

**APLICACIÓN DE CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES (PLC)
PARA EL CONTROL DE SUPERESTRUCTURAS PORTUARIAS**

JORGE ELIECER GIRALDO LIPEDA

DAVID EDUARDO DIAZ TORDECILLA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

FACULTAD DE INGENIERIAS

DIRECCIÓN DE PROGRAMAS DE INGENIERÍA ELECTRICA Y ELECTRÓNICA

CATAGENA DE INDIAS, D. T. Y C

2005

**APLICACIÓN DE CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES (PLC)
PARA EL CONTROL DE SUPERESTRUCTURAS PORTUARIAS**

**JORGE ELIECER GIRALDO LIPEDA
DAVID EDUARDO DIAZ TORDECILLA**

**Monografía presentada como registro de aprobación del Minor en
Automatización Industrial**

Director

ALFREDO TOUS

ing. electricista.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

FACULTAD DE INGENIERIAS

DIRECCIÓN DE PROGRAMAS DE INGENIERÍA ELECTRICA Y ELECTRÓNICA

CATAGENA DE INDIAS, D. T. Y C

2005

Cartagena de Indias, D.T y C., Abril 22 de 2005

Señores:

COMITÉ CURRICULAR

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

PROGRAMA DE ING. ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y MECATRÓNICA

La ciudad.

Respetados señores:

Por medio de la presente nos permitimos presentar a ustedes para que sea puesto a consideración el estudio y aprobación de la monografía titulada "**APLICACIÓN DE CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES (PLC) PARA EL CONTROL DE SUPERESTRUCTURAS PORTUARIAS**", presentado como requisito para obtener el título de ingeniero electrónico.

Agradecemos de antemano la atención prestada y esperando una respuesta positiva

Atentamente,

DAVID DIAZ TORDECILLA

JORGE GIRALDO LIPEDA

Cartagena de Indias, D.T y C., Abril 22 de 2005

Señores:

COMITÉ CURRICULAR

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

PROGRAMA DE ING. ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y MECATRÓNICA

La ciudad.

Apreciados señores:

Por medio de la presente me permito informarles que la monografía titulada **“APLICACIÓN DE CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES (PLC) PARA EL CONTROL DE SUPERESTRUCTURAS PORTUARIAS”** ha sido desarrollada de acuerdo a los objetivos establecidos.

Espero que el contenido y las normas aplicadas cumplan con los requisitos exigidos por esta dirección.

Atentamente,

ALFREDO TOUS

ARTICULO 105

La Universidad Tecnológica de Bolívar, se reserva el derecho de propiedad intelectual de todos los trabajos de grado aprobados, y no pueden ser explotados comercialmente sin autorización.

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Cartagena, Junio 22 de 2005

CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE TABLAS	
LISTA DE FIGURAS	
GLOSARIO	
INTRODUCCIÓN.....	21
1. LA GRUA PORTICO	18
1.1 DEFINICION	18
1.2 ESTRUCTURA FISICA	19
1.3 MECANISMOS DE LA GRUA PORTICO	23
1.4 USOS.....	27
1.5 COMPONENTES DE UNA GRUA PORTICO	28
1.5.1 TABLERO DE CONTROL DE LA CABINA	29
1.5.2 PANTALLA DE TEXTO.....	32
1.5.3 INTERPRETACION DE LOS INSTRUMENTOS DE CONTROL.....	33
1.5.4 EQUIPOS OPCIONALES	36
1.6 OPERACIÓN DE LA GRUA PORTICO	39
1.6.1 INICIO DE OPERACIONES EN LA CABINA.....	39
1.6.2 OPERACIÓN DEL SPREADER.....	39
1.6.3 MOVIMIENTO DEL BOOM	42
1.6.4 MOVIMIENTO DE CARGUE Y DESCARGUE	44
2 SISTEMAS DE CONTROL DE LAS GRUAS PORTICO	48
2.1 PLC OPERACIONAL.....	48
2.1.1 MÓDULOS PARA S7 400 DE E/S DIGITALES	50

2.2	PLC REDUNDANTE	51
2.3	WATCHDOG MODELO DE SUPERVISION DEL SISTEMA.	54
2.4	DATOS TECNICOS	55
2.5	INTERFACES.....	55
2.5.1	PROFIBUS DP.....	55
2.5.2	SIMATIC IM 467 PROFIBUS DP.....	60
2.5.3	SIMATIC CP 433.....	60
2.6	DIAGRAMA ESTRUCTURADO DE PROGRAMACIÓN.	61
2.7	SECUENCIA DE CONTROL	62
2.7.1	TIPOS DE BLOQUES	64
2.8	SISTEMA DE CONTROL DEL TROLLEY.....	66
2.8.1	CONTROL PRINCIPAL:	69
2.8.2	FRENOS DE CONTROL:	71
2.8.3	CABLE FESTOON.....	72
2.8.4	POSICIONAMIENTO.	73
2.8.5	MODOS DE OPERACIÓN.	75
2.8.6	SUPERVISIONES	77
2.8.7	INTERLOCKS	79
2.9	SISTEMA DE CONTROL GANTRY.....	81
2.9.1	CONTROL PRINCIPAL.....	83
2.9.2	SISTEMAS DE PRECAUCIÓN.....	85
2.9.3	SISTEMAS DE ANTICOLISION	86
2.9.4	SUPERVISIONES	88
2.9.5	INTERLOCKS	90
3	SICMA	92
3.1	OBJETIVOS DEL SISTEMA SCADA (SICMA).....	94
3.2	ESTANDARES DE CONFIGURACIÓN DE LOS MODULOS DEL SISTEMA SCADA.....	96
3.2.1	SICMA MANAGER.....	96

3.2.2 DIAGNÓSTICOS DE FALLA	96
3.2.3 CATEGORÍAS DE FALLAS	97
3.2.4 INTERFACES GRAFICAS	100
3.2.5 CONDICION DE MONITOREO	101
3.2.6 DATOS DE OPERACIÓN.....	104
3.3 SIMATIC PROGRAMMING	106
3.3.1 INSTALACION DEL HARDWARE	106
3.3.2 INSTALACION Y CONFIGURACION DEL HARDWARE	107
CONCLUSIONES.....	109
GLOSARIO.....	111
BIBLIOGRAFIA.....	115
INDICE.....	117

LISTA DE TABLAS

	Pág.
<u>Tabla 1.</u> Datos técnicos	55
<u>Tabla 2.</u> Características de los tipos de bloques	64
<u>Tabla 3.</u> Internal interlocks (Trolley)	79
<u>Tabla 4.</u> External interlocks (Trolley)	80
<u>Tabla 5.</u> Internal interlocks (Gantry)	90
<u>Tabla 6.</u> External interlocks (Gantry)	91
<u>Tabla 7.</u> Categorías de fallas	97
<u>Tabla 8.</u> Listado de algunas fallas	100
<u>Tabla 9.</u> Condiciones de monitoreo	101
<u>Tabla 10.</u> Temporizadores estándar	104
<u>Tabla 11.</u> Contadores estándar	105

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<u>Figura 1.</u> Grúa pórtico	18
<u>Figura 2.</u> Cable en espiral	19
<u>Figura 3.</u> Spreaders	20
<u>Figura 4.</u> Llantas grúa pórtico	20
<u>Figura 5.</u> Cuarto de maquinas	21
<u>Figura 6.</u> Cuarto de controles	21
<u>Figura 7.</u> Cabina del operador	22
<u>Figura 8.</u> Puerta principal de acceso	23
<u>Figura 9.</u> joystick de hoist	23
<u>Figura 10.</u> joystick de trolley	24
<u>Figura 11.</u> Izaje del Boom	26

<u>Figura 12.</u> Boom en posición final	26
<u>Figura 13.</u> Panel izquierdo	29
<u>Figura 14.</u> Panel derecho	30
<u>Figura 15.</u> Tablero de control	31
<u>Figura 16.</u> Pantalla de texto	32
<u>Figura 17.</u> Micrófono	37
<u>Figura 18.</u> Obturador de radio	37
<u>Figura 19.</u> Sistema de anticolidión	37
<u>Figura 20.</u> Sistema de advertencias	38
<u>Figura 21.</u> Sistema de señalización de twistlocks	40
<u>Figura 22.</u> Movimiento descenso del Boom	42
<u>Figura 23.</u> Movimiento de ascenso del Boom	43
<u>Figura 24.</u> Operación de cargue	44
<u>Figura 25.</u> Operación de descargue	45

<u>Figura 26.</u> PLC siemens step 7	48
<u>Figura 27.</u> Módulos adicionales del sistema de control	50
<u>Figura 28.</u> PLC redundante	51
<u>Figura 29.</u> Cableado interno de las señales de control y potencia	52
<u>Figura 30.</u> Sistema trolley para frenos de emergencia	53
<u>Figura 31.</u> Sistema de comunicación	54
<u>Figura 32.</u> Red profibus	56
<u>Figura 33.</u> Sistema profibus – DP con sus respectivos esclavos	59
<u>Figura 34.</u> Interfaz Simatic CP 433	60
<u>Figura 35.</u> Diagrama estructurado de programación.	61
<u>Figura 35 B.</u> diagrama estructurado de programación (continuación)	62
<u>Figura 36.</u> Secuencia de control	63
<u>Figura 37.</u> Tipos de bloques	65
<u>Figura 38.</u> Rieles de desplazamiento	66

<u>Figura 39.</u> Figura de trolley teóricamente	67
<u>Figura 40.</u> Figura de trolley motor M1 y M2	67
<u>Figura 41.</u> Vista frontal del trolley	68
<u>Figura 42.</u> Interruptores de final de carreras	68
<u>Figura 43.</u> Control de motores	69
<u>Figura 44.</u> Variadores de velocidad	70
<u>Figura 45.</u> Sistema de control de frenado	71
<u>Figura 46.</u> Cables de potencia del sistema trolley	72
<u>Figura 47.</u> Encoder	73
<u>Figura 48.</u> Cableado del encoder	74
<u>Figura 49.</u> Cabina del trolley	75
<u>Figura 50.</u> OP 17	76
<u>Figura 51.</u> Vista de los motores del sistema gantry.	81
<u>Figura 52.</u> Grupo de motores lado tierra	82
<u>Figura 53.</u> Control de motores	83

<u>Figura 54.</u> Grupo de motores	84
<u>Figura 55.</u> Cableado interno	85
<u>Figura 56.</u> Sistemas de alarmas	86
<u>Figura 57.</u> Sistemas de anticolisión	87
<u>Figura 58.</u> Estructura general del sistema sicma	95
<u>Figura 59.</u> Vista del modulo de fallas	99
<u>Figura 60.</u> Señales análogas y digitales	100
<u>Figura 61.</u> Indicación del modulo de monitoreo	102
<u>Figura 62.</u> Unidad de frenado del Boom	103
<u>Figura 63.</u> Ventanas de supervisión	105
<u>Figura 64.</u> Red SICMA	108

INTRODUCCIÓN

El avance actual de los puertos marítimos exige cada vez más rapidez y simplificación de los procesos de cargue y descargue de contenedores, por lo que uno de los equipos que permiten garantizar altos niveles de rendimiento y seguridad en este tipo de maniobras es la Grúa Pórtico. Este tipo de estructura se han hecho cada vez más notorias el alto grado de desarrollo e innovación con todo lo referente a la logística Portuaria.

Se ha visto a lo largo del tiempo como este tipo de grúas han incorporado novedosos sistemas de automatización (PLC) y otros elementos tecnológicos que han proporcionado de esta manera muchas ventajas con respecto a los sistemas tradicionales que se implementaba en estos tipos de estructuras. Tal es el caso que gracias a los avances que ha habido en este campo de la automatización estas estructuras se han convertido hoy por hoy en sofisticados sistemas de carga y descarga de contenedores, contribuyendo de esta manera al aumento de la productividad y rentabilidad de puertos, empresas estibadoras y líneas de barcos en lo referente al manejo de volúmenes de mercancía.

En este sentido, el documento ofrece una visión general de lo que son las grúas pórtico y sobre todo como están automatizadas este tipo de estructuras en particular, con el fin de establecer todo lo relacionado con la función de este

equipo, su estructura física, los mecanismos que la componen, sus procedimientos de operación, supervisión y las medidas de seguridad a tener en cuenta, entre otros.

En los primeros capítulos del documento se desarrolla el concepto de la estructura de las grúas pórticos y lo referente a los componentes que hacen parte de ella y sus mecanismos de operación. Posteriormente se analiza la manera de cómo están automatizado este tipo de grúas, la utilización del PLC como dispositivo de control y el sistema SCADA (SICMA) como instrumento de monitoreo y supervisión y la manera como están comunicados todos estos dispositivos. Finalmente se abordan temas relacionados a mecanismo de la grúa pórtico en particular, tales como el Trolley y Gantry y la manera de cómo se controlan estos mecanismos por medio del PLC.

1. LA GRUA PORTICO

1.1 DEFINICION

La grúa Pórtico está diseñada para el transbordo de contenedores entre barco y tierra. Tiene estructura tipo pórtico montada sobre rieles, su dirección es controlada desde la cabina. Se caracteriza por alcanzar velocidad y precisión considerables, debido a sus exigentes sistemas de automatización.



Figura 1. Grúa pórtico

Esta grúa es capaz de manipular contenedores de 20, 40 y 45 pies. Su capacidad de levante es de 40.6 toneladas bajo spreader y de 50.8 toneladas bajo gancho (movilización de carga especial). La grúa Pórtico puede realizar hasta 44 contenedores por hora bajo condiciones normales de operación.

1.2 ESTRUCTURA FISICA

Este tipo de estructuras portuarias están compuestas por:

Cables en espiral: Son cables situados a lo largo del boom y que permiten el movimiento de Trolley.

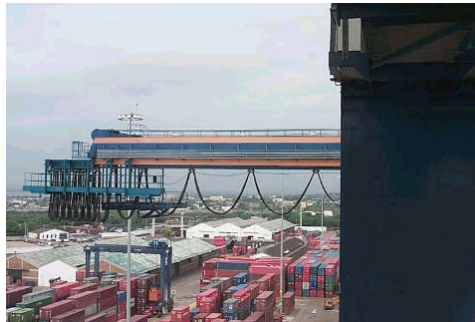


Figura 2. Cable en espiral.

Posee además un spreader que le permite tomar contenedores de 20, 40 y 45 pies, a los cuales se asegura por el sistema de Twislocks presente en sus cuatro esquinas. La longitud del spreader se determina mediante el accionamiento de controles de mando en la cabina del operador.

El spreader se encuentra equipado con cuatro Flippers, los cuales cumplen la función de “abrazar” el contenedor y facilitar la correcta ubicación de los twislocks en las cantoneras. La grúa permite accionar independientemente cada uno de los flippers, lo cual se convierte en una gran ayuda cuando hay limitaciones de espacios.



Figura 3. Spreaders

Llantas: cuenta con un total de 32 llantas. El 50% de ellas son ruedas conducidas. En cada pata del equipo hay cuatro boggies, cada uno de los cuales agrupa dos ruedas.



Figura 4. Llantas grúa pórtico

Cuarto de maquinas: Es un recinto cerrado construido en acero donde se encuentran los mecanismos del hoist, izaje del boom, el puente-grúa, y el equipamiento eléctrico del equipo.



Figura 5. Cuarto de maquinas.

Cuarto de controles: Está ubicado adyacente a la casa de maquinas, y en él se encuentran todos los componentes electrónicos y equipos eléctricos de los paneles de control de la grúa.



Figura 6. Cuarto de controles

Carro catenaria y sistema tensionador de guayas: La grúa cuenta con dos carros catenarias para evitar la distensión excesiva del cable principal. estos carros son movidos por el carro principal.

Cabina del operador: La cabina es móvil y está montada sobre el carrete (trole) ocupando el ancho de la máquina, es así como permite que el operador tenga una excelente visibilidad sobre toda el área de trabajo. En su interior se encuentran los controles de mando del equipo, ubicados a lado y lado de la silla del operador; unidos todos como una unidad giratoria.

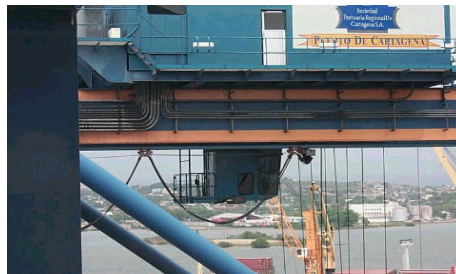


Figura 7. Cabina del operador

Accesos: cuenta con escaleras desde el nivel del piso hasta el cuarto de máquinas y desde la cabina del boom hasta la top cross tie; además tiene un ascensor que es accionado en forma eléctrica.

Todas las partes de la grúa que necesitan mantenimiento: Las cabinas, la viga principal y la viga móvil, tienen pasarelas que garantizan la movilización segura del operario y del técnico encargado.



Figura 8. Puerta principal de acceso

1.3 MECANISMOS DE LA GRUA PORTICO

En la grúa Pórtico existen 4 mecanismos: Hoist, Trolley, Gantry e izaje del Boom.

Hoist: Se denomina Hoist al movimiento de elevación ó descenso del spreader. Su funcionamiento se controla desde la cabina del operador mediante una palanca. Si esta palanca se presiona hacia atrás se origina la elevación del spreader y si por el contrario se presiona hacia delante, entonces se origina el descenso del mismo.



Figura 9. Joystick de hoist

Trolley: Se denomina Trolley al desplazamiento longitudinal (adelante – atrás) del conjunto cabina-spreader-contenedor. Este movimiento se hace sobre los rieles ubicados encima de la viga diagonal principal del equipo. El controlador del Trolley es una palanca que se encuentra ubicada al lado izquierdo de la silla del operador en la cabina, si ésta es presionada hacia delante origina el desplazamiento del trole hacia delante y si es presionada hacia atrás, su movimiento será hacia atrás.



Figura 10. Joystick de trolley

Gantry: Se conoce como Gantry al desplazamiento transversal de la grúa sobre los rieles. El control de este movimiento se realiza desde la cabina del operador mediante una palanca (derecha – izquierda) ubicada al lado derecho de la silla.

El accionamiento de la palanca es el siguiente: Si se presiona a la derecha, el equipo se mueve hacia la derecha e igualmente si se presiona a la izquierda, el movimiento del equipo será en este sentido.

Hay que resaltar que tanto la velocidad con que se efectúa los movimientos de Hoist, Trolley, y Gantry son controlados manualmente por el operador de la grúa pórtico.

Los movimientos de Hoist y Gantry se realizan desde una misma palanca (a la derecha del operador) manejando sus diferentes posiciones:

Adelante – atrás (HOIST)

Derecha – izquierda (GANTRY)

Con el fin de mejorar la productividad del equipo, este tipo de grúa permite realizar de manera simultánea varios movimientos:

- Hoist –Trolley
- Trolley – Gantry
- Gantry – Hoist

Izaje del Boom: Es el movimiento de subida y bajada del Boom ó viga móvil, la cual alcanza una elevación de 80° con respecto a la línea horizontal. Este movimiento tiene una duración de 6 minutos en cualquiera de Los sentidos y se acciona mediante interruptores existentes en el panel de control izquierdo del operador.



Figura 11. Izaje del Boom.



Figura 12. Boom en posición final

En términos globales puede decirse que el boom se mantiene elevado mientras no se efectúe operación alguna, por el contrario se mantiene abajo (posición horizontal) cuando se realizan operaciones de cargue ó descargue en barcos comerciales. Es importante que el operador antes de desplazar el equipo con el boom abajo, se percate que no existan estructuras en el barco que puedan ser golpeadas.

1.4 USOS

La grúa Pórtico es utilizada para el transbordo de contenedores barco – tierra y tierra – barco. En forma más específica se mencionan a continuación las diferentes movilizaciones llevadas a cabo por este equipo:

- **Cargue de barcos:** Esta situación hace referencia a las movilizaciones de contenedores desde un camión hasta el interior del barco (en bodega ó en cubierta).
- **Descargue de barcos:** La grúa pórtico traslada contenedores desde el interior de un barco hasta un camión previamente asignado. Este último es el que lleva el contenedor a su destino final: Almacenamiento en módulos, salida a la calle, inspección de aforos, etc.
- **Tape y destape de bodegas:** Esta operación consiste en la movilización de las tapas de las bodegas desde y hacia el barco según sea necesario. Es decir cuando se va a trabajar en bodegas, la tapa debe ser removida por la grúa y llevada a tierra ó a bordo, este último caso se da sólo si las condiciones de operación lo permiten. De igual manera cuando la operación es sobre cubierta, se debe tapar la bodega ya trabajada (cargada ó descargada), para lo cual se desplaza la tapa de tierra a bordo ó de bordo a bordo¹.

¹ Tutorial grúas pórtico, sociedad portuaria regional de Cartagena.

- **Movilización de cajas de twislocks:** Los barcos poseen en su interior una caja porta-twislocks que requiere algunas veces ser movilizada por la grúa de tierra, ya sea en sentido bordo – tierra ó en sentido tierra – bordo.
- **Movilizaciones B/B:** Se le llama movilización bordo – bordo a aquellos traslados de contenedores que hace la grúa de un sitio a otro del barco en el que se encuentra trabajando. Estos movimientos tienen lugar cuando el contenedor a movilizar está tapado por otros ó cuando hay inconvenientes con los planes de cargue ó descargue.

1.5 COMPONENTES DE UNA GRÚA PÓRTICO

La Grúa Pórtico es una grúa eléctrica que cuenta con una cabina móvil, un cuarto de máquinas, un cuarto de controles, un spreader de periscopio con capacidad para 40.6 toneladas que abre a 20, 40 y 45 pies, 32 llantas motrices (ubicadas 8 en cada pata).

En la cabina de la grúa pórtico se encuentran una serie de instrumentos de gran importancia para el operador, ya que a través de ellos controla los movimientos del equipo y puede saber con exactitud si éste se encuentra ó no en condiciones óptimas de funcionamiento. Debido a esto se vuelve indispensable que todo operador de grúa pórtico conozca en forma completa cada uno de los paneles de

control e interprete adecuadamente la información suministrada por ellos; de manera que sepa en forma precisa en que momento debe suspender una operación y solicitar el apoyo del técnico encargado.

1.5.1 TABLERO DE CONTROL DE LA CABINA

En la cabina de la grúa Pórtico existe un display de fallas y dos paneles de control localizados junto a la silla giratoria del operador, los cuales se encuentran organizados de la siguiente manera:

PANEL IZQUIERDO

1. Palanca N° 1: Controlador del Trolley
2. Trim/List/Skew posicion "0"
3. Trim
4. List
5. Skew
6. Flip. lado agua izq/derecho
7. Flip. lado tierra izq/derecho
8. Flip. lado agua arriba/abajo
9. Flip. lado tierra arriba/abajo
10. Cable spreader conectado
11. Bomba spreader ON/OFF
12. Libre
13. Spreader tamaño
14. Boom prendido
15. Subir boom
16. Parar boom
17. Boom descendiendo
18. Boom trincado
19. Spreader aseg al Headblock
20. Libre
21. Antisway parada



Figura 13. Panel izquierdo

- 22. Bypass colision grúa
- 23. Bypass colision boom
- 24. Pru. Par emergen. hoist/trolley
- 25. Tamb spreader auto/manual
- 26. Subir cable spreader
- 27. Bajar cable spreader

PANEL DERECHO

- 1. Palanca N° 2: Controlador Hoist – Gantry
- 2. Parada de emergencia
- 3. Twislocks desaseg/asegur
- 4. Control en cabina ON
- 5. Prender / apagar
- 6. Twin twenty baypass
- 7. Contr. en otra estación
- 8. Libre
- 9. Spreader 2*20 pies
- 10. Spreader 40 pies
- 11. Libre
- 12. Carga pesada
- 13. Spreader 20 pies
- 14. Spreader 45 pies
- 15. Bypass testera
- 16. Freno de riel ON/OFF
- 17. Velocidad de viento muy alta
- 18.
- 19. Bypass viento
- 20. Libre
- 21. Trolley posic de parqueo
- 22. Sobrecarga
- 23. Grúa parqueada
- 24. Reflectores portal
- 25. Limpiador y lavador
- 26. Reflectores viga boom
- 27. Reflectores trolley
- 28. Falla
- 29. Libre



Figura 14. Panel Derecho.

- 30. Libre
- 31. Libre
- 32. Prueba de lámparas
- 33. Iluminación de accesos
- 34. Pito
- 35. Rest

TABLERO DE CONTROL DEL DISPLAY DE FALLAS

- 1. Carril línea de camión 1
- 2. Carril línea de camión 2
- 3. Carril línea de camión 3
- 4. Carril línea de camión 4
- 5. Carril línea de camión 5
- 6. Carril línea de camión 6
- 7. Almacenar semiautomático
- 8. Borrar semiautomático
- 9. Libre
- 10. Antisway ON/OFF
- 11. Almacenar nivel de barco
- 12. Carril de barco 1
- 13. Carril de barco 2
- 14. Carril de barco 3
- 15. Carril de barco 4
- 16. Carril de barco 5
- 17. Carril de barco 6
- 18. Carril de barco 7
- 19. Carril de barco 8
- 20. Carril de barco 9
- 21. Carril de barco 10
- 22. Carril de barco 11
- 23. Carril de barco 12
- 24. Carril de barco 13
- 25. Carril de barco 14
- 26. Libre
- 27. Libre
- 28. Libre
- 29. Libre

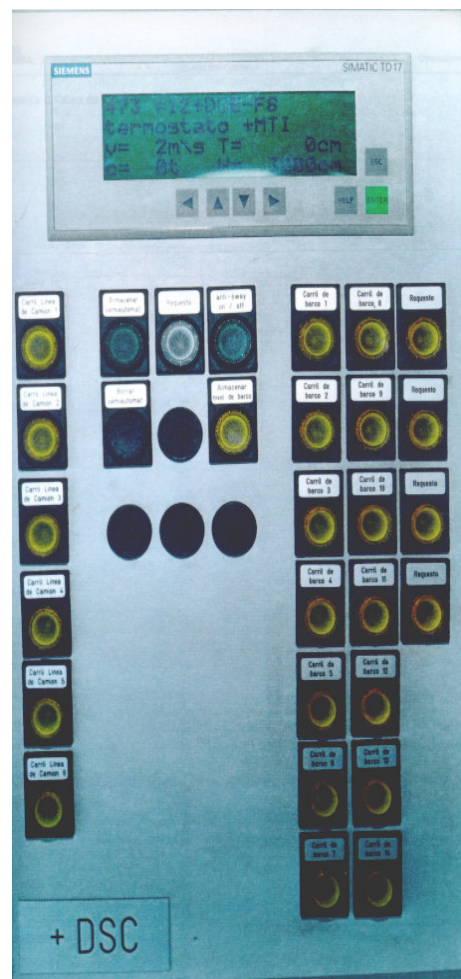


Figura 15. Tablero de control

1.5.2 PANTALLA DE TEXTO

En la cabina del equipo existe una pantalla de texto conectada al sistema de control de la grúa, la cual suministra información sobre alarmas, mensajes de prevención, mensajes operacionales y algunos valores actuales de la grúa.

Dentro de estos valores actuales se puede mencionar:



Figura 16. Pantalla de texto.

- V= Velocidad del viento (m/s)
- S= Peso neto en el mecanismo de izaje (t)
- T= Posición del mecanismo de izaje (+- cm) con relación a la parte superior del riel lado agua
- H= Posición del carro (+- cm) en relación con la posición de acceso del carro (posición de parqueo)

Con las teclas del cursor “ < > ” colocadas en la pantalla del texto, el operador puede seleccionar hacia arriba ó hacia abajo toda la información contenida en los mensajes.

1.5.3 INTERPRETACION DE LOS INSTRUMENTOS DE CONTROL

Para efectos de una mayor comprensión se organizan todos los paneles de control anteriores en 2 grandes grupos: Señales luminosas e Interruptores.

- **Señales luminosas:** Dentro de este grupo se encuentran señales de alarma y señales indicadoras.

Las señales de alarma son: Velocidad del viento muy alta, sobrecarga, falla reset.

1. Velocidad del viento muy alta: Esta señal se enciende cuando la velocidad del viento actual es mayor que el nivel de precaución, ocasionando que el mecanismo de traslación de la grúa se detenga y cierre automáticamente los frenos del riel. En estos casos el operador del equipo debe subir el boom y asegurar la grúa con los pines de anclaje.
2. Sobrecarga: Se activa cuando la carga debajo del spreader excede la capacidad de la grúa (40,6 toneladas). Esto puede ser debido al peso del contenedor, a que se está levantando el camión también, ó a que el contenedor quedó enganchado con otro, etc. Por eso es importante suspender el movimiento inmediatamente.
3. Falla reset: Existe una señal luminosa que se activa con la presencia de una falla pero no especifica cual es, en este caso el operador debe buscar en la

pantalla del Display el tipo de falla que se está presentando y notificar esta situación al técnico encargado.

Las señales indicadoras son: Boom prendido, Spreader 2*20/ 20/ 40/ 45, Trolley posición de parqueo, grúa parqueada, twislocks cerrados - abiertos y spreader sobre contenedor.

1. Boom prendido: Esta señal se enciende en el momento en que se arranca la grúa, y permanece así hasta que se elige la función de subir boom ó boom descendiendo.
2. Spreader 2*20, 20, 40, 45: Cada una de estas señales indica la longitud en la que se encuentra el spreader en un determinado momento. Tienen la particularidad de titilar durante el desarrollo del movimiento y permanecer fijas cuando éste ha finalizado.
3. Trolley posición de parqueo: Indica que el conjunto Trole se encuentra en la "Home Position", es decir donde se permite la entrada ó salida de la cabina del operador.
4. Grúa parqueada: Como su nombre lo indica, a través de esta señal se refleja que la grúa se encuentra en posición de parqueo.
5. Twislocks cerrados/abiertos y spreader sobre contenedor: Estas tres señales indican la condición del spreader en el momento en que se posiciona sobre el contenedor, su funcionamiento es automático.

- **Interruptores:** Este tipo de controles son de accionamiento, es decir al pulsarlos se da origen a funciones del equipo como son encendido de luces, arranques y frenados de la grúa, accionamiento de los flippers, movimientos del spreader (TLS), tamaño del spreader, movimientos del boom, paradas de emergencia, movimientos de la grúa (hoist, trolley, gantry), llaves de carga pesada y de control cabina ON, pito, limpiabrisas, Bypass, etc. Este último se usa para accionar funciones del equipo cuando se presentan problemas de colisión de la grúa ó el boom.

Es importante que el operador conozca la ubicación de las paradas de emergencia existentes en el equipo. Son 16 en total:

- Estación de control del boom
- Cabina del operador
- Estación de control de tierra
- Cuarto eléctrico
- Boggies lado tierra
- Boggies lado agua
- Cuarto de máquinas (boom)
- Cuarto de control (boom)
- Casa de máquinas (trolley)
- Estación de control (hoist)
- Parte externa del boom lado agua

- Viga portal, lado del cable reel
- Componente Pylon
- Estación de control (trolley)
- Mecanismo de control auxiliar A.C. para izaje
- Mecanismo de control auxiliar A.C. para izaje del boom

1.5.4 EQUIPOS OPCIONALES

La grúa Pórtico posee varios equipos opcionales que facilitan el desarrollo de las operaciones y que ayudan a garantizar la eficiencia y seguridad de las mismas. Dentro de estos se pueden mencionar:

- **Sistema de comunicación:** En la cabina del operador existen tres sistemas de comunicación, uno de ellos es un radio VHF que sintoniza varios canales y permite que el operador del equipo se mantenga en constante comunicación con las diferentes estaciones del puerto y con el Portalonero de A/B. Este sistema de radio consta de un micrófono instalado al lado derecho de la silla del operador que se activa con un interruptor de rodilla ubicado del mismo lado.

La grúa cuenta además con un micrófono altoparlante exterior que se utiliza para establecer comunicación con el personal que se encuentra trabajando en los alrededores (conductores de camiones, estibadores,

etc.), dicho micrófono se activa pulsando el interruptor de rodilla ubicado al lado izquierdo del operador.

El otro sistema de comunicación consiste en 8 estaciones telefónicas instaladas en diversos compartimentos de la grúa. Una de ellas se encuentra en la cabina del equipo y debe ser operada únicamente con las manos libres, función que es activada con el botón de operación ubicado a la altura del pie del operador.



Figura 17. Micrófono



Figura 18. Obturador de radio

- **Aparatos anticolidión:** Cada esquina de la grúa está equipada con un sistema de palancas indicador de anticolidión, que previenen el choque contra cualquier estructura, evitando así daños a la grúa u otro aparato. Este sistema detiene la grúa cuando las palancas rozan con algún objeto

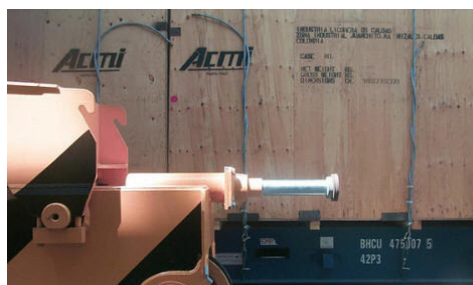


Figura 19. Sistema de anticolidión.

y en caso de choque sólo permite que el movimiento de Gantry se realice en dirección opuesta.

- **Equipos de Advertencia:** La grúa pórtico está equipada con una alarma de sonido y un faro intermitente, que funcionan cuando la grúa está en movimiento. Un pito adicional se encuentra en la cabina del operador.



Figura 20. Sistemas de advertencia.

1.6 OPERACIÓN DE LA GRUA PORTICO

1.6.1 INICIO DE OPERACIONES EN LA CABINA

Después que se lleven a cabo correctamente el procedimiento de revisión del equipo y se compruebe que éste se encuentra en condiciones adecuadas para su funcionamiento, se procede al encendido del mismo para lo cual debe realizar los siguientes pasos:

1. Verificar la información suministrada por el display de fallas, de manera que pueda conocer el estado en el que se encuentra el equipo.
2. Colocar la llave de start en la posición "I" (inicio)
3. Presionar el interruptor "ARRANCAR GRUA"

1.6.2 OPERACIÓN DEL SPREADER

En los paneles de control de la cabina se encuentran los controles de mando que permiten la operación del spreader. Estos son:

1. **Twislocks abiertos:** Se representa mediante una luz de señalización roja, visible tanto en la cabina del operador como en la parte superior del spreader; la cual se mantiene encendida mientras no se cargue contenedor alguno.

2. **Spreader sobre contenedor:** Es representado por una luz de señalización amarilla que se activa de manera automática cuando el spreader se encuentra posicionado en forma correcta sobre el contenedor.
3. **Twislocks cerrados:** Se representa con una luz de señalización verde, la cual se enciende inmediatamente después de que los twislocks son asegurados automáticamente sobre el contenedor; indicando que se puede izar el contenedor hasta llevarlo a una altura segura de trabajo.



Figura 21. Sistema de señalización de twistlocks.

4. **Trim:** Cuando se acciona este control se genera una inclinación hacia arriba ó hacia debajo de uno de los extremos del spreader (derecho / izquierdo), se usa para facilitar el cargue ó descargue de contenedores cuando los barcos están apopados.
5. **List:** Este interruptor permite una inclinación del spreader hacia lado mar (sentido del barco) ó hacia lado tierra (en el sentido de la cabina del operador), útil para facilitar la operación cuando las motonaves están escoradas.

6. **Skew:** Opción utilizada para facilitar la ubicación del spreader sobre el contenedor. Su accionamiento gira hacia delante ó hacia atrás cualquiera de los lados del spreader, aproximadamente en 5°.
7. **TLS Posición “0”:** Este interruptor debe ser accionado cuando se desee centrar el spreader horizontalmente.
8. **Longitud del spreader 20’:** Permite fijar el spreader a una posición de 20 pies. Es imposible alargar ó acortar el spreader si éste se encuentra sobre el contenedor ó si los twislocks están cerrados.
9. **Longitud del spreader 40’:** Permite fijar el spreader a una posición de 40 pies. Es imposible alargar ó acortar el spreader si éste se encuentra sobre el contenedor ó si los twislocks están cerrados.
10. **Longitud del spreader 45’:** Permite fijar el spreader a una posición de 45 pies. Es imposible alargar ó acortar el spreader si éste se encuentra sobre el contenedor ó si los twislocks están cerrados.
11. **Flippers lado agua izquierdo/derecho:** Este interruptor permite accionar sólo los dos flippers (izquierdo y derecho) que se encuentra del lado agua. Es usado en el caso en que las limitaciones de espacio y/o la posición en la que se encuentra el contenedor en el barco, no permitan activar los 4 flippers.
12. **Flippers lado tierra izquierdo/derecho:** Este interruptor permite accionar sólo los dos flippers (izquierdo y derecho) que se encuentra del lado tierra. Es usado en el caso en que las limitaciones de espacio y/o la posición en la

que se encuentra el contenedor en el barco, no permitan activar los 4 flippers.

1.6.3 MOVIMIENTO DEL BOOM

Básicamente el boom realiza dos tipos de movimiento: Subida y bajada.

- **Bajada:** Antes de efectuar el movimiento de descenso del boom, el operador debe verificar que a su nivel no haya ningún tipo de obstáculos (objetos, grúas del buque, radar, antenas, etc.), esto se hace con el fin de reducir los niveles de accidentalidad.



Figura 22. Movimiento descenso del Boom.

- En caso de que se observe la presencia de obstáculos se debe desplazar el gantry hasta una posición segura, una vez logrado se presiona el interruptor “Boom prendido” y luego “Boom descendiendo”. Por medidas de seguridad la grúa indica mediante una señal luminosa en este último botón que el movimiento está activo y confirma la

terminación del mismo cuando se apaga la luz. Con esto se le avisa al operador que la grúa ya puede trabajar.

- **Subida:** Antes de accionar el movimiento de subida del boom, el operador debe verificar que el Trolley se encuentre en posición de parqueo; luego procede a activar el interruptor “Boom prendido” y luego “Subir Boom”. Al igual que en el caso anterior, es importante estar atento a la finalización de la luz del botón “subir boom” y a la confirmación de que el movimiento a finalizado.

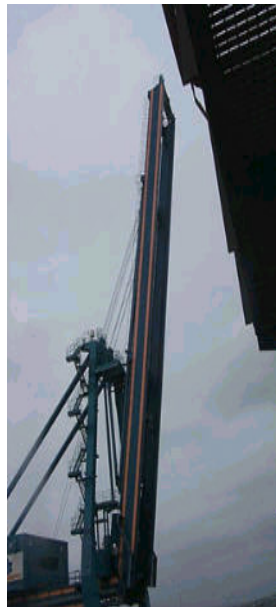


Figura 23. Movimiento ascenso del Boom.

1.6.4 MOVIMIENTO DE CARGUE Y DESCARGUE

Durante las operaciones con la grúa pórtico se llevan a cabo dos tipos de ciclos: Operación de cargue y operación de descargue.

1. Operación de cargue: una operación de cargue se inicia cuando se toma una carga del lado tierra, se lleva al buque dejándola correctamente ubicada y regresa para finalizar cuando toma otra carga del lado tierra.

La siguiente es una gráfica del movimiento de cargue, la curva se consigue combinando los movimientos de hoist y trolley.

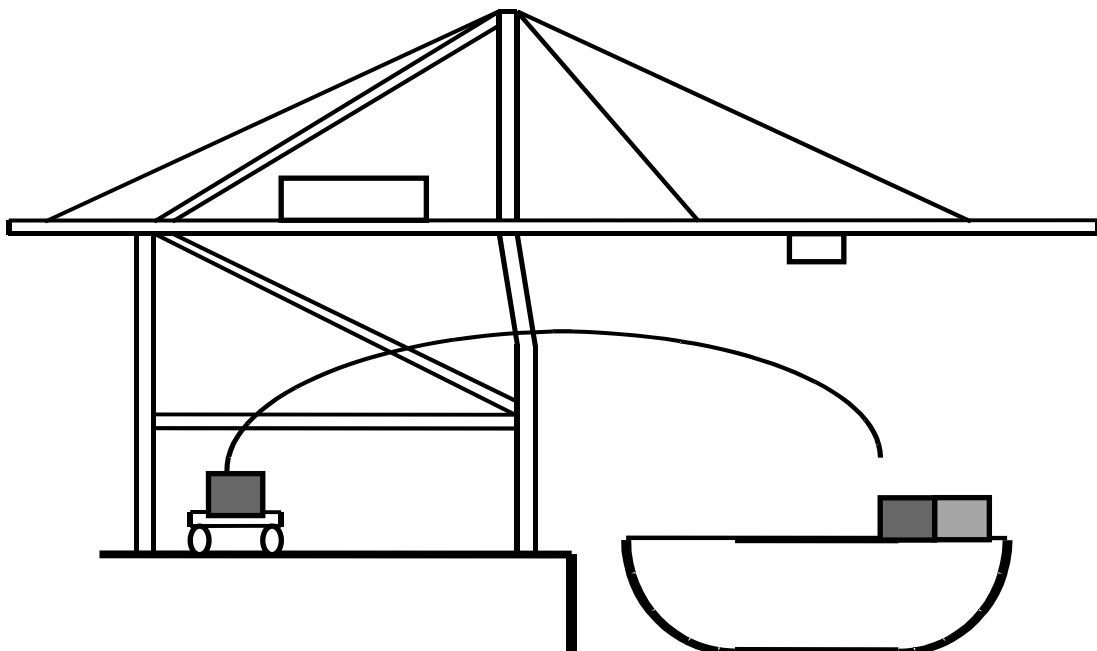


Figura 24. Operación de cargue.

2. Operación de descargue: Una operación de descargue se inicia cuando se toma una carga del buque, se lleva al lado tierra dejándola bien ubicada y finaliza cuando regresa al buque y toma otra carga.

La siguiente es una gráfica del movimiento de descargue, la curva se consigue combinando los movimientos de hoist y trolley.

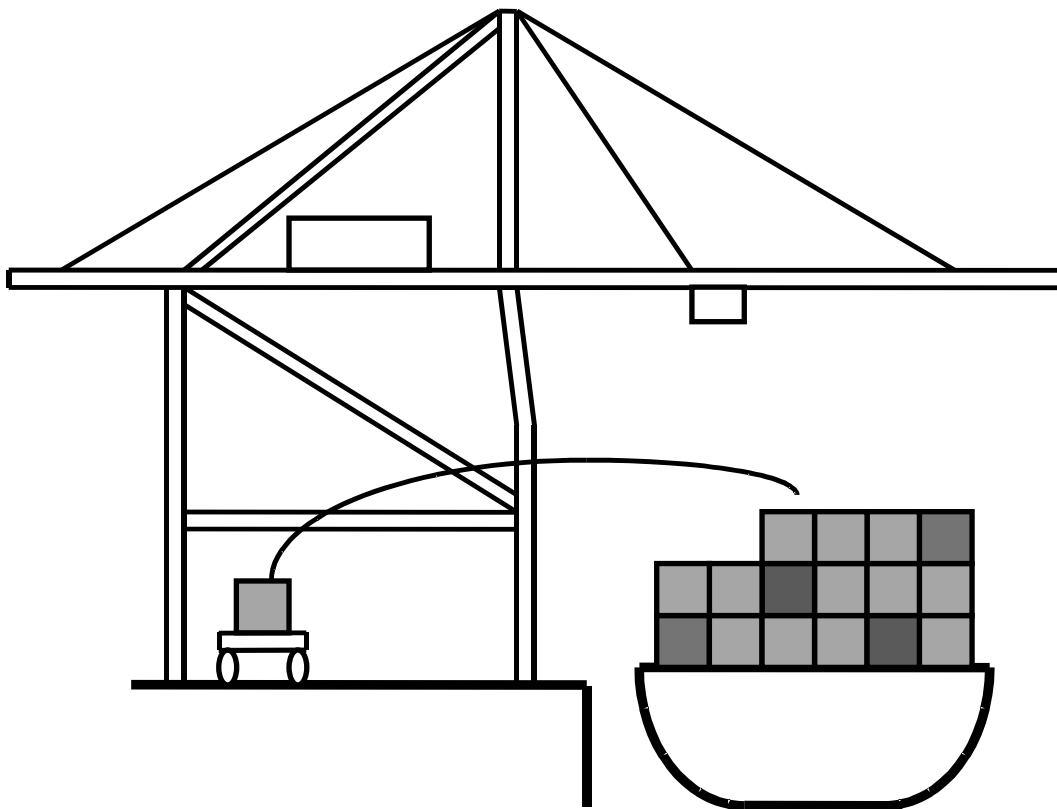


Figura 25. Operación de descargue.

Tanto en el ciclo de cargue como en el descargue es indispensable que el operador de la grúa pórtico tenga en cuenta una serie de condiciones:

1. La grúa debe ser posicionada justo frente al bay donde se va a movilizar el contenedor. Para esto se debe verificar que no existan ningún tipo de obstáculos.

2. Se debe tener completo conocimiento de los planes de cargue y descargue, es decir cuantos contenedores se van a movilizar, en que bay y en que celdas se debe trabajar. Esta información debe ser suministrada por el Portalonero de abordó.

3. En lo posible el cargue debe realizarse de afuera hacia adentro, esto con el fin de tener completa visión de la posición del contenedor. De igual manera el descargue se debe realizar de adentro hacia afuera, tanto por eficiencia como por seguridad; ya que al tener completa visión del contenedor es posible percatarse de cualquier novedad (como por ejemplo que el contenedor este asegurado en una de sus esquinas).

4. La aproximación del spreader al contenedor debe ser suave, combinando los movimientos de hoist y trolley a baja velocidad y ayudándose de los cuatro flippers.

5. Para la operación de cargue de un contenedor, se debe llevar a máxima velocidad el hoist y con una aceleración constante de trolley elevar el contenedor a una altura segura. Luego se lleva el contenedor a máxima velocidad de trolley al buque, teniendo en cuenta disminuir la velocidad al acercarse a la posición del contenedor hasta conseguir una mínima altura, esto con el fin de ubicar adecuadamente el contenedor sobre los cuatro puntos de la posición destino.

6. En el caso de una operación de descargue, al levantar el contenedor se debe verificar que se encuentre bien desasegurado en sus cuatro esquinas. Por lo tanto el movimiento inicial de levante debe ser muy lento. Posteriormente se levanta a una altura segura y a máxima velocidad de trolley se lleva el carro al lado tierra, en estos momentos se debe iniciar el descenso del contenedor combinando movimientos de trolley y hoist. La velocidad depende de la altura del buque y la distancia del carril donde se esté descargando. El acercamiento del spreader con el contenedor al camión debe ser suave.

2 SISTEMAS DE CONTROL DE LAS GRUAS PORTICO

2.1 PLC OPERACIONAL

La unidad de control de las grúas pòrtico esta diseñada en base a PLC`s SIMATIC S7-400, ya que este autómata en particular proporciona la potencia y eficiencia que estos sistemas necesitan. Este autómata por ser tan robusto una de las ventajas que presenta es que puede soportar perfectamente los ambientes industriales más desfavorables. No sólo gracias a los módulos (tarjetas) encapsuladas sino también al funcionamiento sin ventilador y a un comportamiento extremadamente fiable en arranque y desconexión.



Figura 26. PLC siemens STEP7

Las funciones complejas que puede realizar este PLC se hace en base a juegos de instrucciones y además todo el sistema al cual se ha implementado este autómata, en cuanto a las operaciones y control de las grúas pòrtico es

completamente coherente en términos de parametrización, programación, gestión de datos y comunicación para estas superestructuras. Y de hecho no solo a nivel de PLC sino también para manejo y visualización, redes locales e incluso para eventuales microcomputadores industriales integrados. El entorno en cuanto al software que lo hace posible y que maneja actualmente estos autómatas se llama STEP 7; este es un software sencillo de manejar y que puede encontrarse actualmente en el mercado de aplicaciones para la automatización, naturalmente basado en Windows. Además el PLC S7 400, cuenta con un puerto MPI (interfase multipunto) que permite conectar el autómata simultáneamente a unidades de programación, a PC, así como a equipos de manejo y visualización (p. ej. Paneles de operador), en intercambiar pequeñas cantidades de datos con otros autómatas S7, todo ellos sin influir en el tiempo de ciclo. Además del MPI, algunas CPU llevan una interfase profibus DP incorporado. Ello permite integrar el S7 -400 como maestro en una red profibus sin necesidad de hardware adicional.

En resumen se puede decir que el PLC S7-400 consta de:

- Procesador potente, capaz de ejecutar instrucciones en 0,2 μ s.
- Ampliación flexible de e/s y manejo de un reloj en tiempo real.
- Interfaz MPI, permite una red simple de hasta 32 nodos y ancho de banda de 12Mb/s.
- Tarjeta de memoria para ampliar la memoria integrada.
- Interfaz profibus DP, en todos los modelos (salvo CPU 412 - 1)
- Programación mediante software de PC step 7.

2.1.1 MÓDULOS PARA S7 400 DE E/S DIGITALES

Los módulos de entrada analógica convierten señales analógicas procedentes del exterior a señales digitales para el procesamiento interno dentro de la CPU. De esta forma se tiene la posibilidad de conectar sensores, o adaptadores de señal, al autómeta y trabajar directamente con los valores que estos dan.

Los módulos de salida analógica convierten las señales digitales del autómeta en señales analógicas para su uso externo.



Figura 27. Módulos adicionales del sistema de control

En ambos casos disponemos de una resolución en bits y un tiempo de conversión, que determina la posibilidad de tratar una señal de una forma más o menos precisa. Generalmente disponemos de 12 bits de resolución (según

modelo y configuración tendremos más o menos), además de unos tiempo de conversión entre 250 ms y <0,5 ms.

2.2 PLC REDUNDANTE



Figura 28. PLC redundante

Se encarga de procesar señales adicionales para así poder generar una seguridad total en todo el sistema cerrado de control.

Para lograr lo anterior se implementan señales de sensores adicionales, que son cableados independientemente de las otras señales de control al respectivo PLC redundante².

² CCS Automation, Training Documentation.



Figura 29. Cableado interno de las señales de control y potencia.

Este controlador lógico programable se encarga también de controlar contactores adicionales para los frenos de emergencia, colocándolos en serie con los que están siendo manipulados por el PLC operacional, como se puede apreciar en la siguiente figura.

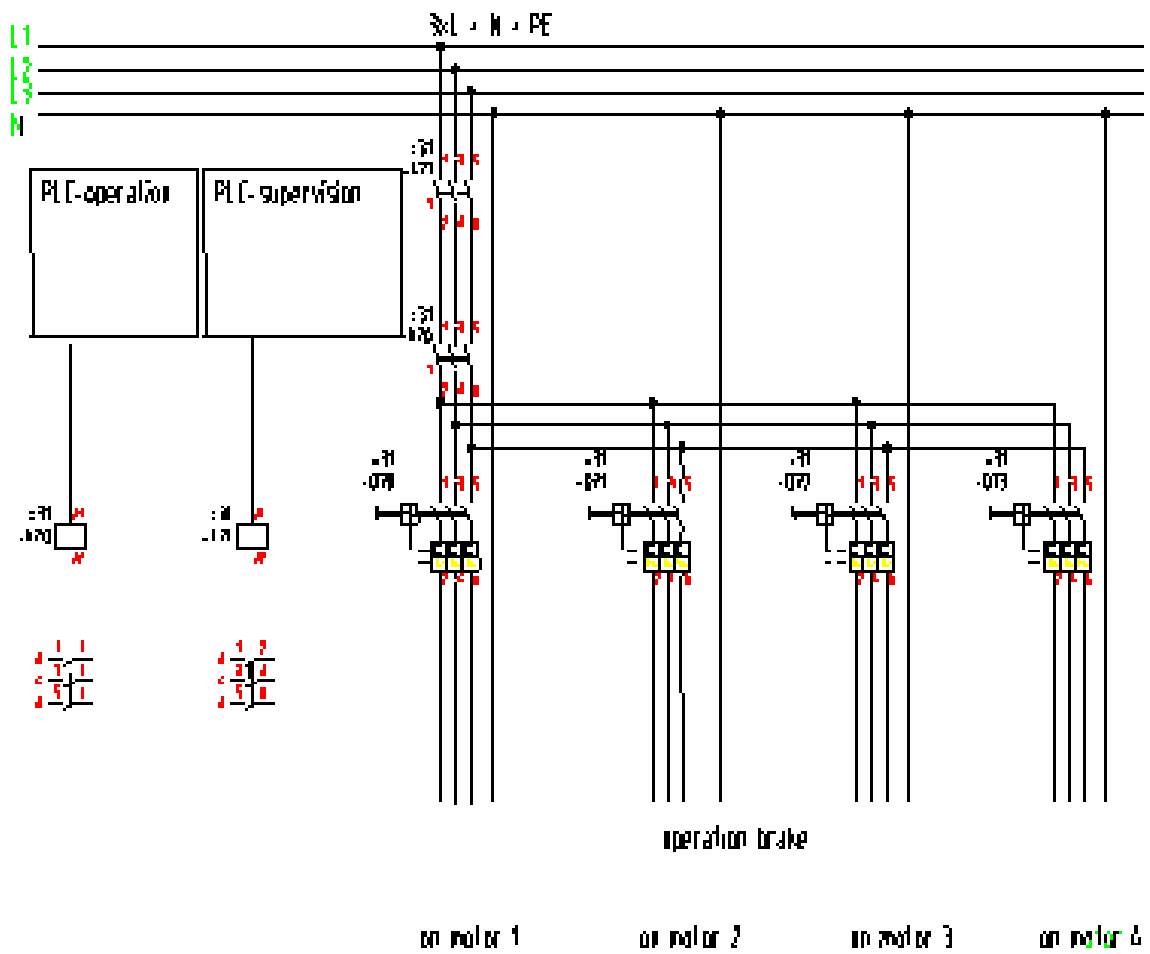


Figura 30. Sistema trolley para frenos de emergencia.

Ambos PLCs pueden analizar, intercambiar resultados de la evaluación y otras señales por el mismo sistema de comunicación:

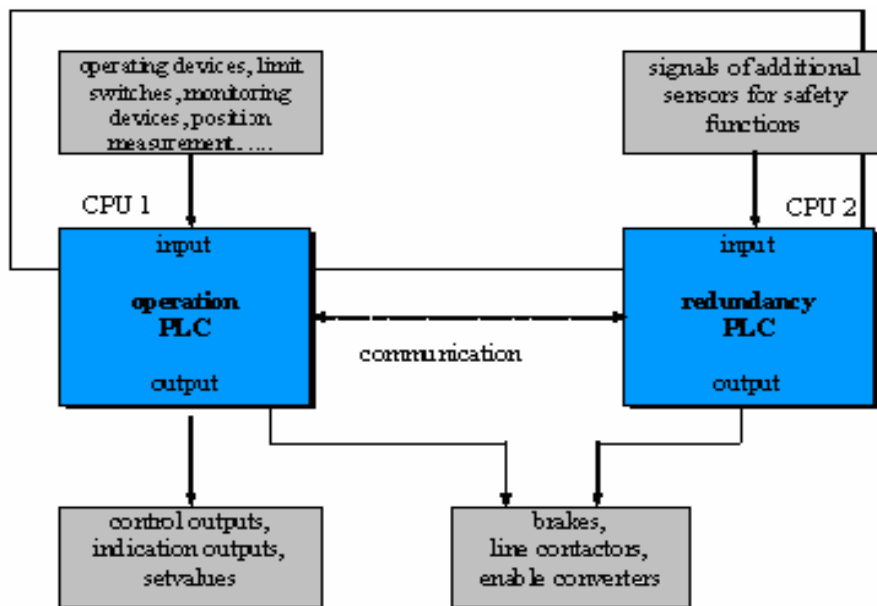


Figura 31. Sistema de comunicación

2.3 WATCHDOG MODELO DE SUPERVISION DEL SISTEMA.

- El PLC operacional genera una señal con una frecuencia constante a una entrada del PLC redundante.
- El PLC redundante chequea la frecuencia, si esta no satisface con la frecuencia generada por el PLC operacional, los circuitos de parada de emergencia serán activados.

La misma función ocurre en la otra dirección:

- El PLC redundante genera una señal con una frecuencia constante a una entrada del PLC operacional.

- El PLC operacional chequea la frecuencia, si esta es diferente; los circuitos de parada de emergencia son activados.

2.4 DATOS TECNICOS

	PLC
MARCA	SIEMENS
TIPO	SIMATIC S7 400
CPU	1 X CPU 416 1 X CPU 412
LENGUAJE DE PROGRAMACION	STEP 7

Tabla 1. Datos técnicos.

2.5 INTERFACES

La operación del PLC utiliza las siguientes interfaces:

2.5.1 PROFIBUS DP

Es un sistema de bus de campo normalizado independiente del fabricante con posibilidades de enlace a la mayor parte de los mandos programables (PLC) de los principales fabricantes.

Se emplea por la alta exigencia de comunicación que se requiere con los inversores, convertidores, rectificadores y la transmisión de valores efectivos analógicos.

2.5.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA COMUNICACIÓN CON PROFIBUS-DP.

La transferencia de datos a través de Profibus-DP ofrece una interfase estandarizada para la transmisión de datos de entrada y salida del proceso entre controladores programables y dispositivos de campo (esclavos DP). El comportamiento de transferencia a través de Profibus-DP está caracterizado por el intercambio de datos entre el maestro DP y los esclavos DP. Para este sistema de grúas pórtico, El PLC trabaja como PROFIBUS DP maestro; todos los convertidores son esclavos y sus velocidades son estrictamente controladas.º

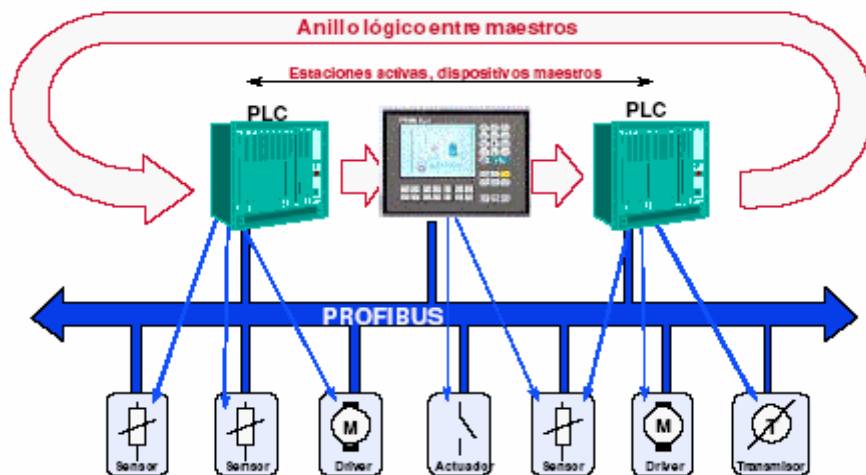


Figura 32. Red Profibus

Profibus en este sistema se encuentra basado en un bus de campo serie en el que los controladores digitales descentralizados están conectados entre sí desde el nivel de campo al nivel de control.

Profibus-DP emplea las capas o niveles 1 y 2 del modelo ISO/OSI, además de la interfase de usuario. Los niveles del 3 al 7, ambos inclusive, no están

definidos. La optimización de esta arquitectura asegura una transmisión de datos rápida y eficiente. El Direct Data Link Mapper (DDLMM) permite a la interfase de usuario un acceso sencillo al nivel 2.

2.5.2 PROFIBUS, RS 485

- Transmisión asíncrona NRZ según RS 485
- Velocidad desde 9.6 kBit/s hasta 12 MBit/s seleccionable en escalones
- Cable de par trenzado y apantallado (9,6 Km) o FO (aprox. 150 Km)
- 32 estaciones por segmento, máx. 127 estaciones permitidas
- Distancia: 12 MBit/s = 100 m; 1.5 MBit/s = 400m; < 187.5 kBit/s = 1000 m
- Distancia ampliable mediante repetidores hasta 10 km (caso de cable)
- Conectores sub-D de 9 pines.

La longitud máxima de la red es variable, dependiendo del medio físico utilizado (9 Km. con medio eléctrico; hasta 90 Km. si se utiliza fibra óptica de vidrio.); en las nuevas grúas pórticos se implementa, en el mayor de los casos fibra óptica por las numerosas ventajas que ofrece este medio de transmisión.

Profibus-DP es una variable optimizada para una conexión económica y a alta velocidad, diseñada especialmente para la comunicación entre sistemas de control automatizado y entradas/salidas distribuida en el nivel de dispositivos. Se emplea como alternativa a la transmisión de señal de 24V o de 0 a 20mA.

En los equipos SIMATIC S7-400 se encuentra una CPU con puerto DP integrado con la posibilidad de colocarse otras CP Profibus (p. ej., CP 443-5) para conectarse a una red Profibus-DP, con el fin de que el programa de usuario contenido en el SIMATIC S7 controla y supervisa con bloques

especiales del tipo FC, funcionales, la comunicación a través de la red. Los bloques FC:

- Se encargan de transferir los datos de salida del proceso desde un área de datos a definir de la CPU S7 al dispositivo de campo.
- Introducen los datos de entrada del proceso leídos del dispositivo de campo en el área de datos de la CPU S7 a definir.
- Se encargan de la tramitación de las peticiones de verificación y diagnóstico.

El CP Profibus para equipos S7-400 puede operar en los modos Maestro DP o Esclavo DP inteligente.

Un sistema DP conforme a la norma Profibus-DP puede constar de las siguientes estaciones:

- Maestro DP (clase 1).

Un equipo de esta clase se encarga de la tramitación de la tarea de control propiamente dicha. Para tal fin emite y recibe datos de entrada y salida del proceso (p. ej., SIMATIC S7 con CP Profibus)

- Esclavo DP

Se trata de un equipo de un nivel de campo a través del cual se leen señales de proceso o se emiten señales al mismo. Los equipos pueden tener estructura modular (p- ej., Siemens 200 M) o compacta (p. ej., ET 200 B).

- Maestro DP (Clase 2)

Se trata de una unidad de programación, diagnóstico o gestión encargada de ejecutar funciones de diagnóstico y servicio técnico.

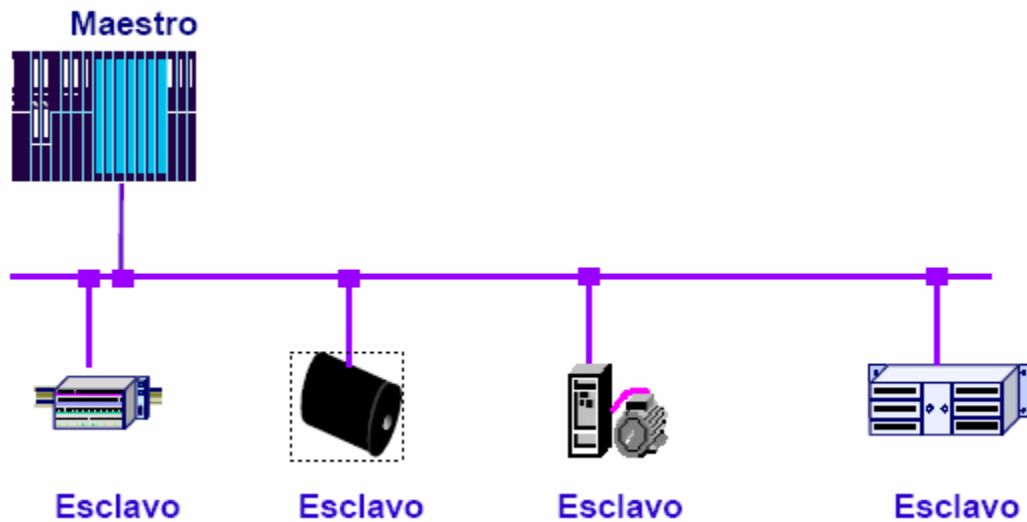


Figura 33 Sistema Profibus-DP con sus respectivos esclavos.

Un sistema típico PROFIBUS-DP consiste en:

- Un PLC o PC como sistema de control
- Varios dispositivos E/S como:
 - E/S digitales o analógicas
 - Accionamientos AC o DC
 - Válvulas magnéticas o neumáticas

2.5.3 SIMATIC IM 467 PROFIBUS DP

Modulo interfaz para periféricos con entradas y salidas análogo/ digital.

2.5.4 SIMATIC CP 433

Interfaz ethernet para estar en contacto con el sistema scada "SICMA".

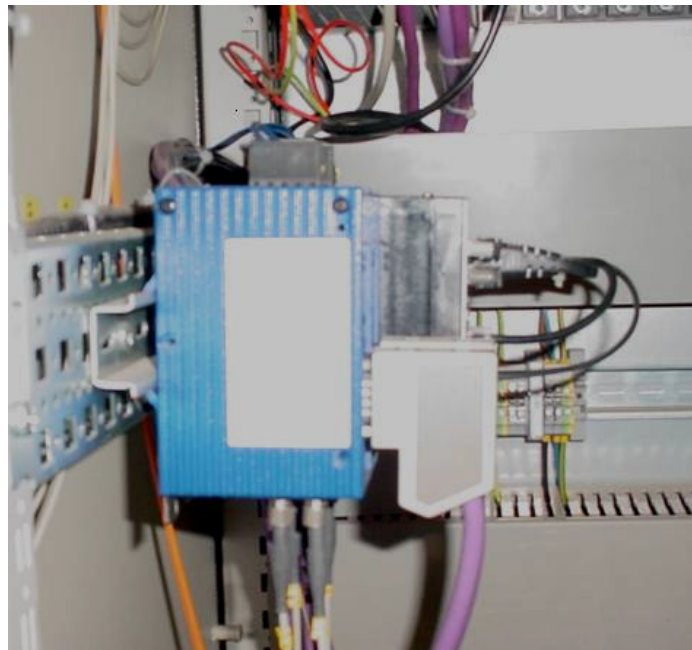


Figura 34. Interfaz Simatic CP 433

2.6 DIAGRAMA ESTRUCTURADO DE PROGRAMACIÓN.

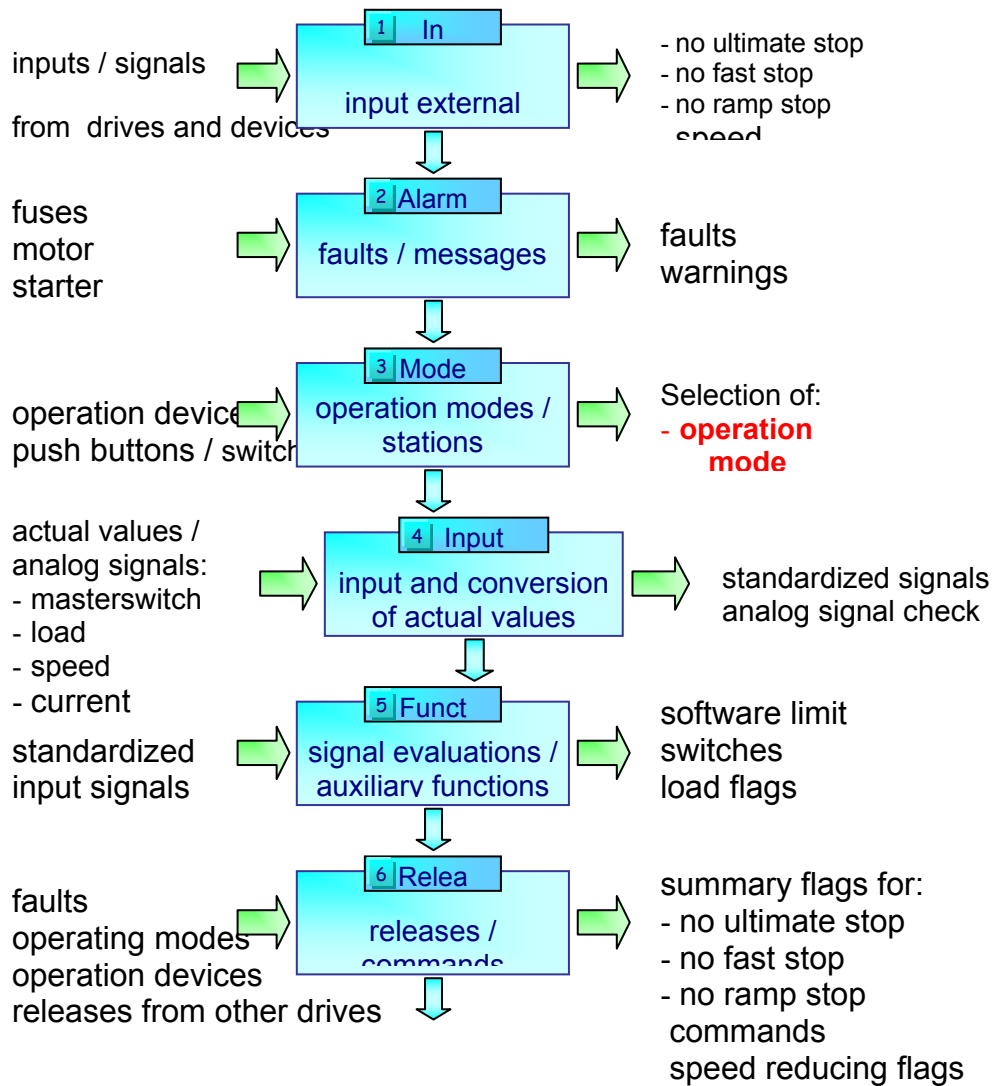


Figura 35. Diagrama Estructurado de programación

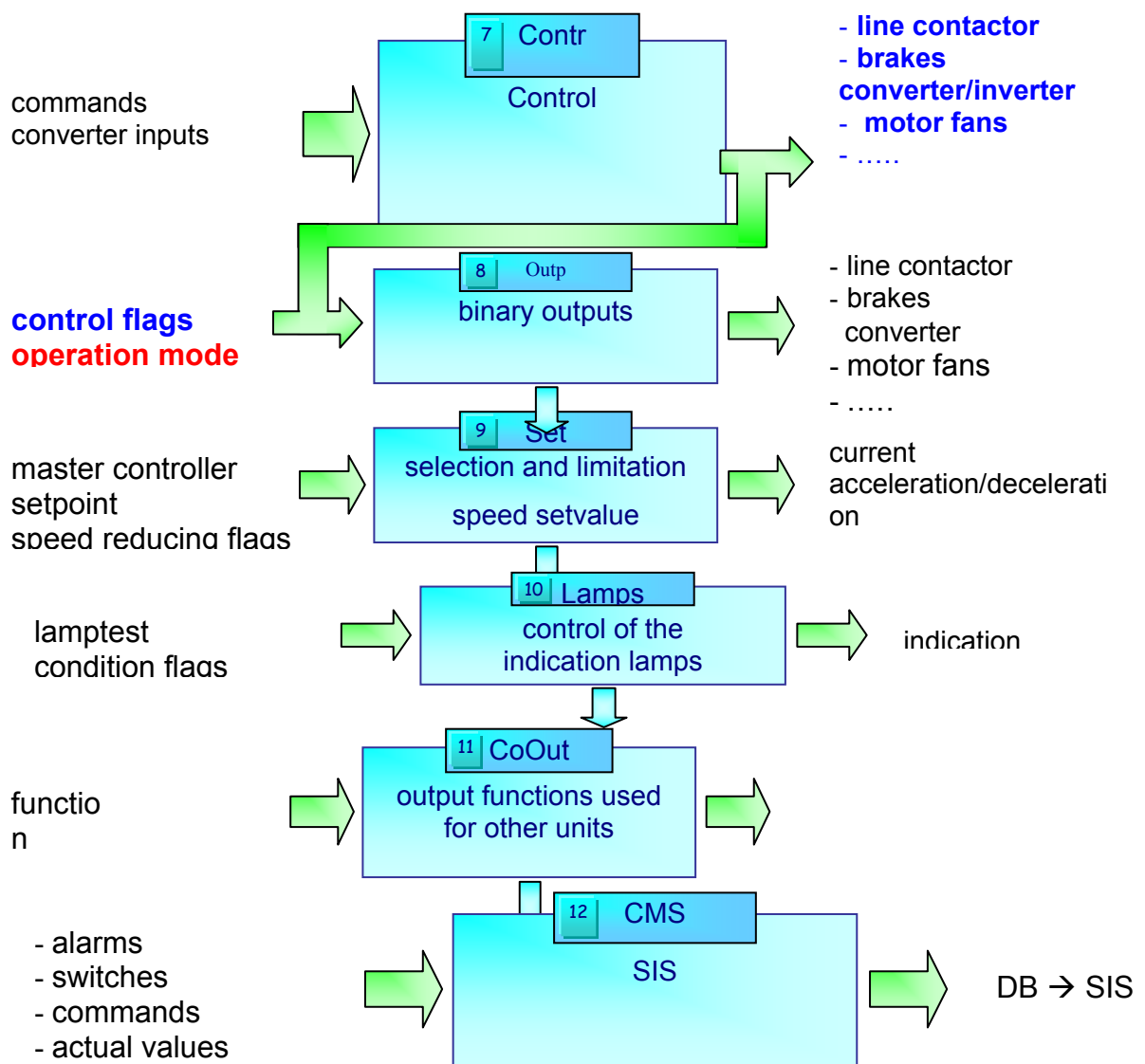


Figura 35. Diagrama Estructurado de programación (continuación)

2.7 SECUENCIA DE CONTROL

En la siguiente tabla veremos el ciclo de trabajo correspondiente de los PLC operacionales y redundantes que hacen parte del sistema de control de la grúa pórtico. Se realizan los siguientes pasos:

Se realiza una imagen completa de los valores de las señales de entrada, empezando por las funciones generales que se encuentran, en los bloques funcionales en la programación del PLC, bajo siemens STEP7.



Figura 36. Secuencia de control.

Cada secuencia de control anteriormente mostrada, se encuentra en la programación del PLC como bloques funcionales de una programación estructurada que implica la división del programa en diversos bloques, cada

uno de estos bloques constituye al mismo tiempo un subprograma, por lo tanto en la programación implementada para este tipo de superestructuras p3rtico se realiza una programación estructurada por la simplificación, claridad de programas largos, posibilidad de estandarizar partes del programa, la facilidad en la modificación del programa y la simplificación del test³.

2.7.1 TIPOS DE BLOQUES

TIPO DE BLOQUES	CARACTERISTICAS
Bloques de organización (OB).	Interfase de usuario del programa.
Bloques de función (FB).	Parametrizable, reutilizable área de memorias.
Funciones (FC).	Parametrizable reutilizable
Bloques de datos (DB).	Almacenamientos de datos temporales Almacenamientos de datos globales

Tabla 2. Características de los tipos de bloques.

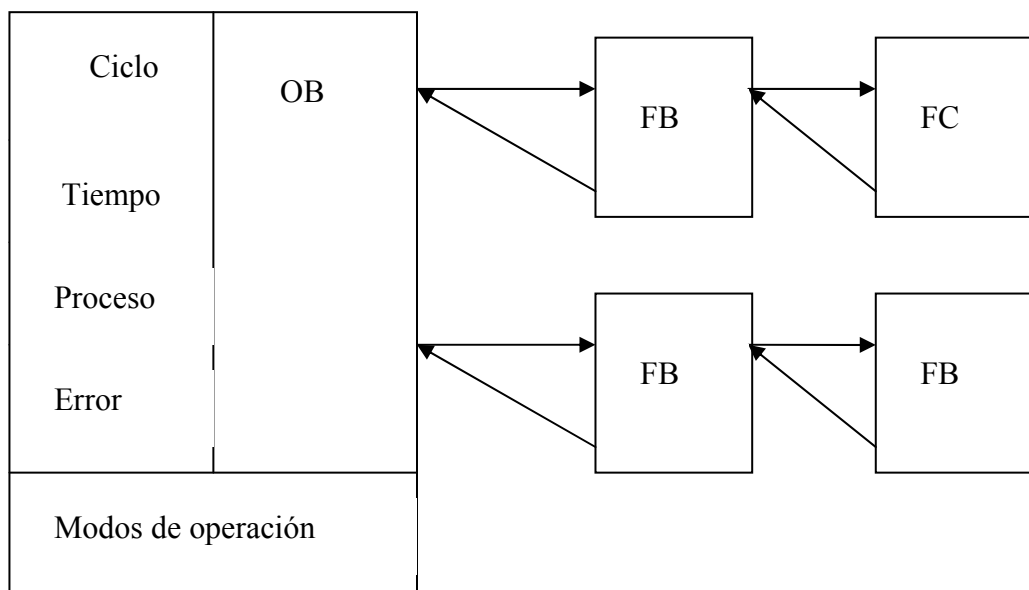
Los bloques de organización OBs constituyen los bloques ejecutables del sistema, por lo que el programa se encuentra almacenado en distintos bloques, en cuyo caso el bloque OB1 es utilizado para realizar la llamada del resto de los bloques funcionales que se encuentran en la figura 43, en el momento en que se cumpla una determinada condición del sistema de programación.

³ Sistemas eléctricos y automatización de grúas p3rtico NOELL G5 y G6.

Los bloques de función FB es un tipo de bloque que contiene una parte del programa y que controla una determinada área de la memoria, además ofrece la posibilidad de utilizar parámetros, por lo que se aplica en tareas repetitivas como lo es en el control permanente de la velocidad actual con la velocidad ajustada, de mecanismos de la grúa pórtico entre otros mas.

Una función FC corresponde a un bloque de datos estáticos, por lo que es el encargado de transferir datos al programa usuario.

Los bloques de datos DB constituyen áreas de datos en el programa de usuario, por lo que solo poseen datos.



OB = *bloque de organización.*

FB = *bloque de función.*

FC = *función.*

DB = *bloques de datos*

Figura 37. Tipos de bloques.

2.8 SISTEMA DE CONTROL DEL TROLLEY

Se denomina Trolley al desplazamiento longitudinal (adelante – atrás) del conjunto cabina-spreader-contenedor. Este movimiento se hace sobre los rieles ubicados encima de la viga diagonal principal del equipo.



Figura 38. Rieles de desplazamiento.

Este movimiento, se encuentra al mando de 4 motores AC trifásicos, dichos motores generan una fuerza mecánica para desplazar a lo largo de un riel, la cabina de operación de la grúa pórtico.

Teóricamente:

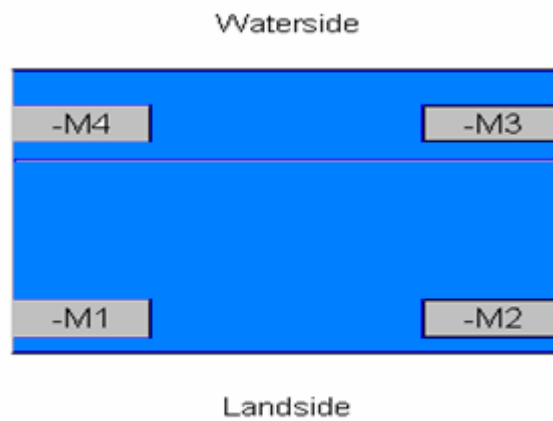


Figura 39. Figura de trolley teóricamente

Físicamente:



Figura 40. Figura de trolley motor M1 y M2

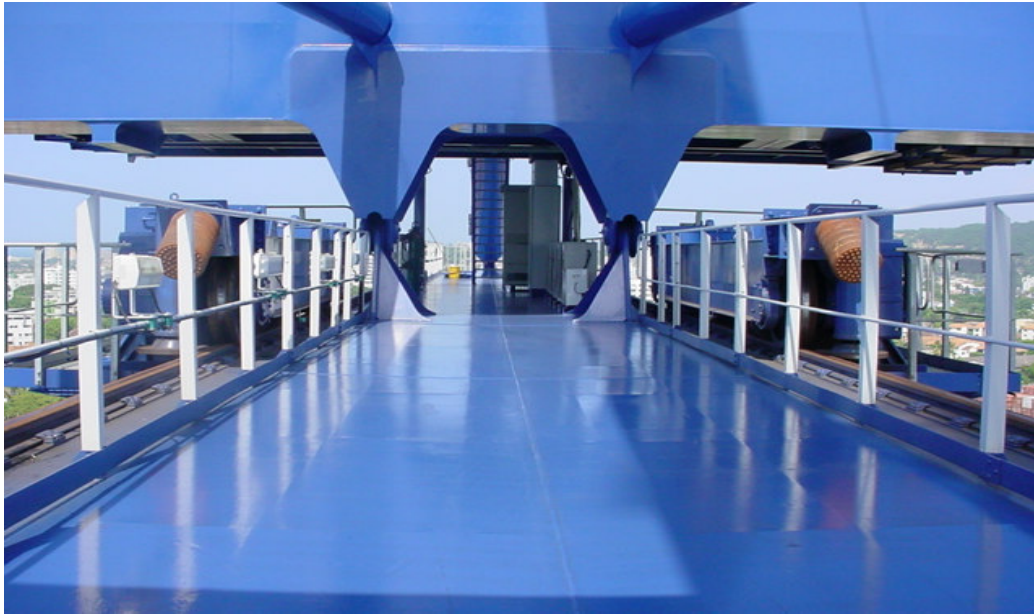


Figura 41. Vista frontal del trolley.

Estos cuatro motores están equipados con frenos de alta seguridad, y se encuentran operados bajo un electro hidráulico thrustor.; monitoreados por medio de interruptores de fin de carrera.

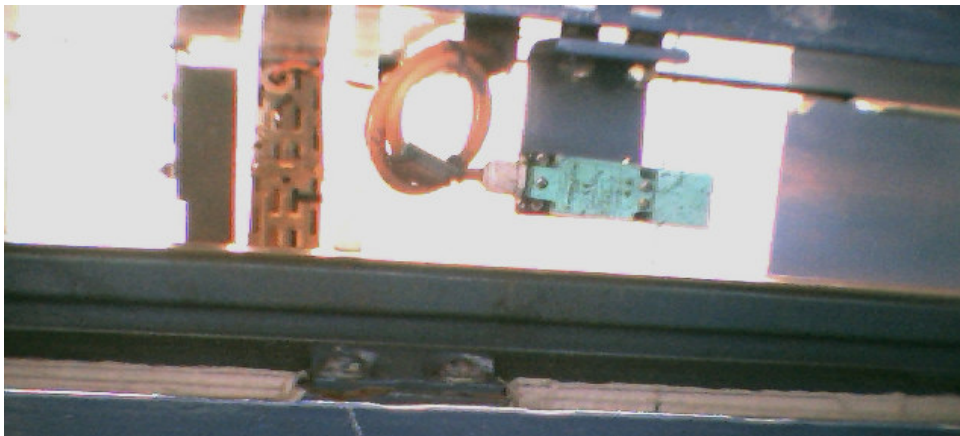


Figura 42. Interruptores de final de carreras

Los motores m1 y m3 están provisto con un tacómetro digital el cual es el encargado de transmitir los impulsos generados, para luego tomar esta señales y establecer analogías entre la velocidad y la posición del trolley para luego así, el PLC tomar una decisión de control para incrementar o decrementar en rampa, la velocidad de la cabina o permitir el movimiento generado hasta cierta posición guiándose también de los sensores de posición que utiliza a lo largo del riel de acción. Además estos motores están equipados con sensores de temperatura y sistemas de refrigeración para prevenir el sobrecalentamiento.

2.8.1 CONTROL PRINCIPAL:

Los cuatro motores están controlados vía dos convertidores. El convertidor 1 controla los motores M1 y M2, mientras que el convertidor 2 controla el motor M3 y M4. Como se observa en la siguiente figura:

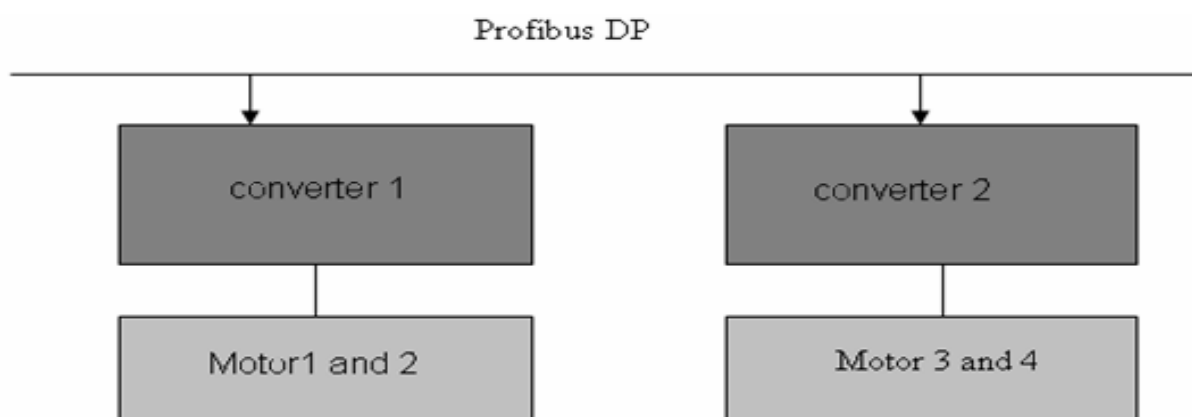


Figura 43. Control de motores

El completo control de los convertidores es efectuado bajo la operación del PLC vía PROFIBUS DP. Se controlan las señales, estados de señales, setpoint de velocidades, valores actuales y mensajes de fallas de todo el sistema de control son intercambiados por medio de este bus.



Figura 44. Variadores de velocidad

Los variadores de velocidad cuentan con un control PID, con este sistema de control se hace variar la frecuencia de salida del convertidor hasta hacer coincidir el valor de la realimentación, procedente del sensor, con el valor preseleccionado para dicha operación por el operador técnico. El sensor para el controlador PID en los convertidores de frecuencia es un encoder acoplado a los ejes de los motores a controlar.

El PLC trabaja como PROFIBUS DP maestro; todos los convertidores son esclavos y sus velocidades son estrictamente controladas.

2.8.2 FRENOS DE CONTROL:

La operación normal del frenado de los cuatro motores es generada por un contactor, controlado bajo la operación del PLC operacional.

Si el PLC redundante reconoce una falla, los frenos son activados por un contactor adicional, controlado por el PLC redundante.

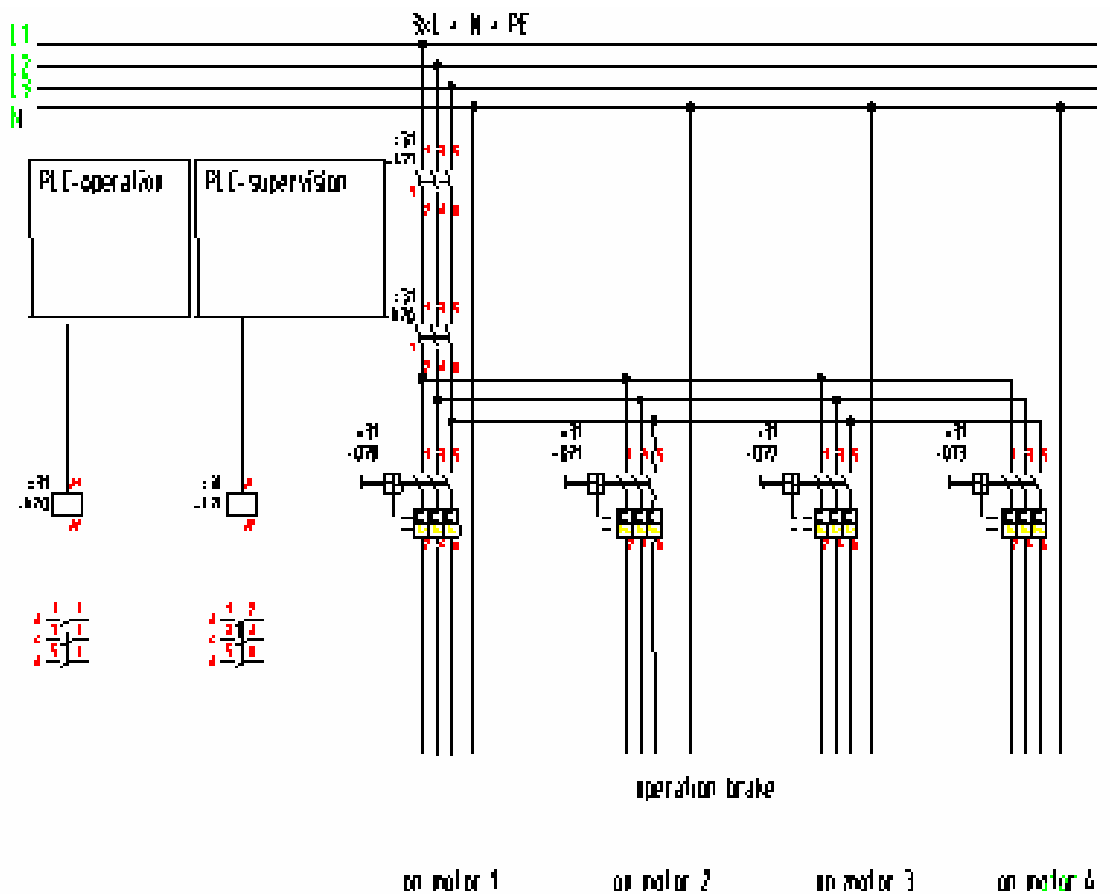


Figura 45. Sistema de control de frenado

Como se puede observar vemos que el contactor K70 y K71 corresponden al PLC operacional y al PLC redundante respectivamente, colocándolos en serie, para tal forma de que si uno de los controladores programables no encuentra una falla, el otro probablemente sí y el sistema de frenos de emergencia será activado inmediatamente.

2.8.3 CABLE FESTOON

La fuente de potencia suministrada al trolley es provista por un cable tipo festoon y cargadores de cables. Estos cables son accionados por medio de dos motores el cual estos, también poseen sistemas de protección como sensores de temperatura y controlados por medio de un convertidor.



Figura 46. Cables de potencia del sistema de trolley.

2.8.4 POSICIONAMIENTO.

La posición del trolley es detectada por los siguientes sistemas y es transmitido al PLC:

- Sistema de encoder absoluto tipo (multi_ turn) con seriales SSI interfase para la posición de salida y una salida adicional para la detección de velocidad. Esta señal es utilizada no solo para la indicación exclusiva del trolley, sino también para la indicación de reducción de los limites de velocidad y limites finales y para el monitoreo de funciones automáticas.

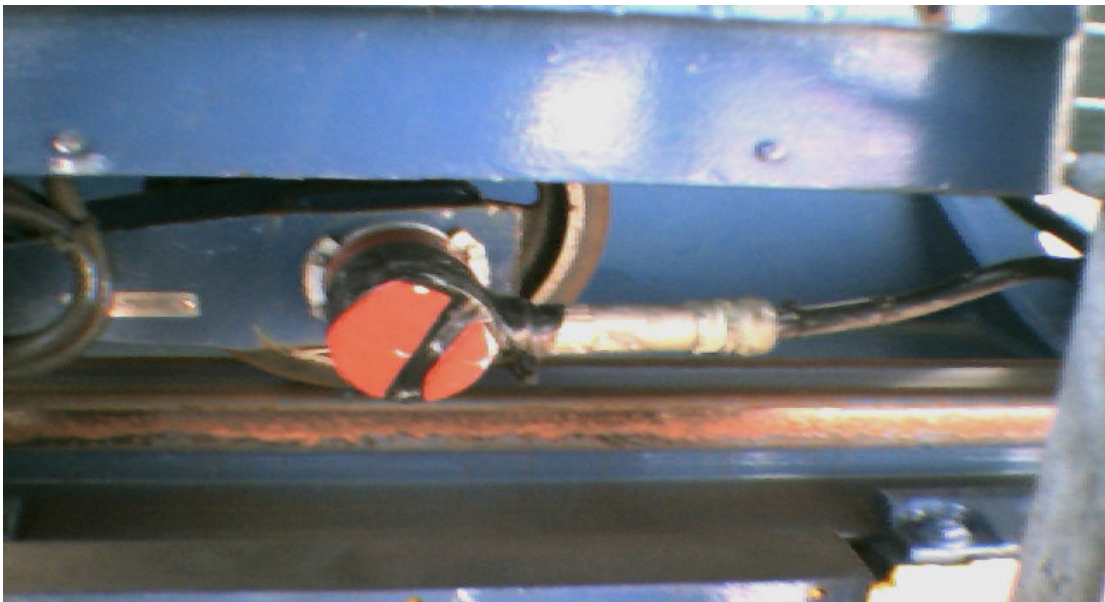


Figura 47. Encoder

El encoder es configurado a una posición definida, por dos señales de sincronización cableada (preset). Un relay, controlado por el PLC operacional y

la acción de interruptores que se accionan dependiendo de la dirección del trolley; ya sea lado mar (*water side*) o lado tierra (*land side*).

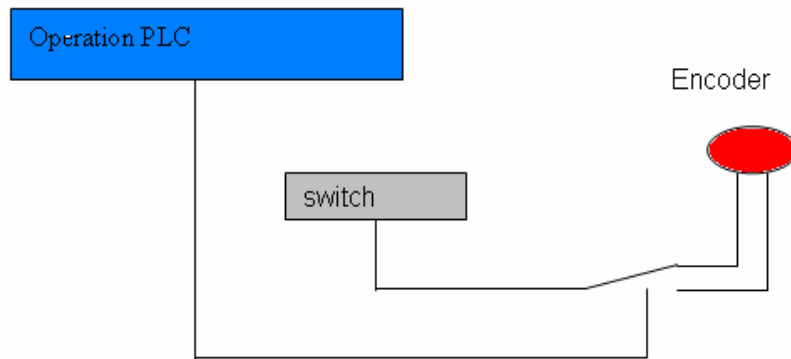


Figura 48. Cableado del encoder

La resolución del encoder es ajustada a 0.5mm (1 incremento corresponde a un viaje a una distancia de 0.5mm). El valor corriente de posición del trolley es leído y transmitido a la programación del PLC. En la programación del PLC un incremento en la señal del encoder corresponde a un recorrido de 1mm.

El Valor corriente de posición se incrementa cuando se esta viajando o controlando sobre lado mar. Los valores del PLC están en relación al valor fijado (200000 encoder value; 100000 PLC value), correspondiendo a la línea central del lado mar. Para el display de la posición del trolley, los valores se representan en escala de +/- cm, en relación a la puerta de acceso de la cabina de mando del trolley; Además se utilizan tres switches limites (slow-down-check LS, slow-down check WS and final limit switch WS near hingepoint), usados para monitorear los valores del encoder; es decir si la señal del encoder no

corresponde con la posición de los limit switches, quiere decir que existe una falla y esta alteración puede ser corregida en la programación del PLC.

2.8.5 MODOS DE OPERACIÓN.

En la cabina del operador el manejo del trolley es operado por un controlador maestro localizado en el lado izquierdo de la silla con la consola.



Figura 49. Cabina del trollev.

La cabina del operador se encuentra equipada con un panel de visualización de texto OP 17; este display tiene una gran variedad de pushbuttons para mostrar información acerca de la grúa, también actúa como un controlador de la

aceleración y desaceleración del trolley en caso de condiciones extremas, como fuertes tormentas eléctricas o fuertes vientos huracanados.



Figura 50. OP 17

K4 condiciones normales.

K5 lluvias ligeras.

K6 lluvias fuertes.

K7 lluvias muy fuertes.

K8 lluvias muy pesadas.

Presionando uno de los anteriores botones; el PLC operacional genera un valor seguro para los tiempos de aceleración.

El tiempo de aceleración normal es de 6.5 s y será multiplicado con los siguientes factores:

$$\mathbf{K5\ 6.5s * 1.11 = 7.215s}$$

$$\mathbf{K6\ 6.5s * 1.25 = 8.215s}$$

$$\mathbf{K7\ 6.5s * 1.43 = 9.295s}$$

$$\mathbf{K8\ 6.5s * 1.67 = 10.855s}$$

2.8.6 SUPERVISIONES

- El PLC operacional frena el trolley con una parada tipo rampa, si el motor se encuentra sobrecalentado.
- El PLC operacional hace una supervisión permanente de la velocidad. (SETPOINT=ACTUAL SPEED).
- La operación del PLC siempre calcula la máxima velocidad permitida, para la distancia faltante al interruptor final.

- La velocidad del motor es utilizada para analizar y chequear las velocidades límites de control. (MONITORING SETPOINT=ACTUAL SPEED).
- La operación del PLC compara el valor de velocidad SETVALUE con la velocidad actual del motor.

2.8.7 INTERLOCKS

2.8.7.1 INTERNAL INTERLOCKS:

<i>Interlock Descripción</i>	<i>Clase de parada</i>	<i>Valores : v [m/min] accel. [m/s²]</i>
sobre velocidad	Ultima parada	v = 0 m/min
Temperatura en el motor es alta	Parada tipo rampa.	v = 0 m/min
Ventilación de los motores falla	Parada tipo rampa después de maniobrar con el ultimo contenedor	v = 0 m/min
Falla de frenos (incluye contactores y relays)	Ultima parada	v = 0 m/min
Convertidor falla	Ultima parada	v = 0 m/min
Profibus DP falla	Ultima parada	v = 0 m/min
Falla del sistema de potencia del convertidor x	Ultima parada	v = 0 m/min
Suministro de poder principal (3 phase) para los drives falla.	Ultima parada	v = 0 m/min
de Suministro de voltaje control AC falla	Ultima parada	v = 0 m/min
Suministro de voltaje de control DC falla	Ultima parada	v = 0 m/min

Tabla 3. Internal interlocks (Trollev).

2.8.7.2 EXTERNAL INTERLOCKS:

Interlock Descripción	Clase de parada	Valores: v [m/min] acc./dec. [m/s²]
Grúa fuera de control.	Ultima parada. Todos los frenos son aplicados.	v = 0 m/min
Velocidad del viento > valor limite hasta 24m/s	La velocidad y aceleración es limitada	A=0.61 m/s²
Boom, no se encuentra en su posición final	Parada tipo rampa	v = 0 m/min
Puerta abierta de la cabina del trolley.	Movimiento, no es permitido. Parada tipo rampa	v = 0 m/min
Maniobra con cargas pesadas	Limitación con la máxima velocidad permitida.	v = 100 m/min
Controlador del Festoon cable falla	Limitación de la máxima velocidad permitida del trolley	

Tabla 4. External interlocks (Trolley).

2.9 SISTEMA DE CONTROL GANTRY

Se conoce como Gantry al desplazamiento transversal de la grúa sobre los rieles. El control de este movimiento se realiza desde la cabina del operador. Este movimiento, se encuentra al mando de dos grupos de motores, dichos motores se encuentran al lado mar y lado tierra, generando una fuerza mecánica para desplazar la grúa pòrtico a todo lo largo del riel de posición. La mitad de los motores hacen parte de un grupo de 6 motores, controlados respectivamente por un convertidor. Los motores se encuentran ubicados de la siguiente manera:

Teóricamente:

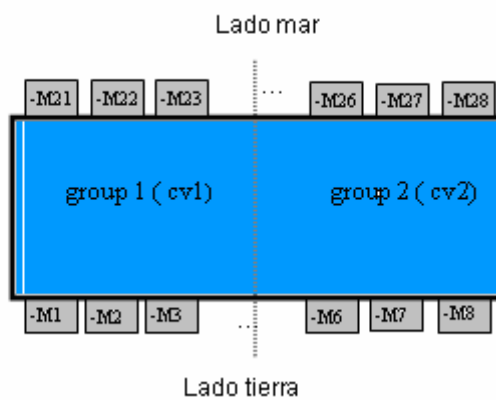


Figura 51. Vista de los motores del sistema gantry

Físicamente:



Figura 52. Grupo de motores lado tierra.

El sistema de parada, está equipado con frenos de alta seguridad, y se encuentran operados electro magnéticamente y monitoreados por medio de sensores de fin de carreras.

Ambos grupos de motores ya sea el de lado tierra o lado mar, posee en sus ejes un impulso transmisor o tacómetro, para tomar este tipo de señal, como la realimentación al sistema de control de los motores por medio de accionamientos electrónicos a sus respectivos convertidores.

2.9.1 CONTROL PRINCIPAL

Todos los motores que hacen parte del movimiento tipo gantry son controlados vía dos convertidores:

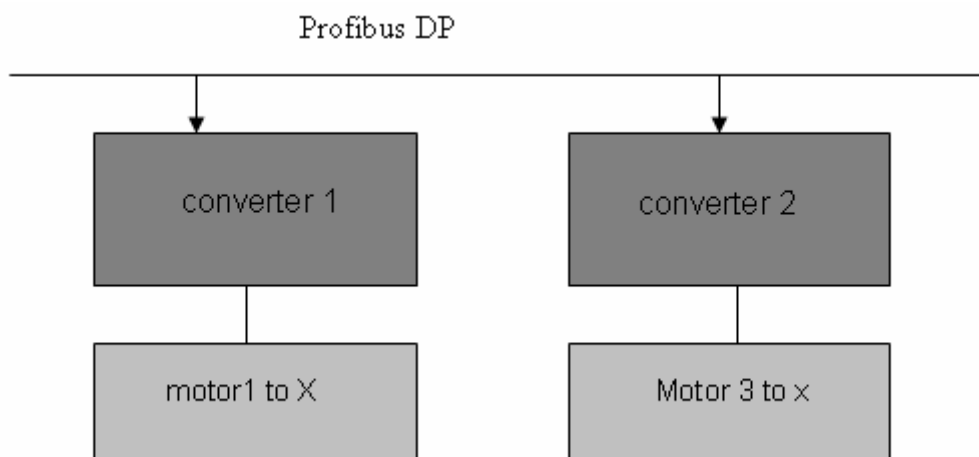


Figura 53. Control de motores.

El completo control de los convertidores es efectuado por la interacción del PLC operacional intercomunicado vía profibus DP, estos convertidores trabajan modo esclavo y dejando como maestro el PLC operacional; también por medio de este mismo sistema son intercambiadas señales como set point speed, valores actuales y mensajes de fallas del sistema controlado.

Además de la operación de este sistema con el PLC operacional se encuentra también para este sistema de control un cableado adicional para las

conexiones provistas al PLC redundante para poder habilitar las acciones correspondientes de los convertidores, relacionado para una ultima parada.

2.9.1.1 Control de frenos

La normal operación de este sistema de frenos es realizada por un contactor, controlado por el PLC operacional. Si el PLC redundante reconoce una falla (por ejemplo: falla un contactor de frenos en la parte operacional), los frenos son activados por un contactor adicional, controlado por el PLC redundante.

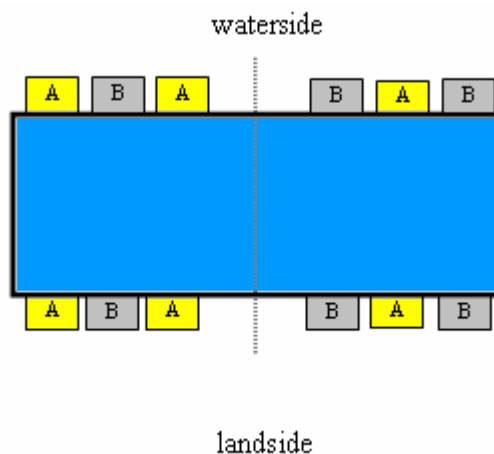


Figura 54. Grupo de motores

A corresponde a los frenos del grupo 1, **B** corresponde a los frenos del grupo 2; los grupos de frenos no es igual que los grupos de motores. Por lo que cada segundo freno del lado tierra también como cada segundo del lado mar, hacen parte de un grupo de frenos.

Las señales de retroalimentación de los cuatro contactores de control (dos del PLC operacional y dos del PLC redundante), son cableadas a sus respectivos PLC para supervisión.

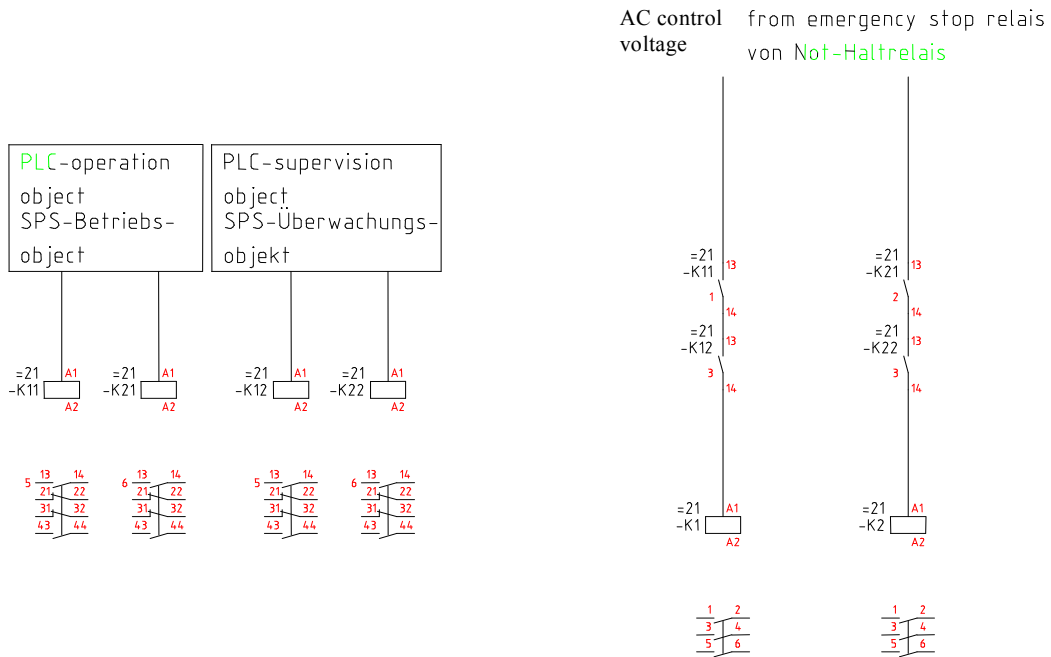


Figura 55. Cableado interno.

La línea de contactores son controlados por ambos PLC (operacional y redundante), colocados en series.

2.9.2 SISTEMAS DE PRECAUCIÓN

El movimiento de gantry esta indicado por dos direcciones (izquierda/derecha), cuando se están realizando este tipo de de maniobra estas son controlada por

medio del PLC operacional, el cual activan alarmas tipo visuales como luces intermitentes o alarmas tipo auditivas: conjunto de sirenas.



Figura 56. Sistemas de alarmas

2.9.3 SISTEMAS DE ANTICOLISION

2.9.3.1 GRUA A GRUA

Este tipo de sistema es utilizado para la prevención de posibles colisiones entre las operaciones con grúas adyacentes a altas velocidades durante el movimiento de gantry.

Tipos de dispositivos anticolidión:

Light barrier / Light sensor al lado derecho

Light barrier / Light sensor al lado izquierdo.



Figura 57. Sistemas de anticolidión.

Con estos dispositivos y sistemas, la velocidad del sistema gantry es controlada y disminuida durante la proximidad de la otra grúa, siendo todas estas señales analizadas y monitoreadas tanto por el PLC y el sistema scada SICMA.

2.9.3.2 GRÚA A NAVES PORTUARIAS:

Este sistema de anticolidión es usado para prevenir la colisión entre el boom de la grúa pórtico con la estructura de la nave portuaria durante el movimiento de gantry.

Un sistema de sensores de proximidad son instalados a lado izquierdo y derecho del Boom, cuando estos sensores se encuentren activados, estas señales son recibidas al PLC operacional y este ultimo es el encargado de tomar la acción de control, que para este caso es detener el movimiento de gantry.

2.9.4 SUPERVISIONES

- Cada motor tiene un sensor de temperatura, el PLC operacional detiene el movimiento de gantry con una parada tipo rampa si el motor se encuentra sobrecalentado.
- Si solo un grupo de motores se encuentra afectado, el otro grupo será capaz de mover la grúa pórtico de todas maneras.
- Chequeo de disminución de velocidad en su rango.
- El sistema de gantry disminuye automáticamente la velocidad cuando se aproxima a otra grúa, para asegurarse de que si realmente se esta cumpliendo esta condición, un segundo sistema anticolidión es usado para chequear la velocidad desde que fue actuado.

- Una señal es distribuida al PLC de la distancia calculada, el PLC chequea la velocidad actual de los drives, genera una última parada si una falla es reconocida.
- El PLC hace permanentemente una supervisión de la velocidad actual de la siguiente manera: **MONITORING_SETPOINT=ACTUALSPEED**, con el fin de controlar la grúa en caso que exista una ligera sobre velocidad.

2.9.5 INTERLOCKS

2.9.5.1 INTERNAL INTERLOCKS

Interlock Descripción	Clase de parada	Valores: v [m/min] acc./dec. [m/s ²]
Velocidad del viento > valor limite.	Velocidad, aceleración/ desaceleración es limitado. Frenos de los rieles son aplicados bypass es posible.	
Slow down limit actuado	Limitación de la máxima velocidad permitida.	v = 4 m/min
Sistema de protección actuado	Parada rápida bypass posible.	
Temperatura del motor muy alta.	Parada tipo rampa.	v = 0 m/min
Frenos fallan incluyendo (contactores y relays)	Ultima parada.	v = 0 m/min
Falla frenos de rieles.	Ultima parada.	v = 0 m/min
Falla en el monitoreo de velocidad	Ultima parada.	v = 0 m/min
Convertidor falla PROFIBUS-DP Comunicación falla	Ultima parada	v = 0 m/min
suministro de control de voltaje AC Falla	Ultima parada	v = 0 m/min

Tabla 5. Internal interlocks (Gantry).

2.9.5.2 EXTERNAL INTERLOCKS

Interlock Descripción.	Clase de parada	Valores: v [m/min] accel. [m/s ²]
Grua fuera de control.	Ultima parada. Frenos aplicados	v = 0 m/min
Trolley no está en la home position.	La máxima velocidad, aceleración y desaceleración permitida es reducida.	v = 16 m/min
Falla en el generador diesel.	Todos los controladores son parados.	

Tabla 6. External interlocks (Gantry).

3 SICMA

Crane monitoring system (CMS) es una aplicación tipo SCADA implementada para la supervisión de grúas pórtico.

El sistema supervisor de grúas pórtico SICMA integra una poderosa variedad de módulos a dirigir y observar bajo toda la operatividad de la superestructura portuaria.

Este modulo se trata de una aplicación tipo software especialmente diseñada para funcionar sobre computadoras en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo: (controladores autónomos, PLCs, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del computador.

Además este tipo de sistema, provee toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros supervisores dentro de la empresa: control de calidad, supervisión, mantenimiento etc.

La comunicación se realiza mediante buses especiales o redes PROFIBUS DP, Todo esto se ejecuta normalmente en tiempo real y está diseñado para dar al operador de planta la posibilidad de supervisar y controlar dichos procesos.

Este sistema **SCADA** ofrece las siguientes prestaciones:

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias almacenadas en su respectiva base de datos.

- Generación de históricos de señales de la planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo, en este caso EXCEL.

- Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso anular o modificar las tareas asociadas al PLC.

- Prestar la posibilidad de programación numérica, que permita realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la cpu del ordenador. Con ellas se pueden realizar análisis de señales, presentaciones en pantalla etc.

- Comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo de planta y con el resto de la empresa por medio de redes de área local **LAN** etc.

- Interfases graficas que proporcionan al operador, las funciones de control y supervisión de la grúa. Este proceso se presenta mediante

sinópticos gráficos almacenados en el computador de procesos **SIEMENS** y generados desde el editor incorporado en el scada **SICMA**.

3.1 OBJETIVOS DEL SISTEMA SCADA (SICMA)

Este sistema SCADA tiene como objetivos:

1. escaneo y supervisión de la grúa de toda su instrumentación, funciones y detalles de toda la maquinaria y dispositivos de automatización.
2. reconocer todas las fallas de la grúa y desactivar los posibles componentes asociados a la crisis o eventualidad de la maquina, reconociendo así todas las señales de control que llegan al PLC.
3. examinar todas las fallas de la grúa nuevamente, después de haber sido reparada la falla.
4. crear reportes estadísticos, acerca de todos los movimientos generados y acciones de la grúa, cada vez que esta se encuentra en estado operativo.

En la figura siguiente se muestra la estructura o cableado de cómo la sociedad portuaria regional de Cartagena (SPRC), supervisa todas las funciones generadas por la grúa desde un acceso remoto.

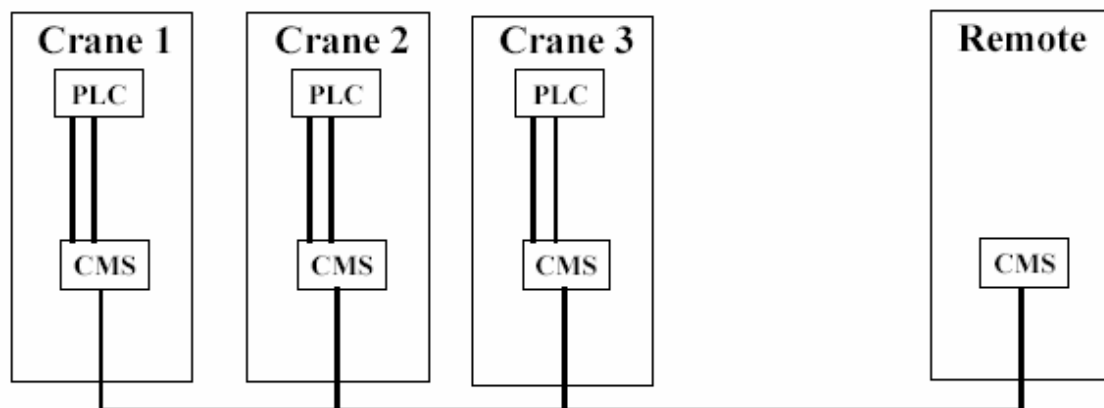


Figura 58. Estructura general del sistema SICMA

Vemos que todas las señales de salida del PLC son recibidas al módulo de CMS (crane monitoring system); de hay todas esta señales son monitoreadas, analizadas, comparadas y luego todos los resultados que se generen en este modulo van ha ser transmitidos a un lugar de acceso remoto, donde el ingeniero de grúa o el técnico electrónico en turno podrá analizar, monitorear toda la planta de control, para así luego poder tomar la correspondiente acción de control en tiempo real, sin la necesidad de llegar a la cabina de control de la planta.

3.2 ESTANDARES DE CONFIGURACIÓN DE LOS MODULOS DEL SISTEMA SCADA

Los estándares de configuración de CMS incluyen los siguientes módulos:

3.2.1 SICMA MANAGER

Este modulo es el encargado de generar y dirigir los demás módulos generando súper ordinarias funciones del sistema total de la grúa, como la comunicación integral de todos los dispositivos o instrumentación y la base de datos de todas las funciones de manejo.

3.2.2 DIAGNÓSTICOS DE FALLA

Este modulo comprime y genera todas las fallas que puedan generarse durante toda la puesta en marcha de la grúa pórtico, además genera todas los eventos o fallas posibles y las almacena en un estricto orden cronológico (Alarmas, Prevención, Estados de eventos, etc.....)

Para la visualización de todas estas fallas se utiliza la técnica de MULTI-WINDOWING, para toda la selección de eventos de acuerdo al estado actual de todo el sistema.

3.2.3 CATEGORÍAS DE FALLAS

Tipos de eventos que están definidos dentro del sistema:

Fault type	Description
A	Alarm
B	Status event
N	Fault, not causing interference to operation
S	Disturbance
W	Warning
X	Fault, causing interference to operation

Tabla 7. Categorías de fallas.

3.2.3.1 A - ALARMA

Este tipo de eventos solo será mostrado en la lista de fallas actuales y en la barra de estados, la alarma no será almacenada en la base de datos del sistema. El color de indicación de alarma podrá ser modificado.

3.2.3.2 B - ESTADO DE EVENTOS

Este mensaje de operación será solo mostrado en la lista de fallas actuales y en la barra de estados.

3.2.3.3 N - FALLAS QUE NO CAUSAN CONFLICTOS AL OPERAR

Este tipo de fallas será almacenado en el "HISTORICAL FAULT RING BUFFER". La falla será a su vez transmitida a la estación remota de sicma.

El color de este mensaje podrá ser cambiado.

3.2.3.4 W - WARNING

Este mensaje de operación será solo mostrado en la lista de fallas actuales y en la barra de estados.

3.2.3.5 X - FALLAS QUE CAUSAN CONFLICTOS EN LA OPERACIÓN

Este tipo de fallas será almacenado y analizado por 100 ciclos de trabajo del PLC durante el tiempo en que se presenta la misma.

El evento será almacenado en el “HISTORICAL FAULT RING BUFFER” y a la vez será transmitida inmediatamente a la estación remota de SICMA.

3.2.3.6 INFORMACIÓN DE FALLAS

Para dichas definiciones detalladas se requiere la siguiente información:

- Numero de la falla.
- Categoría de la falla (tipo de evento).
- Localización del dispositivo (**LID**).
- Instalación del dispositivo (**PID**).
- Nombre del dispositivo (**DID**)
- Texto argumentado de la falla.
- Referencia al programa del PLCs (bloques y segmentos).
- Referencia de los mímicos de los dispositivos.

Id	Appearance	Gone	Short description
66	13.11.1996 17:12:59	13.11.1996 17:13:03	emergency stop at electrical room / plc
261	13.11.1996 13:39:30	13.11.1996 13:39:30	impossible combination twistlock signals spreader
261	13.11.1996 13:36:14	13.11.1996 13:36:14	impossible combination twistlock signals spreader
261	13.11.1996 13:36:14	13.11.1996 13:36:14	impossible combination twistlock signals spreader
240	13.11.1996 13:32:57	13.11.1996 13:36:14	anti-snag-fault while lifting (hoist unit)
270	13.11.1996 13:20:35	13.11.1996 13:20:35	single rope anti-snag hoist unit
240	13.11.1996 13:20:35	13.11.1996 13:20:35	anti-snag-fault while lifting (hoist unit)
270	13.11.1996 13:18:11	13.11.1996 13:20:35	single rope anti-snag hoist unit
71	13.11.1996 09:25:58	13.11.1996 09:27:58	emergency stop at revision control beam hoist
414	11.11.1996 00:53:36	12.11.1996 00:57:52	mcb hydraulic rail clamps water side
391	11.11.1996 00:50:03	12.11.1996 00:57:52	mcb brakes -YS...YB land + water side gantry travel
261	11.11.1996 03:38:36	11.11.1996 03:40:40	impossible combination twistlock signals spreader
261	10.11.1996 23:01:09	10.11.1996 23:01:09	impossible combination twistlock signals spreader
480	09.11.1996 21:14:34	09.11.1996 21:14:34	HIPAC fault: distance monitoring trolley
480	09.11.1996 21:14:34	09.11.1996 21:14:34	HIPAC fault: distance monitoring trolley
480	09.11.1996 21:12:27	09.11.1996 21:14:34	HIPAC fault: distance monitoring trolley
261	09.11.1996 20:31:12	09.11.1996 20:31:12	impossible combination twistlock signals spreader
264	09.11.1996 20:26:40	09.11.1996 20:26:40	fault check-back twin-container signal spreader
267	09.11.1996 19:38:32	09.11.1996 19:40:36	axle break hoist unit encoder
240	09.11.1996 19:21:59	09.11.1996 19:23:54	anti-snag-fault while lifting (hoist unit)
264	09.11.1996 19:10:46	09.11.1996 19:12:28	fault check-back twin-container signal spreader
261	09.11.1996 18:58:54	09.11.1996 19:08:00	impossible combination twistlock signals spreader
261	09.11.1996 18:49:45	09.11.1996 18:58:40	impossible combination twistlock signals spreader
261	09.11.1996 18:47:27	09.11.1996 18:48:20	impossible combination twistlock signals spreader
261	09.11.1996 18:45:57	09.11.1996 18:45:57	impossible combination twistlock signals spreader

Figura 59. Vista del modulo de fallas.

En este modulo se monitorea:

- Mensajes detallados actuales
- Historia del último evento.
- Mensajes de fallas especiales
- Referencia del número esquemático del plano, numeración de hoja del software y localización de los dispositivos asociados al evento.
- Hasta 1000 mensajes de fallas posibles durante la operación.
- Más de 50 fallas disponibles con gráficos y datos.

3.2.3.7 LISTADO DE ALGUNAS FALLAS CON SU REFERENCIA

No.	T.	UID	LID	DID	Description	Step 7 reference	Drawing reference
1	X	=21	+E21/1	-G1	converter fault hoist	FC 200, NW 25	=21/3.1
2	X	=21	+E21/2	-G2	converter fault hoist	FC 200, NW 26	=21/4.1
3	X	=31	+E31/1	-G1	inverter fault boom (or -G2)	FC 500, NW 23	=31/3.1
4	X	=31	+E31/1	-G1	inverter fault trolley	FC 300, NW 27	=31/3.1
5	X	=31	+E31/2	-G2	inverter fault trolley	FC 300, NW 29	=31/4.1
6	X	=41	+E41/1	-G1	inverter fault gantry	FC 400, NW 43	=41/2.1
7	X	=41	+E41/2	-G2	inverter fault gantry	FC 400, NW 45	=41/3.1
8	X	=14	+E14/1	-G1	converter fault SCD	FC 240, NW 22	=14/3.1
9	X	=18	+E18/1	-G1	fault AFE unit	FC 180, NW 11	=18/1.1
10	X	=18	+E18/2	-G2	fault AFE unit	FC 180, NW 13	=18/3.1
11	X	=45	+E45/1	-G1	inverter fault HVD	FC 440, NW 12	=45/2.1
12	X	=35	+E35/1	-G1	inverter fault festoon drive 1	FC 340, NW 11	=35/2.1
13	X	=35	+E35/1	-G2	inverter fault festoon drive 2	FC 340, NW 13	=35/3.1
14	X	---	---	---	not used	---	---
15	X	---	---	---	not used	---	---

Tabla 8. Listado de algunas fallas.

3.2.4 INTERFACES GRAFICAS

En este modulo se genera, como un complemento del modulo de presentación de fallas, donde este, es el encargado de presentar los mímicos del sistema para crear la presentación grafica de los sistemas, y la disposición del trazado de los datos analógicos y digitales.

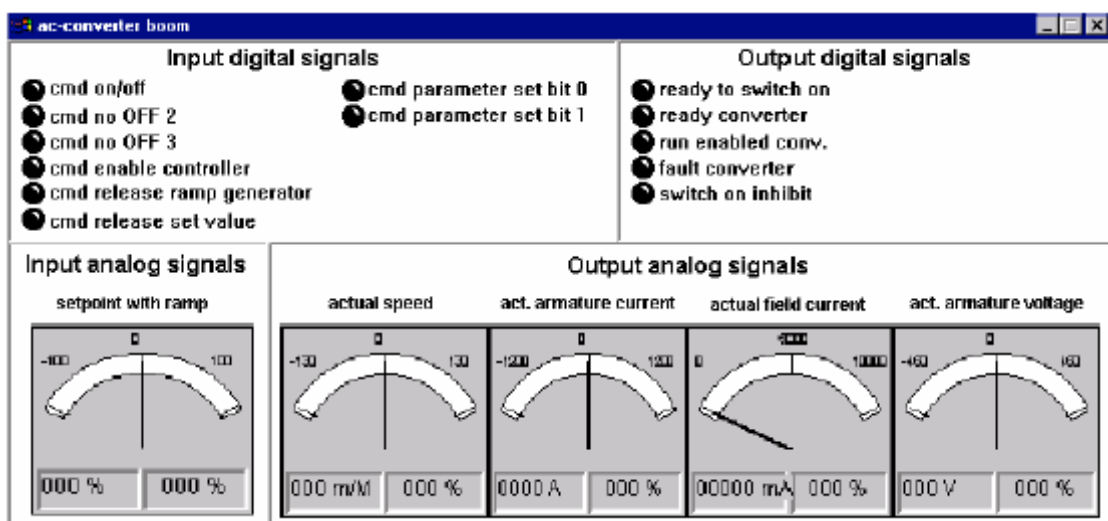


Figura 60. Señales análogas y digitales.

3.2.5 CONDICION DE MONITOREO

En este módulo se refleja el estado de la grúa y todos sus grupos funcionales:

<u>T</u> rolley unit	trolley menue form	converter 1 converter 2 release switches brakes speed
<u>G</u> antry unit	gantry menue form	converter 1 converter 2 release switches brakes speed
<u>B</u> oom unit	boom hoist menue form	converter release switches brakes speed
<u>S</u> preader cable drum	scd menue form	speed converter release

Tabla 9. Condiciones de monitoreo.

Todas las funciones que son de interés son mostradas de forma textual o en forma grafica.

Todas estas formas de visualización dan toda la información detalladamente de todas las funciones y anuncios de todos los sistemas relevantes como los son: Gantry – Trolley – Boom - Hoist

Características:

- El estado de los diferentes controladores de los dispositivos del sistema pueden ser examinados y evaluados fácilmente mediante el modulo de interfaz grafica.
- Una particular característica de las condiciones de monitoreo, es la capacidad de escaneo de el estado de todas las combinaciones de señales por ejemplo: todos los segmentos de programación como: gantry, trolley, hoist, boom, estados de señales como la temperatura, niveles de posición y estados de indicación.

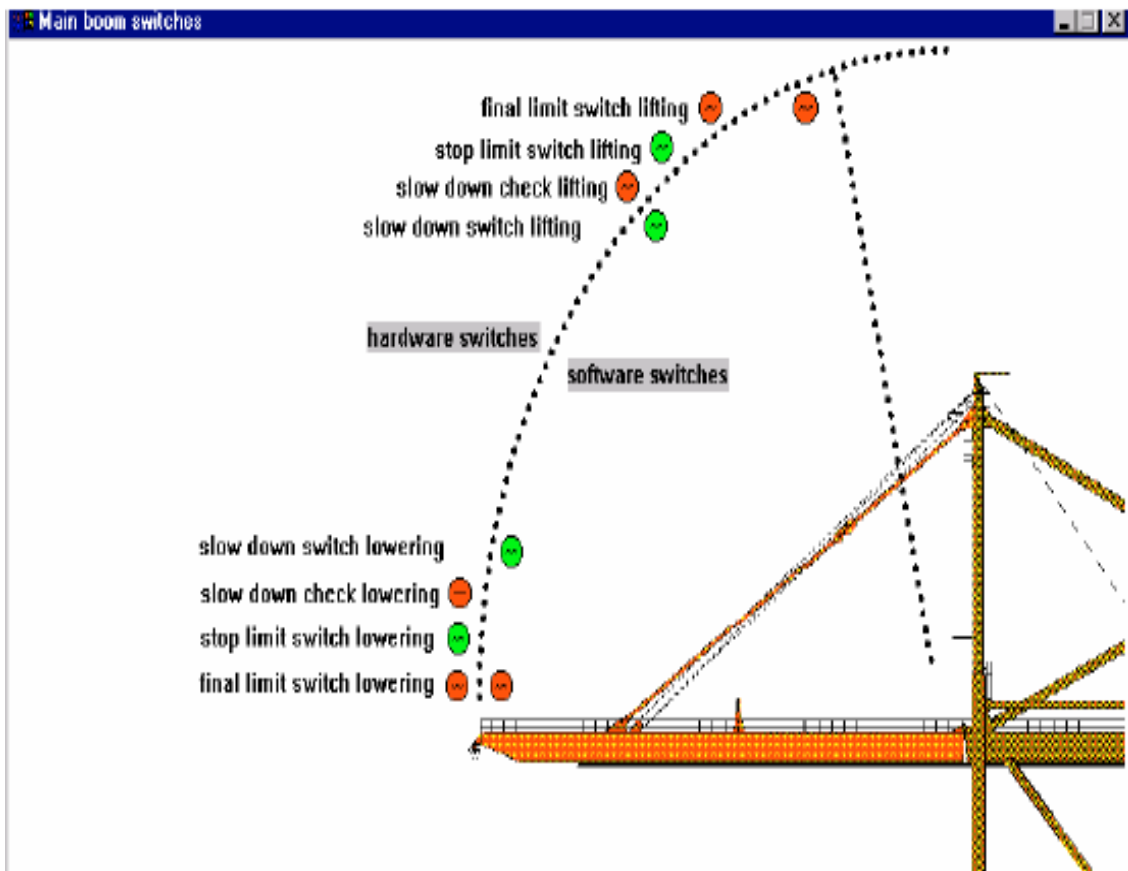


Figura 61. Indicación del modulo de monitoreo.

En esta visualización nos Muestra todos los parámetros que se están ejecutando en tiempo real y toda la información requerida para los interruptores de boom hoist como los (final limit switch, end limit switches, slow down switches and slow down check limit switches).

Monitoreo de los frenos del boom

En la siguiente figura se muestra el sistema de monitoreo de todos los dispositivos empleados, para la disposición de control de los frenos del boom.

El color verde indica la habilitación de las diferentes condiciones para que pueda ejecutarse la acción, el rojo indica todo lo contrario.

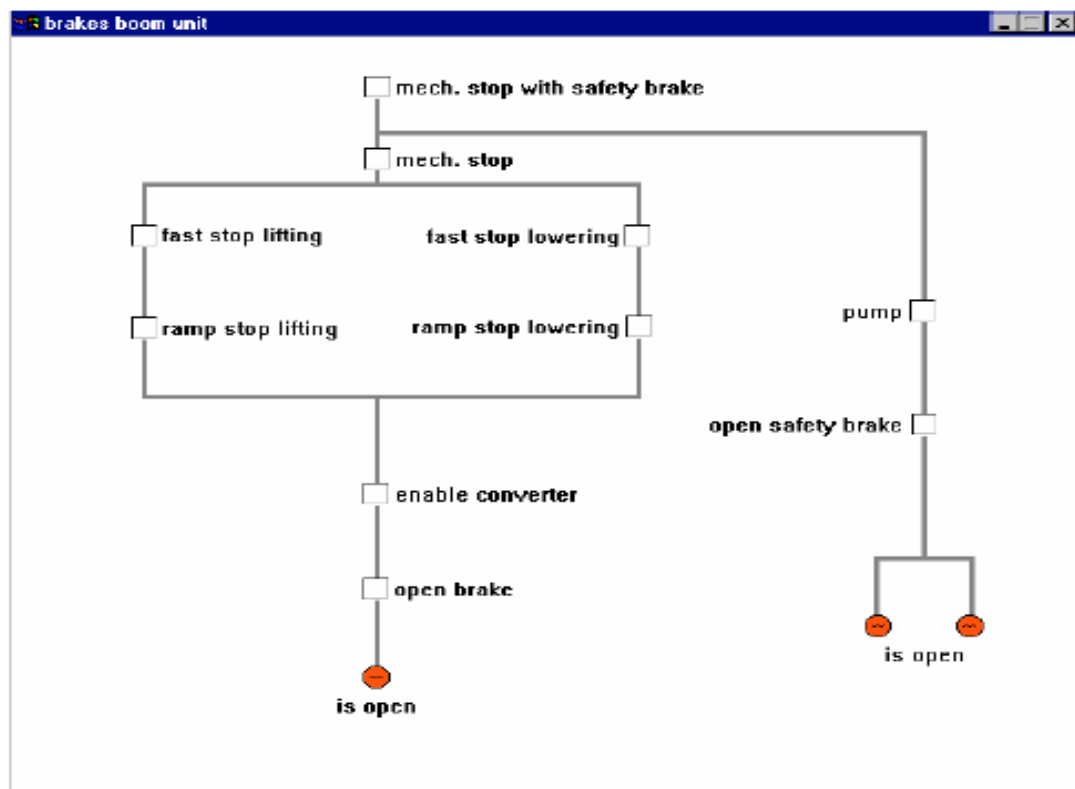


Figura 62. Unidad de frenado del Boom.

En los sistemas gráficos podemos apreciar:

- Valores análogos y digitales mostrados en forma grafica o textual.
- Árbol de estructura de todos los gráficos.
- Diagramas de flujos detallados de las partes de la grúa, incluyendo el dato actual.

3.2.6 DATOS DE OPERACIÓN

En este módulo se permite la absoluta visualización de todos los datos de operación de la grúa, estos datos pueden ser interpretados en texto o en forma grafica. Dependiendo de la estructura donde se origine la falla.

También se puede realizar tareas de predicción acerca de la carga y vida útil de la grúa, por medio de reportes estadísticos, escogidos cada vez que la esta entra en operación.

3.2.6.1 TEMPORIZADORES ESTÁNDAR

Estos tipos de temporizadores son diseñados para **NOELL CRANES**

ID	Signalname	Description
1	RT_crane_sw_on	Running time crane switched on
2	RT_hoist_1	Running time unit hoist 1 active
3	RT_hoist_2	Running time unit hoist 2 active
4	RT_trolley_1	Running time unit trolley 1 active
5	RT_trolley_2	Running time unit trolley 2 active
6	RT_gantry_1	Running time unit gantry 1 active
7	RT_gantry_2	Running time unit gantry 2 active
8	RT_boom	Running time unit boom active
9	RT_scd	Running time unit spreader cable drum active
10	RT_fcd	Running time unit feeding cable drum active
11	RT_festoon	Running time unit festoon active
12	RT_trim_list_skew	Running time unit spreader trim/list/skew active

Tabla 10. Temporizadores estándar.

3.2.6.2 CONTADORES ESTÁNDAR

Estos tipos de contadores son diseñados para **NOELL CRANES**

ID	Signalname	Description
13	CO_20ft_cont	Counter handled 20 feet containers, single mode
14	CO_30ft_cont	Counter handled 30 feet containers, single mode
15	CO_35ft_cont	Counter handled 35 feet containers, single mode
16	CO_40ft_cont	Counter handled 40 feet containers, single mode
17	CO_45ft_cont	Counter handled 45 feet containers, single mode
18	CO_twin_cont	Counter handled 2x20 feet containers, twin mode
19	CO_crane_sw_on	Counter crane switched on
20	CO_spr_hook	Counter crane operation with hook mode
21	CO_trim_list_skew	Counter trim/list/skew used

Tabla 11. Contadores estándar.

3.2.6.3 TIEMPO DE TRABAJO Y CONTENEDORES CARGADOS

En esta ventana podemos supervisar, el número de movimientos que ha realizado la grúa, como las veces de encendido, hoist, trolley, gantry, boom y el control del número de contenedores que ha cargado según la dimensión del mismo.

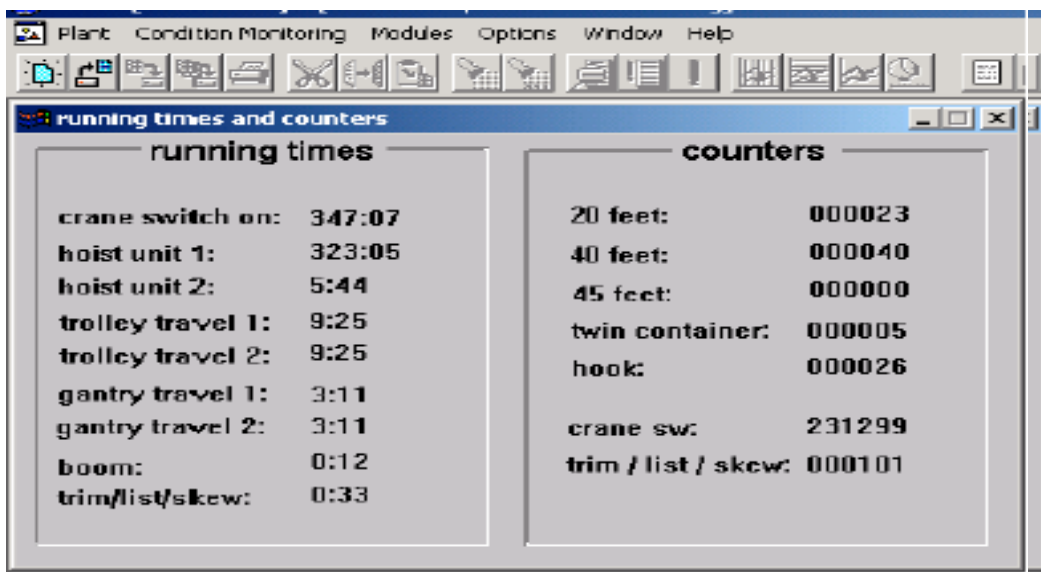


Figura 63. Ventanas de supervisión.

3.3 SIMATIC PROGRAMMING

El modulo simatic programming, contiene el software simatic step7 para Windows, por lo que este modulo interactúa conjuntamente con todas las funciones de simatic, lo cual significa de que podemos programar fallas, verificar estados desde el mismo modulo del PLC.

3.3.1 REQUERIMIENTOS DEL HARDWARE

Para la implementación de todo un sistema confiable, de alto desempeño, rápido y sin inconvenientes con la red durante el sistema de servicio, se usan elementos compatibles con Windows NT.

LOS SIGUIENTES HARDWARE SON IMPLEMENTADOS:

- EXONE P III 1000 (5 X PCI PLUG AND PLAY).
- INTEL MOTHER BOARD MIT PENTIUM III- CPU 1GHz, 256 Kb BURST_CACHE.
- 256 MB EDO_RAM MEMORY
- TECLADO PS/2 Y MOUSE PS/2.
- FLOPPY DRIVE.
- CD ROM DRIVE AND BURNER.
- VGA, TARGETA DE VIDEO.

- 2 X PCI TARGETA ETHERNET, 3COM ETHERLINK XL (3C900_COMBO).
- PROFIBUS_DP BOARD, CP 5611.
- DISCO DURO DE 20 GB.
- SISTEMA OPERATIVO WINDOWS 2000 PROFESIONAL WORKSTATION.
- TECLADO PS/2 Y MOUSE PS/2.
- MONITOR A COLOR DE 17"
- IMPRESORA EPSON LQ 580.-

3.3.2 INSTALACION Y CONFIGURACION DEL HARDWARE

3.3.2.1 EN EL COMPUTADOR LA PCI BOARD

- 3COM network board, 3C900-Combo and
- Profibus-DP board, CP5611 SON INSTALADOS

La PCI boards para ethernet y profibus network será configurada automáticamente por el software de instalación de cada componente, dados por sus fabricantes respectivos.

3.3.2.2 CONEXIÓN DEL SISTEMA A LA RED

Los computadores en el cuarto eléctrico son conectados vía ethernet network. La dirección IP esta realizada según el número de computadoras que puedan tener acceso al sistema.

En la siguiente grafica se muestra la conexión de la red SICMA.

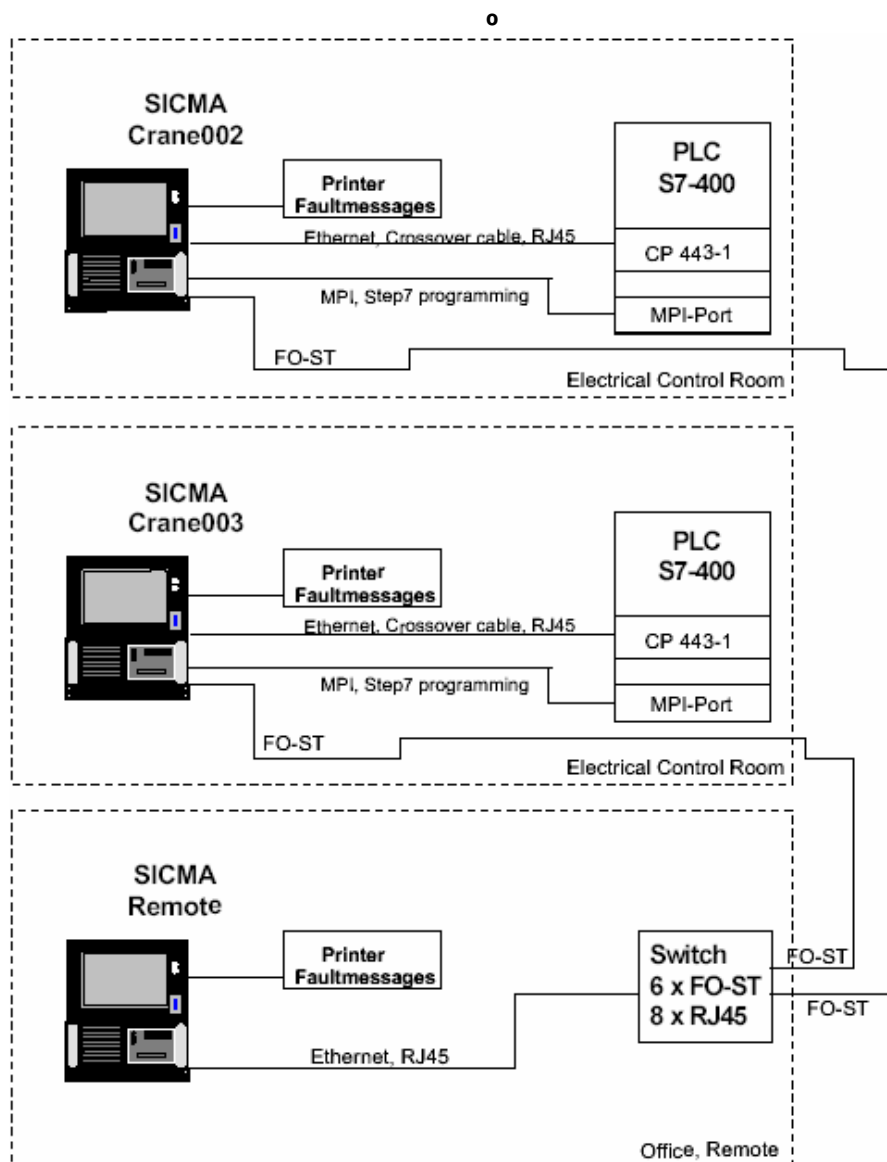


Figura 64. Red SICMA

La tendencia a escala mundial en la rama de la logística portuaria exige conceptos e ideas de carácter innovador. Particularmente el aumento del volumen de transportes y una presión económica creciente son los factores que fomentan este desarrollo.

Barcos y puertos de contenedores cada vez más grandes exigen soluciones de gran rendimiento, a fin de mantener cortos los tiempos de estadía en los puertos, factores que hacen cada vez más interesante el uso de sistemas automatizados. Por tal razón se ha implementado las mas avanzadas tecnologías para automatizar este tipo de estructuras, volviendo estos en sistemas complejos e innovadores, con el fin de que estas grúas pórtico tenga un rendimiento optimo en los terminales de contenedores. Por esta razón se han incluido sistemas automatizados como los PLC al igual que software sofisticados para el monitoreo y supervisión como lo es SICMA.

El desarrollo de este trabajo de investigación ha permitido conocer de manera general todo lo referente a las grúas pórtico que tiene la Sociedad Portuaria Regional de Cartagena (SPRC), principalmente con todos sus sistemas automáticos que esta superestructura posee. Gracias a que ha ido paralelamente y acordes a los avances tecnológicos y que hoy por hoy se tienen, por primera vez en la historia un puerto colombiano aparece clasificado entre los 100 principales del mundo. Esto se debe a que Cartagena moviliza el 72% de la carga de exportación de Colombia y el 41% de la carga de

importación, además de garantizar altos niveles de rendimiento y seguridad en este tipo de maniobras gracias a los sofisticados sistemas automáticos que ella posee. Un ejemplo de esto es que en un periodo de tres meses con solo 2 grúas pórtico en operación (de las cuatro que la SPRC posee) a llegado a movilizar alrededor de 217.847 contenedores en la Bahía de Cartagena. Por esta razón hay que resalta la creciente participación que ha tenido la carga de transbordo en los últimos años, especialmente por el impacto que esta actividad genera en el desarrollo de la región caribe, dándonos la seguridad de que en un futuro muy cercano, Cartagena ha de convertirse en un “Centro Regional de Transbordo” y en el “Terminal de Contenedores más avanzado de Latinoamérica”.

GLOSARIO

B

Boom: Es el movimiento de subida y bajada de la viga móvil, la cual alcanza una elevación de 80° con respecto a la línea horizontal.

C

Cable festón: Son cables situados a lo largo del boom y que permiten el movimiento de Trolley.

Container: Son contenedores para uso general totalmente cerrados, todas sus partes son rígidas incluyendo el techo y el piso.

CMS: sistema de control de monitoreo de grúa.

Container Flat Rack: Los contenedores plataforma son aquellos que no tienen paredes laterales y consisten sólo en la plataforma del piso de un contenedor estándar.

Cuarto de controles: Está ubicado adyacente a la casa de maquinas, y en él se encuentran todos los componentes electrónicos y equipos eléctricos de los paneles de control de la grúa.

E

Encoder: es un transductor rotativo que transforma un movimiento angular en una serie de impulsos digitales.

ET200: sistema de bus de periferia descentralizada. Se encarga de la transmisión de datos con altas velocidades, con el fin de comunicar sin problemas las CPU y la periferia.

F

Final limit switch: interruptores de final de carrera.

Flippers: aletas para la orientación operador- contenedor.

G

Gantry: Se conoce como el desplazamiento transversal de la grúa sobre los rieles.

H

Hoist: Se denomina Hoist al movimiento de elevación ó descenso del spreader.

I

Interlocks: bloqueos internos de la grúa.

L

Landside: indicación de la grúa lado mar.

List: Este interruptor permite una inclinación del spreader hacia lado mar (sentido del barco) ó hacia lado tierra (en el sentido de la cabina del operador),

O

OP 17: suministra información sobre alarmas, mensajes de prevención, mensajes operacionales y algunos valores actuales de la grúa.

P

Profibus DP: es un sistema de bus de campo normalizado independiente del fabricante, con posibilidades de enlace a la mayor parte de los mandos programables.

PLC redundante: controlador lógico programable usado para procesar señales adicionales para así poder generar una seguridad total en todo el sistema cerrado de control.

S:

Skew: Opción utilizada para facilitar la ubicación del spreader sobre el contenedor

Slow down check LS: interruptor de chequeo de grúa lado tierra.

Spreader: es un dispositivo electromecánico que permite tomar contenedores de 20, 40 y 45 pies, a los cuales se asegura por el sistema de Twislocks presente en sus cuatro esquinas.

T

Trim: control generado para una inclinación hacia arriba ó hacia debajo de uno de los extremos del spreader (derecho / izquierdo), se usa para facilitar el cargue ó descargue de contenedores cuando los barcos están apopados.

W

Waterside: indicación de la grúa lado mar.

BIBLIOGRAFIA

- Pulido, Manuel Álvarez. Convertidores de frecuencia, controladores de motores y ssr. Barcelona España: marcombo. 2000.
- Morris, s. Brian. Programmable Logic Controllers. Columbus, ohio. 2000.
- Mandado Pérez, Enrique. Controladores Lógicos y Autómatas programables. Barcelona España: marcombo. 2000.
- Documentos Internet introducción a las redes de comunicación industrial. Universidad Miguel Hernández. División de ingeniería de sistema y automáticas.
- Manuales y catálogos del sistema de automatización general de grúas pórtico, proporcionado por ingenieros de la NOELL CRANE SYSTEM.

DOCUMENTOS WEB:

www.noellcranesystem.com.

www.noell.com.

www.noellsystem.com.

www.profibus.org.

www.siemens.nl.com.

www.siemens.nl/sicma.

www.sprc.com.co

INDICE

A

Accesos, 22

Aparatos de anticolisión, 37

B

Boggies, 20

Boom, 25

C

Cabina del operador, 22

Cableado interno de las señales de control y potencia, 52

Cables de potencia del sistema de TROLLEY, 72

Características de los tipos de bloques de programación, 64

Carro catenaria y sistema tensionador de Guayas, 21

Cargue de barcos, 27

Categoría de fallas, 97

CMS, 92

Conexión del sistema SICMA a la red, 108.

Condición de monitoreo, 101

Control de motores, 69

Cuarto de controles, 21

Cuarto de maquinas, 20

D

Datos de operación, 104

Descargue de barcos, 27

E

Esclavos DP, 58

Estructura general del sistema SCADA, 95

External interlocks trolley, 80

External interlocks gantry, 91

F

Flippers, 41

Frenos de control trolley, 71

G

Gantry, 24

Grúa pórtico, 18