cZX-LD7zIE5C9AsydvWM8hNt9H59HM0CBA8ldN_E0miYbl_Qq_whoCVjMQAvD_BwE)
- RECHNER SENSORS. (2010). *Histéresis de conmutación*. <https://www.rechner-sensors.com/es/glossar/histeresis-de-conmutacion>
- Román Pimentel, C. D. (2018). *Programación de Rutas de Transporte de Materiales desde las Balanzas Dosificadoras Hacia Las Fajas Transportadoras en un Sistema Scada Utilizando El Software SIMATIC PCS 7 CEMAT en la Planta de Cemento UNACEM [Tesis de Ing. Electrónico y Telecom, UNTELS]*. Repositorio Institucional. <http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/387>
- SafetyCulture. (28 de julio de 2023). *¿Qué es ATEX?* <https://safetyculture.com/es/temas/atex/>
- SAIJIN. (2021). *ALEACIÓN ELÉCTRICA CO.LTD DE WENZHOU SAIJIN*. <https://es.cnsaijin.com/agcdo-alloy-wires/agcdo-silver-alloy-wires>
- Scheider Electric. (2023). *¿Qué es un contacto SPDT? | Schneider Electric España*. [https://www.se.com/es/es/faqs/FA300872/#:~:text=Un%20contacto%20SPDT%20\(Single%20Pole,Contacto%20Normalmente%20Abierto%20Normalmente%20cerrado\).](https://www.se.com/es/es/faqs/FA300872/#:~:text=Un%20contacto%20SPDT%20(Single%20Pole,Contacto%20Normalmente%20Abierto%20Normalmente%20cerrado).)

SIEMENS. (5 de marzo de 2015). *Manual de sistema SIMOCODE pro PROFIBUS*.

[https://cache.industry.siemens.com/dl/files/780/20017780/att\\_831190/v1/M anual\\_SIMOCODE\\_pro\\_PROFIBUS\\_es-MX.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/780/20017780/att_831190/v1/M anual_SIMOCODE_pro_PROFIBUS_es-MX.pdf)

SIEMENS. (2023). *Motores SIMOTICS SD para cargas severas*.

<https://new.siemens.com/pe/es/products/tecnologia-de-accionamientos/motores-electricos/motores-de-bajo-voltaje/simotics-sd.html>

Siemens. (2023). *Siemens*.

[https://cache.industry.siemens.com/dl/files/557/60306557/att\\_918316/v1/m anual\\_SIRIUS\\_contactors\\_3RT\\_es-MX.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/557/60306557/att_918316/v1/m anual_SIRIUS_contactors_3RT_es-MX.pdf)

SIEMENS. (2023). *SIEMENS PLC*.

<https://www.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/systems/industrial/plc.html>

TANIS. (2021). *TANIS*. <https://www.taniseed.com/es/urun/elevador-de-cangilones>

Tecnología de control. (2016). *Sistemas de control manual y automático*.

<https://sites.google.com/site/tecnologiadecontrol2016/control-manual>.

Tecnomina. (2023). *Fajas transportadoras*. <https://www.tecnomina.pe/fajas.html>

TURCK. (2013). *Hans Turck GmbH & Co. KG. BI10-P30SR-FZ3X2 Inductive Sensor*: [https://www.turck.de/datasheet/\\_en/edb\\_13420\\_gbr\\_en.pdf](https://www.turck.de/datasheet/_en/edb_13420_gbr_en.pdf)

UNACEM. (2023). *Unacem Lima*. Retrieved 01 de setiembre de 2023, from UNACEM: <https://unacem.pe/>

UNACEM Perú S.A. (2023). *UNACEM Perú S.A.*

<https://www.google.com.pe/maps/place/UNACEM+Per%C3%BA+S.A./@-12.1923645,-76.9110329,18z/data=!4m6!3m5!1s0x9105beb625ef2f91:0xf7db5b7ed04b670f!8m2!3d-12.1923644!4d-76.9088443!16s%2Fg%2F1tdwr4pz?hl=es-419&entry=ttu>

UNE. (2021). *UNE Normalizacion Española*. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0011332>

VEGA - Level. (2010). *VEGA - Level*. <https://www.vega.com/es-productos/catalogo-de-productos/interruptores-de-nivel/vibracion/vegawave-62>

VirtualGroupEXPO. (2023). *VirtualGroupEXPO*. <https://pdf.directindustry.es/pdf/4b-braime-components/4b-touchswitch-sensor-desvio-banda-polea/31528-283577.html>

wenglor. (2010). *Corriente residual*. <https://www.wenglor.com/es/Corriente-residual//cxmCID73236>

Wia. (2023). *3RT2027-1BP40 SIEMENS*. [https://pe.wiautomation.com/siemens/variadores-motores-proteccion-de-circuitos/3RT20271BP40?gad\\_source=1&gclid=CjwKCAiAu9yqBhBmEiwAHTx5p-iXzr8IFC9HqmF4qCzVftixOi\\_vt-pZBwswWq1f5vAgavUyu3BoHhoCfAkQAvD\\_BwE](https://pe.wiautomation.com/siemens/variadores-motores-proteccion-de-circuitos/3RT20271BP40?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAu9yqBhBmEiwAHTx5p-iXzr8IFC9HqmF4qCzVftixOi_vt-pZBwswWq1f5vAgavUyu3BoHhoCfAkQAvD_BwE)

Wia. (2023). *5SL6320-7BB SIEMENS*. [https://pe.wiautomation.com/siemens/variadores-motores-proteccion-de-circuitos/5SL63207BB?gad\\_source=1&gclid=CjwKCAiAu9yqBhBmEiwAHTx5pyhTio9dFZNUd-5Abfm29QAlfmbuCeEiubbseC4pqFBUH20\\_rTGxyBoCLFgQAvD\\_BwE](https://pe.wiautomation.com/siemens/variadores-motores-proteccion-de-circuitos/5SL63207BB?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAu9yqBhBmEiwAHTx5pyhTio9dFZNUd-5Abfm29QAlfmbuCeEiubbseC4pqFBUH20_rTGxyBoCLFgQAvD_BwE)

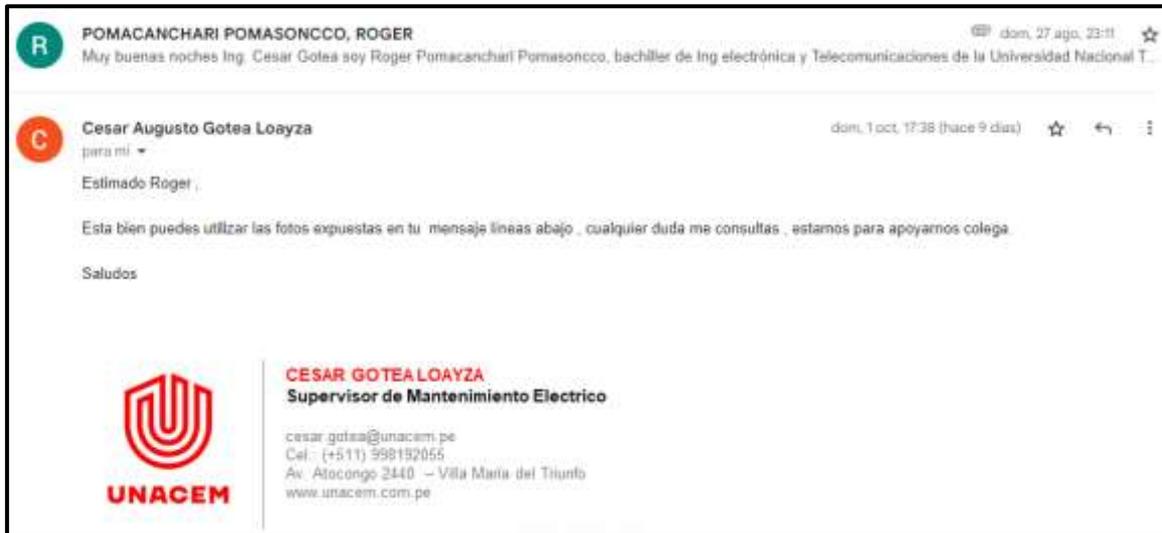
Wia. (2023). *PLC Siemens*. [https://pe.wiautomation.com/siemens/plc-sistemas/simatic-s7/s7-1200/6ES72151BG400XB0?gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQiAmNeqBhD4ARIsADsYfTf4PoceVtrcGdTr4rui4RnkA1nBorgE6S4pbgAev3W6uVEh54DkCOWaAvdCEALw\\_wcB](https://pe.wiautomation.com/siemens/plc-sistemas/simatic-s7/s7-1200/6ES72151BG400XB0?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAmNeqBhD4ARIsADsYfTf4PoceVtrcGdTr4rui4RnkA1nBorgE6S4pbgAev3W6uVEh54DkCOWaAvdCEALw_wcB)

Wia. (2023). *SIEMENS*. [https://pe.wiautomation.com/siemens/variadores-motores-proteccion-de-circuitos/3VA51605EF310AA0?gad\\_source=1&gclid=CjwKCAiAu9yqBhBmEiwAHTx5pyOo4No5-](https://pe.wiautomation.com/siemens/variadores-motores-proteccion-de-circuitos/3VA51605EF310AA0?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAu9yqBhBmEiwAHTx5pyOo4No5-)

7vmshjVFc24LGLy2EWxNUHrSbdSB3JGq8tZQqA7U27zihoCvZEqAvD\_B  
wE

## ANEXOS

### Anexo 1. Permiso del empleo de fotos de la empresa UNACEM.



*Nota.* Elaborada propia – Permiso de la utilización de fotos de la empresa UNACEM

### Anexo 2. La vista del elevador de cangilones



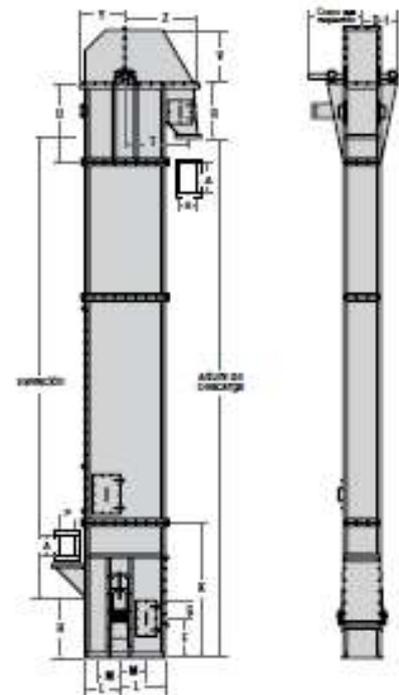
*Nota.* Elaboración propia obtenida de la empresa (UNACEM, 2023)

### Anexo 3. Especificaciones técnicas del elevador de cangilones (Parte 1).

MANEJO DE MATERIALES

## Dimensiones de los Elevadores de Cangilones





#### Series 100 y 700 Banda y Cadena

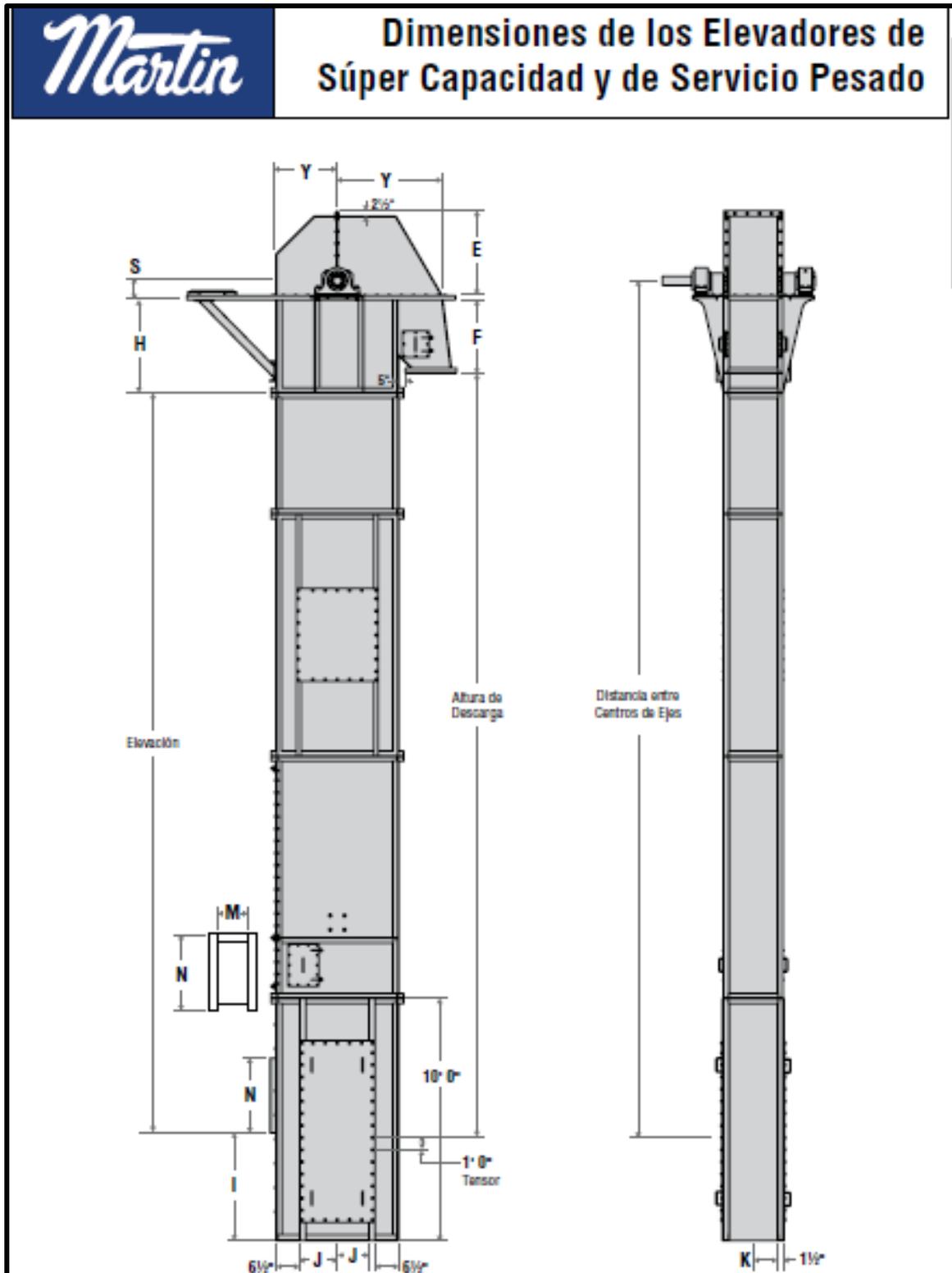
Número de Elevador				Cuerpo			Bata										Cabeza					
Cadena Serie 100	Banda Serie 700	Banda Serie 100	Cadena Serie 700	A	B	F	G	H	J	K	L	M	N	P	R	S	T	U	V	Y	Z	D-1
C43-108		B43-108		8	18	9	9	27.25	36.75	42	9	5	10	6	15	8	17.5	36	34	9	20.25	13
C64-121		B64-124		11.75	29	14	9	26.5	40	72	19.5	16.5	15.5	13	31.5	10	30.5	42	21.5	19.5	32.5	14
C85-121	B85-720		C85-721	11.75	39	14	9	26.5	40	72	19.5	16.5	15.5	13	31.5	10	30.5	42	21.5	19.5	32.5	14
	B105-720	B85-120	C105-721	13.75	39	14	9	26.5	40	72	19.5	16.5	17.5	13	31.5	10	30.5	42	21.5	19.5	32.5	15
C85-124		B85-124		13.75	42	16	9	32.5	60	72	21	18	17.5	13	32.5	10	33.25	42	24	21	36.25	15.5
C106-124	B107-724		C107-725	13.75	48	19	9	40.5	60	72	24	21	17.5	15	35.25	13	36.5	48	27.5	24	40.625	16
C127-125	B127-724	B106-124	C127-725	15.75	48	19	9	40.5	60	72	24	21	19.5	15	35.75	13	36.5	48	27.5	24	40.625	17
	B127-724	B107-1245	C127-725	28	66	26	10	29.75	60.5	72	30	29	30.5	26.5	36	17	46.5	48	36.5	32	60	24
	B147-724	B127-130	C147-725	17.75	48	19	10	40.5	60	72	24	21	21.5	15	35.75	13	36.5	48	27.5	24	40.625	18
	B148-724		C148-725	17.75	54	21	10	36	60.5	72	27	24	21.5	17	38.25	17	41.5	48	31	27	45	19.25
C127-131	B168-724		C168-725	19.75	48	20	10	40.5	60	72	24	21	22.5	15	35.75	13	36.5	48	27.5	24	40.625	16
C147-131	B188-724	B147-130	C188-725	19.75	54	21	10	39	60.5	72	27	24	23.5	17	38.25	17	41.5	48	31	27	45	20
	B188-724		C188-725	22.75	48	19	10	40.5	60	72	24	21	26.5	15	35.75	13	36.5	48	27.5	24	40.625	21
C168-131	B168-130		C208-725	22.75	54	21	10	39	60.5	72	27	24	26.5	17	38.25	17	41.5	48	31	27	45	22
	B208-724		C208-725	24.75	48	19	10	40.5	60	72	24	21	28.5	19	35.75	13	36.5	48	27.5	24	40.625	23
C188-131	B2010-724	B188-130	C2010-725	24.75	54	21	10	40.5	60.5	72	27	24	28.5	19	38.25	17	41.5	48	31	27	45	23
C208-131	B248-724		C248-725	28.75	48	19	10	39	60	72	24	21	32.5	22.5	35.75	13	36.5	48	27.5	24	40.625	24
C248-131	B248-130		C2410-725	28.75	54	21	10	40.5	60.5	72	27	24	32.5	22.5	38.75	17	41.5	48	31	27	45	25
C2410-131	B2410-724	B2410-130		30.75	60	23	10	38	60.5	72	29	27	34.5	22.5	40	21	46.5	60	31	30	52	26

Dimensiones en pulgadas.  
 Ⓞ No están certificados para construcción.  
 Ⓞ En el largo estándar normal para la cabeza más grande indicada.  
 Para unidades no especificadas, consulte a **MMA**.

H-140

Nota. Dimensiones del elevador. Tomado de (martin, 2023)

Anexo 4. Especificaciones técnicas del elevador de cangilones (Parte 2).



Nota. Dimensiones del elevador. Tomado de (martin, 2023)

## Anexo 5. Especificaciones técnicas de los cangilones.



### Tipo AA Centrífugo

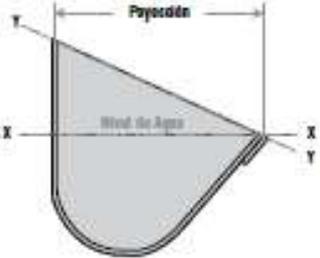


#### ¿Qué es un cangilón Martin Tipo AA?

Los cangilones tipo AA son para elevadores centrífugos y generalmente se utilizan para mover materiales de flujo libre que no se dañen fácilmente. El fondo curvo liso y la cara frontal angulada de este tipo de cangilón permite que el producto sea descargado eficientemente. Por lo general los cangilones AA hacen algo de "excavación" durante su operación por lo que el labio frontal ha sido reforzado para darle mayor duración. Los cangilones AA se instalan principalmente en bandas reforzadas de capas múltiples pero también pueden montarse en una cadena. Se pueden fabricar en acero al carbón, acero inoxidable, acero resistente a la abrasión y en varios plásticos.

**Aplicaciones Típicas:**

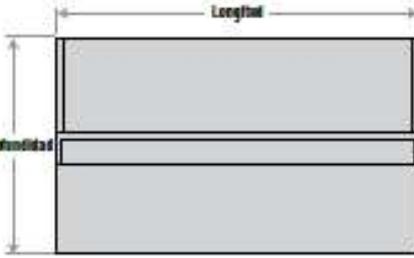
- Arena
- Fertilizante
- Otros materiales granulados similares
- Roca
- Arcillas
- Sal
- Carbón
- Agregados
- Piedra



Proyección

Nivel de Agua

Profundidad



Longitud

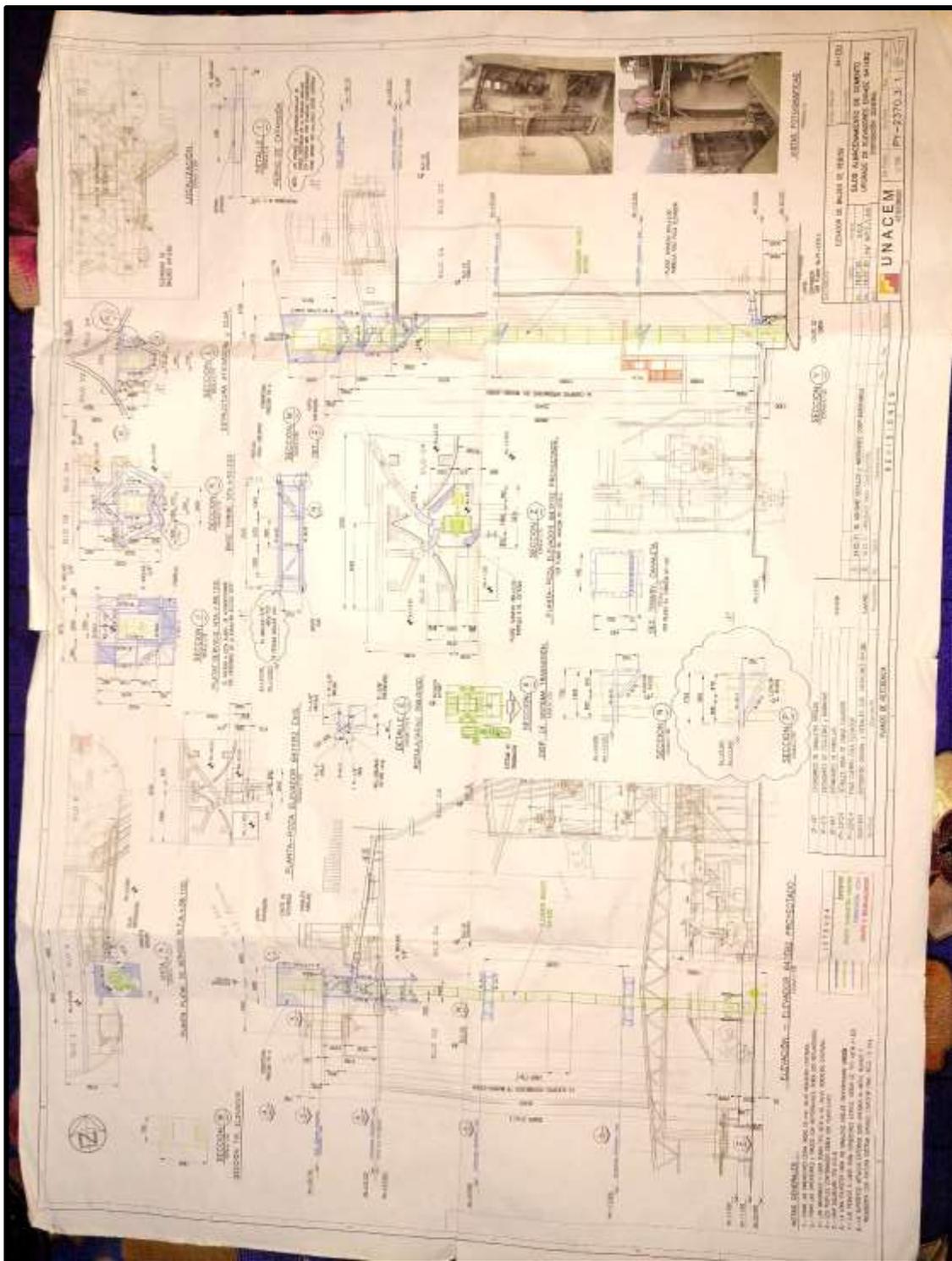
Profundidad

Tamaño del Cangilón **	Longitud (In)	Proyección (In)	Profundidad (In)	X-X Capacidad H <sup>2</sup> (Nivel de Agua)	Y-Y Capacidad H <sup>2</sup> (Lleno al 100%)	Peso Vacío* (lb)		
						Calibre 18	3/16"	1/4"
4 X 3	4	2 3/4	3	.006	.01	1.50	1.95	-
6 X 4	6	4	4 1/4	.02	.03	3.02	3.96	5.27
8 X 5	8	5	5 1/2	.04	.07	5.33	7.06	9.39
10 X 6	10	6	6 1/4	.07	.12	7.37	9.79	13.02
12 X 7	12	7	7 1/4	.12	.19	10.42	13.93	18.53
14 X 8	14	8	8 1/2	.20	.32	13.90	18.64	24.80
16 X 7	16	7	7 1/4	.16	.26	13.03	17.47	23.24
16 X 8	16	8	8 1/2	.23	.34	15.41	20.67	27.49
18 X 8	18	8	8 1/2	.26	.40	16.92	22.70	30.19
18 X 10	18	10	10 1/2	.33	.63	21.48	28.88	38.41
20 X 10	20	10	10 1/2	.45	.70	22.19	30.35	40.20
24 X 10	24	10	10 1/2	.64	.84	25.67	35.10	46.52

\*\* Para tamaños que no están en ésta tabla, consulte a Martin.  
\* El peso estimado es considerando acero soldado.  
El precio se ve afectado por el tipo de material y el espesor.

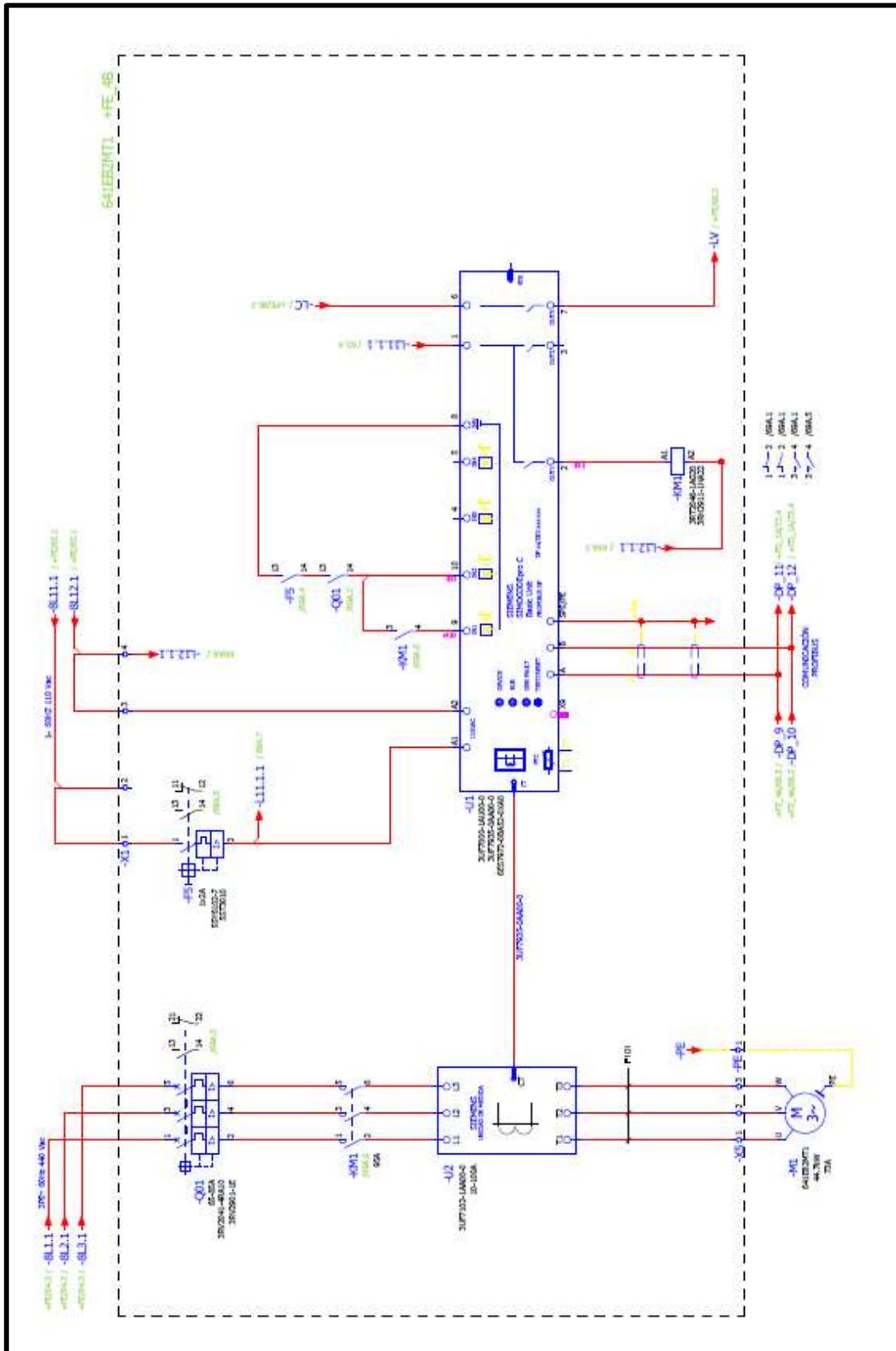
Nota. Dimensiones del elevador. Tomado de (martin, 2023)

**Anexo 6.** Plano de diseño de ubicación y medidas del elevador de cangilones.



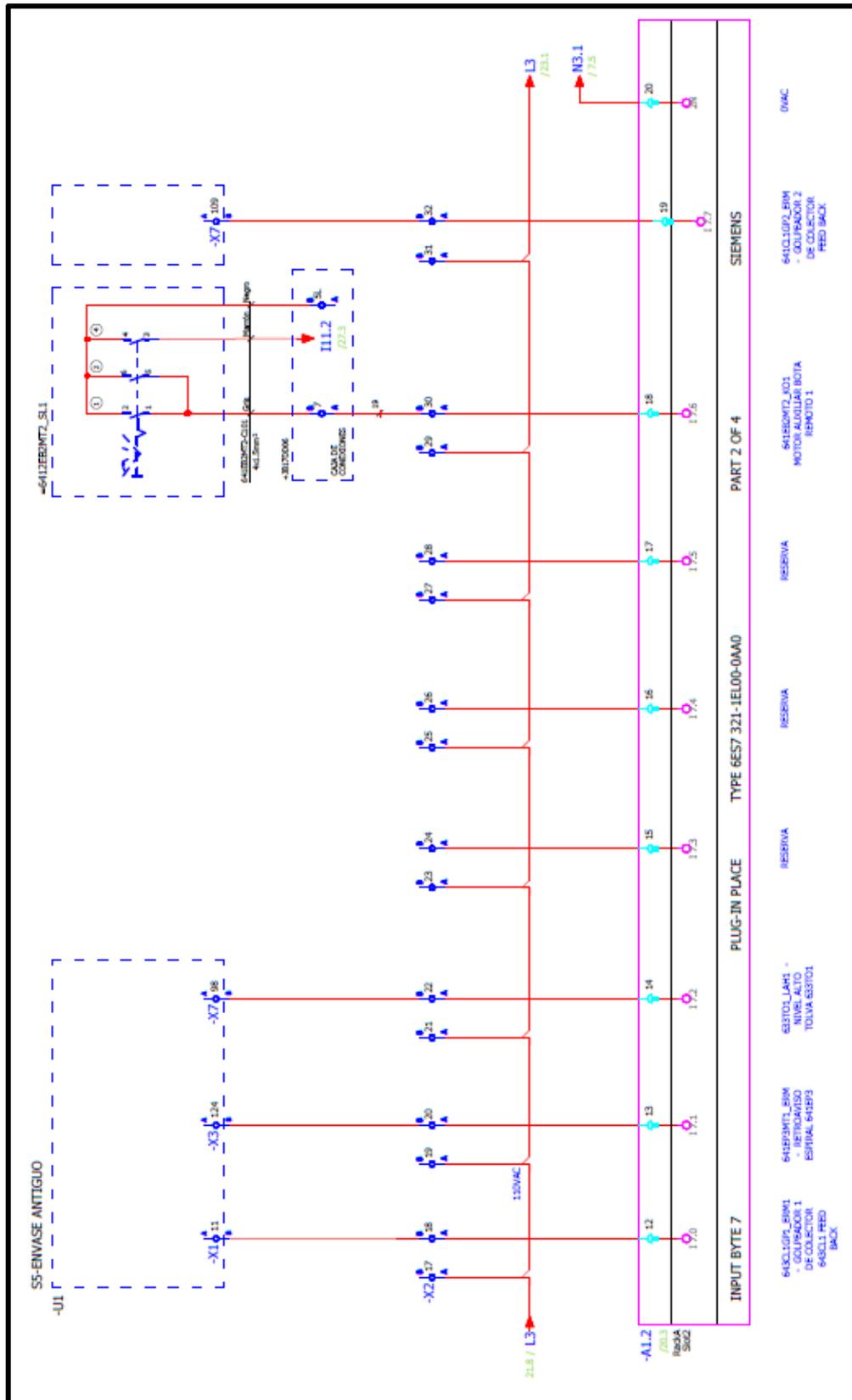
Nota. Elaboración propia obtenida de la empresa (UNACEM, 2023)

## Anexo 7. Esquema de potencia.



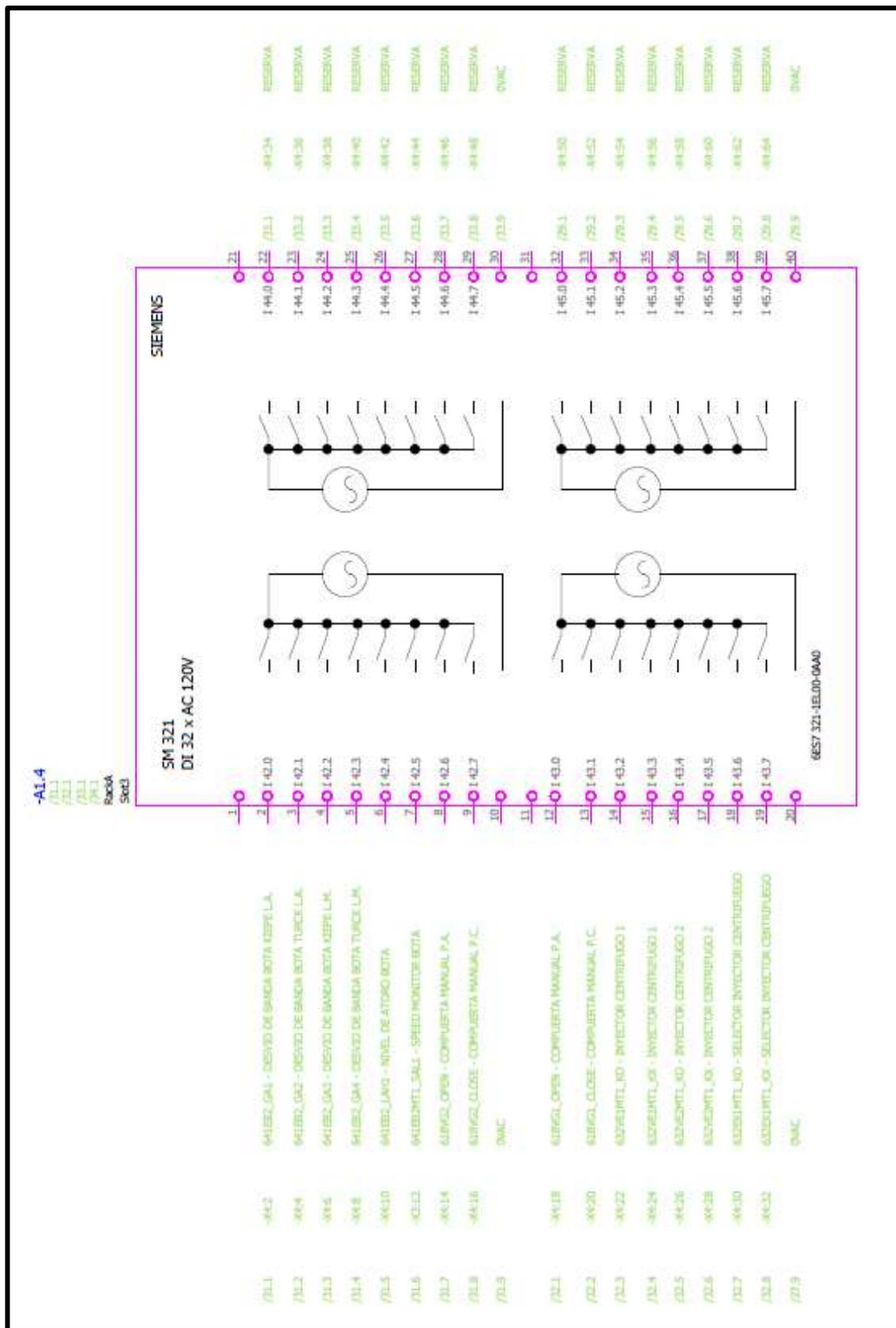
Nota. Elaboración propia obtenida de la empresa (UNACEM, 2023)

## Anexo 8. Entrada de selector.



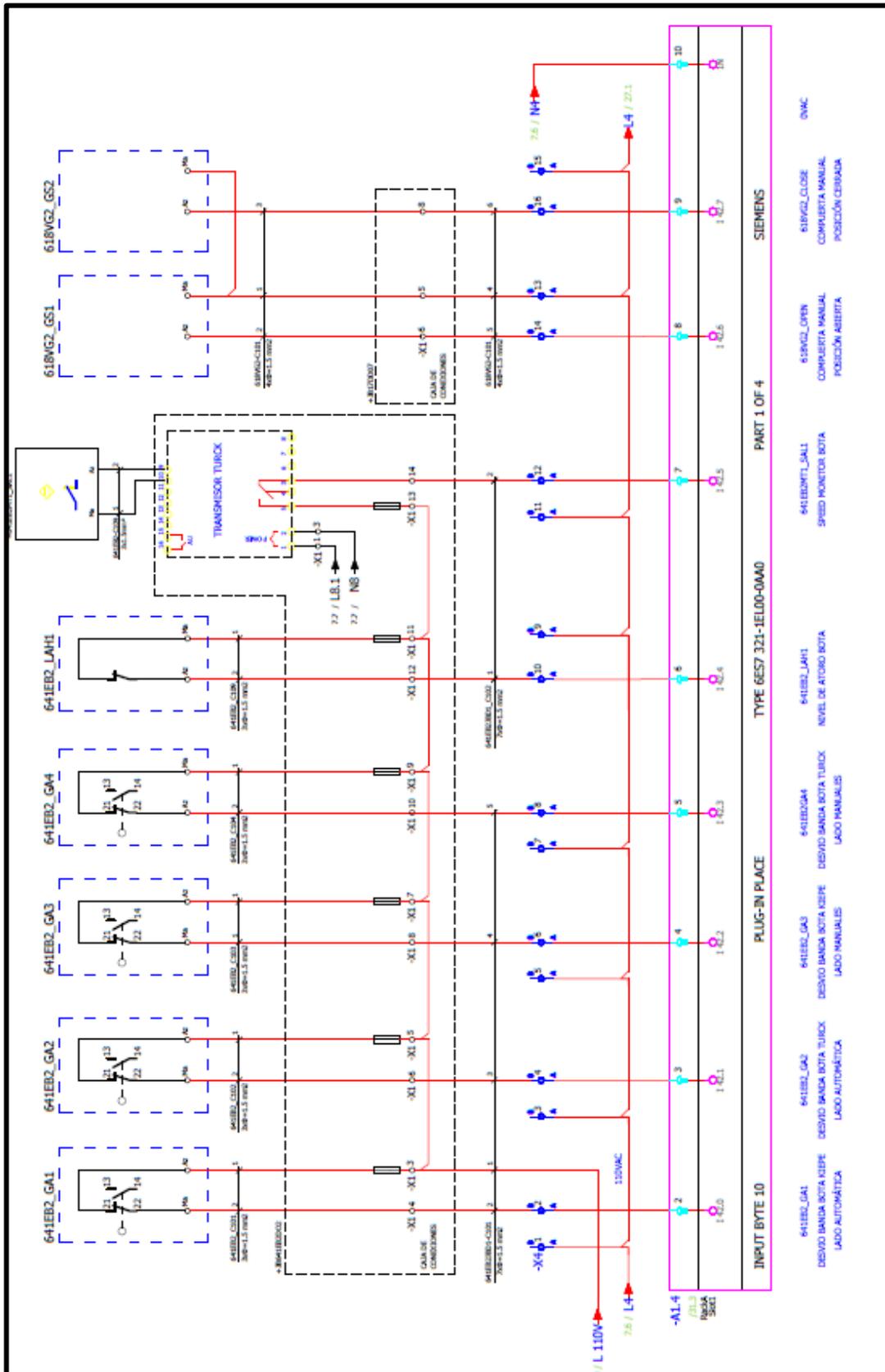
Nota. Elaboración propia obtenida de la empresa (UNACEM, 2023)

## Anexo 9. Periferia del PLC.



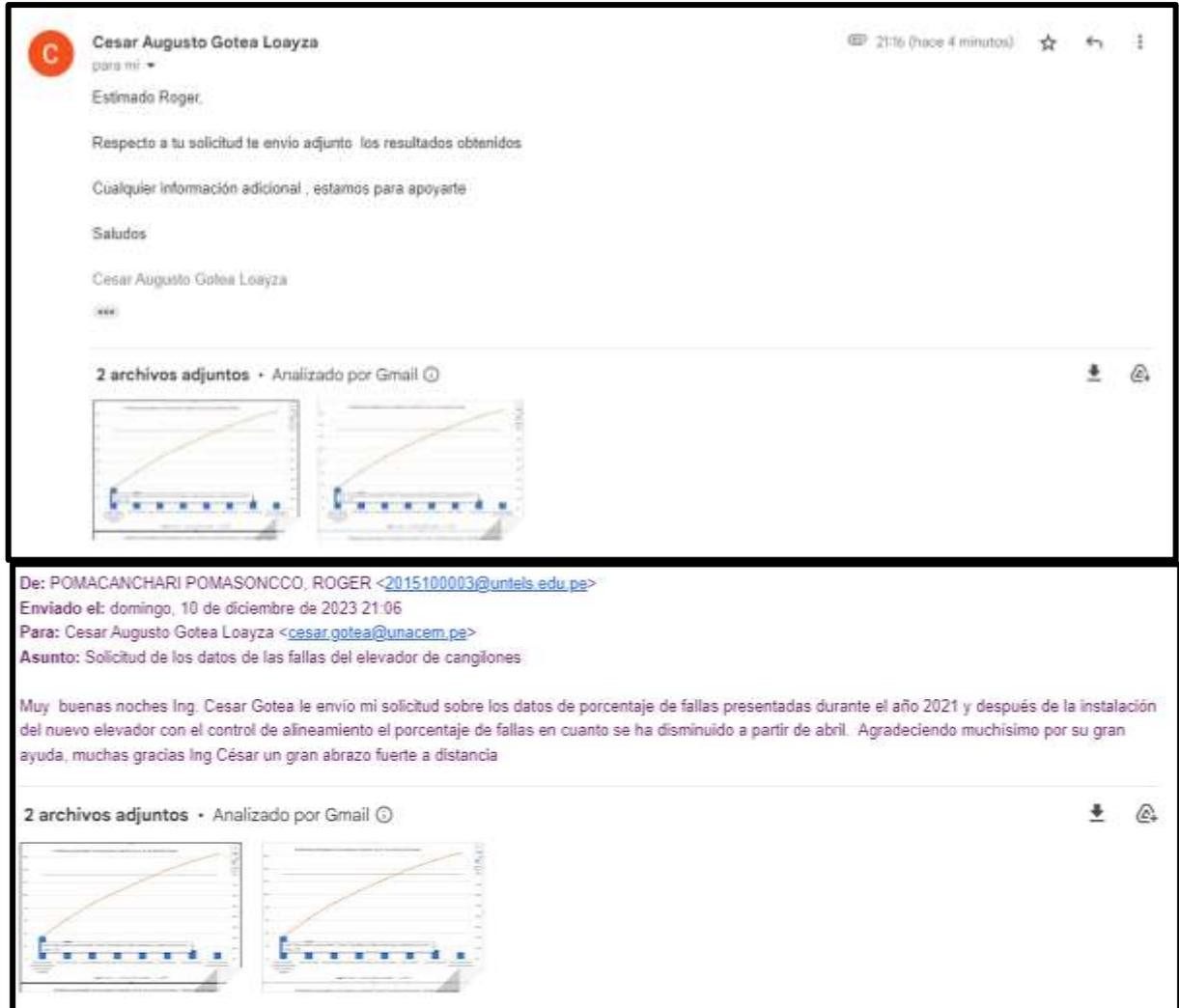
Nota. Elaboración propia obtenida de la empresa (UNACEM, 2023)

## Anexo 9. Entrada de los sensores y del transmisor a la periferia del PLC.



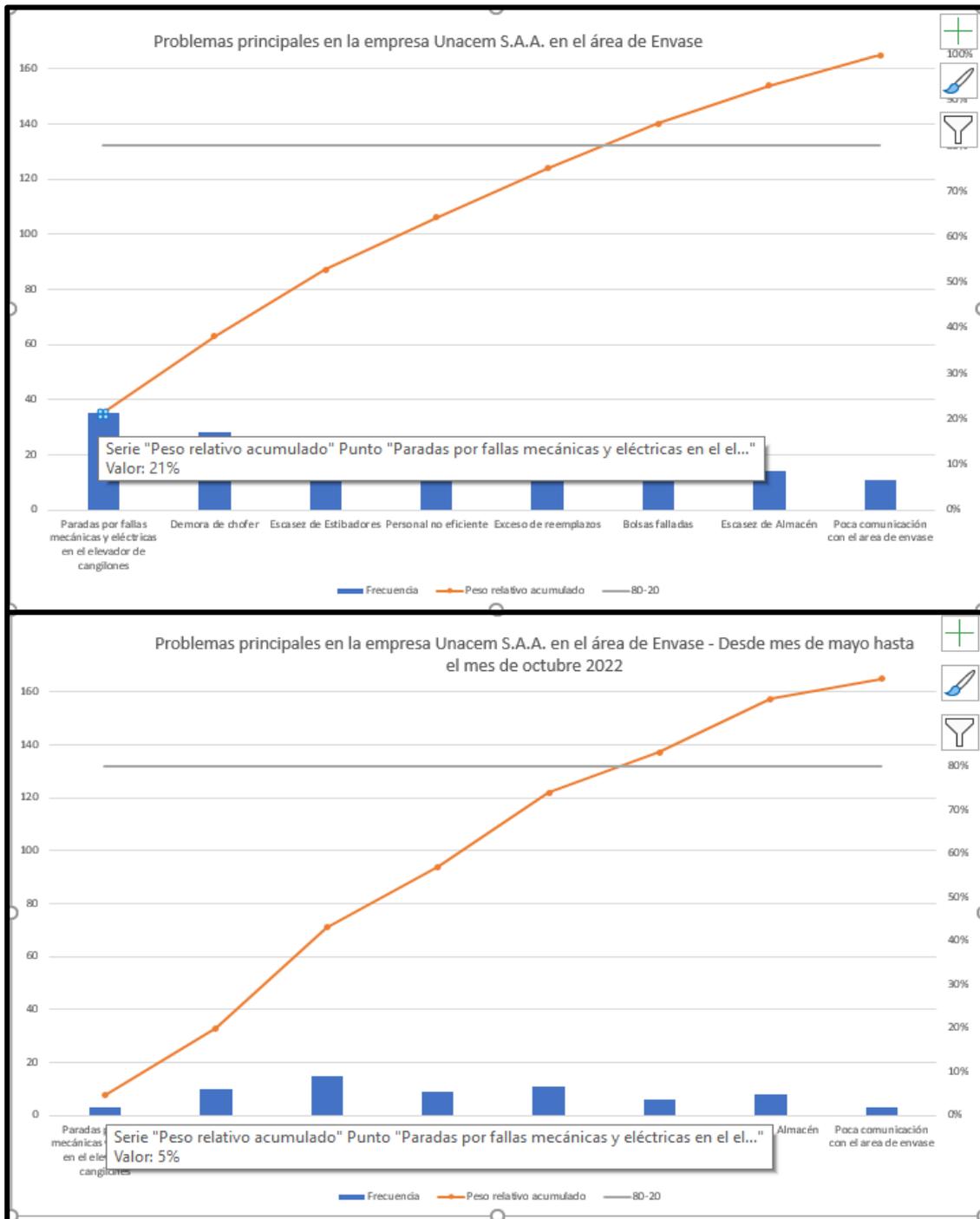
Nota. Elaboración propia obtenida de la empresa (UNACEM, 2023)

**Anexo 10.** Entrevista al Supervisor de Mantenimiento Eléctrico de UNACEM sobre los resultados de las paradas del elevador de cangilones.



*Nota.* Elaboración propia obtenida de la empresa (UNACEM, 2023)

**Anexo 11.** Comparación de resultado de porcentaje de paradas del elevador de cangilones en el área de envase.



Nota. Elaboración propia obtenida de la empresa (UNACEM, 2023)