



Universidad de Oviedo

Memoria del Trabajo Fin de Máster realizado por

Juan López González

para la obtención del título de

Máster en Ingeniería de Automatización e Informática Industrial

**Actualización del sistema de automatización, control y
supervisión de una grúa pórtico**

Julio de 2018

Índice

1.	INTRODUCCIÓN	8
2.	DESCRIPCIÓN DE LA GRÚA	10
2.1.	PUENTE	11
2.2.	CARROS	11
2.3.	ELEVACIÓN	12
2.4.	CABINA	13
2.5.	CROQUIS DE LA GRÚA	13
2.5.1.	<i>Placa del PLC.....</i>	<i>15</i>
2.5.2.	<i>Elevación Principal Motor 1 y 2</i>	<i>15</i>
2.5.3.	<i>Elevación Auxiliar.....</i>	<i>16</i>
2.5.4.	<i>Translación Carro Principal.....</i>	<i>17</i>
2.5.5.	<i>Translación del Carro Auxiliar</i>	<i>17</i>
2.5.6.	<i>Translación del Puente.....</i>	<i>18</i>
3.	TOPOLOGÍA	19
3.1.	PROFIBUS DP	19
3.2.	PROFINET	19
3.3.	DRIVE-CLIQ.....	21
3.4.	TOPOLOGÍA DE RED DE LA GRÚA	21
4.	HARDWARE	24
4.1.	PLC	24
4.1.1.	<i>Modulo CPU 317F-2 PN/DP</i>	<i>24</i>
4.1.2.	<i>Tarjeta de comunicaciones PROFINET CP 343-1</i>	<i>25</i>
4.1.3.	<i>Tarjeta contadora FM350-1.....</i>	<i>25</i>
4.1.4.	<i>Tarjeta de entradas digitales SM 321</i>	<i>26</i>
4.1.5.	<i>Tarjeta de salidas digitales SM 322</i>	<i>27</i>
4.1.6.	<i>Tarjeta de entradas analógicas SM 331</i>	<i>27</i>
4.2.	TELEMETROS LÁSER	28
4.3.	SCALENCE SWITCH.....	28
4.4.	PROFIHUB	29
4.5.	TP 700 COMFORT.....	30
4.6.	SINAMIC IPC 477D (PANEL PC)	30
4.7.	SINAMIC DCM	31
4.7.1.	<i>Convertidor SINAMICS DCM DC</i>	<i>31</i>

4.7.2.	Módulo de control SINAMICS DCM.....	32
4.7.3.	Accesorios de los convertidores.....	33
4.8.	REMOTA EN CABINA	34
4.8.1.	Fuente de alimentación.....	35
4.8.2.	IM153-4 PN IO.....	35
4.8.3.	SCALANCE XB005.....	36
4.9.	APARALLAJE	36
5.	INGENIERÍA ELÉCTRICA	38
5.1.	ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO.....	38
5.2.	CODIFICACIÓN DE LAS PAGINAS.....	39
6.	SOFTWARE DE CONTROL.....	40
6.1.	PROGRAMACIÓN EN STEP 7.....	40
6.1.1.	Configuración del hardware	40
6.1.2.	NetPro	42
6.1.3.	Programa de control.....	43
6.2.	PROGRAMACIÓN CON STARTER.....	64
6.2.1.	Selección del accionamiento.....	64
6.2.2.	Selección de dispositivos auxiliares	68
6.2.3.	Creación del Telegrama.....	69
7.	INTERFACES DE USUARIO.....	71
7.1.	PROGRAMACIÓN CON TIA PORTAL V14 DEL TP700.....	71
7.1.1.	Configuración del PROXY.....	71
7.1.2.	Diseño de las imágenes	73
7.2.	PROGRAMACIÓN CON WINCC 7.4 SP1.....	73
7.2.1.	Pantalla del proyecto.....	74
7.2.2.	Organizador de variables	75
7.2.3.	Diseñador gráfico	76
7.2.4.	Administrador de usuarios	77
7.2.5.	Administrador de alarmas.....	78
8.	MANUAL DE USUARIO	80
8.1.	PANTALLA DE LA CABINA	80
8.1.1.	Imagen principal.....	80
8.1.2.	Imagen de mantenimiento	81
8.2.	PANTALLA MANTENIMIENTO VIGA.....	83
8.2.1.	Pantalla principal.....	83

8.2.2.	<i>Datos detallados de la grúa</i>	85
8.2.3.	<i>Fallos y alarmas</i>	89
8.2.4.	<i>Gráficas</i>	90
8.2.5.	<i>Mantenimiento</i>	91
8.3.	CONTROLES DEL GRUISTA	92
9.	CRONOGRAMA	95
9.1.	DISTRIBUCIÓN EN FUNCION DE HORAS	95
9.2.	DISTRIBUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES EN FUNCIÓN DEL TIEMPO.....	96
10.	PRESUPUESTO	99
11.	DISCUSIÓN	100
12.	CONCLUSIÓN	101
13.	BIBLIOGRAFÍA	102

Índice de tablas y figuras

Figura 1.1.- Ejemplo de grúa para cargar un horno de la empresa Jaso.....	8
Figura 2.1.- Ejemplo grúa tipo pórtico industrial para cargar un horno.....	10
Figura 2.2.- Esquema de la colocación de los telémetros laser en el puente.....	11
Figura 2.3.-Esquema de la colocación de los telémetros de los carros.....	12
Figura 2.4.- Esquema de la colocación de las distintas placas en la grúa	14
Figura 2.5.- Placa del PLC	15
Figura 2.6.- Placa de la Elevación Principal	16
Figura 2.7.- Placa de la Elevación Auxiliar	16
Figura 2.8.- Placa de la Translación del Carro Principal	17
Figura 2.9.- Placa de la Translación del Carro Auxiliar	18
Figura 2.10.- Placas de la Translación del Puente	18
Figura 3.1.- Topología de red de la grúa	22
Figura 4.1.- Diagrama de la colocación de los elementos del PLC.....	24
Figura 4.2.- Imagen de la CPU.....	25
Figura 4.4.- Imagen de la tarjeta de comunicaciones.....	25
Figura 4.3.- Imagen de la tarjeta contadora	26
Figura 4.5.- Imagen de la tarjeta de entradas digitales	26
Figura 4.6.- Imagen de la tarjeta de salidas digitales.....	27
Figura 4.6.- Imagen de la tarjeta de entradas analógicas.....	27
Figura 4.7.- Telemetro laser	28
Figura 4.8.- Imagen del Switch	29
Figura 4.9.- Imagen del PROFIHUB.....	29
Figura 4.10.- Imagen de la TP700.....	30
Figura 4.11.- Imagen con los distintos tamaños de los modelos IPC 477D.....	31
Figura 4.12.- Imagen de los variadores DCM	32
Figura 4.13.- Imagen del variador DCM	32
Figura 4.14.- Imagen de un módulo TM 150	33
Figura 4.15.- Imagen del módulo TM 31	34
Figura 4.16.- Esquema de colocación de las tarjetas de la cabina	34
Figura 4.17.- Imagen de la fuente de la alimentación.....	35
Figura 4.18.- Imagen de la IM	35
Figura 4.19.- Imagen del Switch de la cabina.....	36
Figura 4.20.- Imagen de ejemplo de la aparamenta	36
Figura 4.21.- Ejemplo de automático de la rama 5SY.....	37
Figura 6.1.- Imagen de la pantalla inicial del proyecto en STEP7.....	40

<i>Figura 6.2.- Imagen de la pantalla de "Hardware"</i>	<i>41</i>
<i>Figura 6.3.- Configurador de la tarjeta contadora FM350</i>	<i>42</i>
<i>Figura 6.4.- Botón de acceso a NetPro.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 6.5.- Topología de la red de la grúa.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 6.6.- Tabla de enlaces</i>	<i>43</i>
<i>Figura 6.8.- Menú del programa.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 6.9.- Esquema de programa</i>	<i>44</i>
<i>Figura 6.10.- Funciones del OB1</i>	<i>46</i>
<i>Figura 6.11.- Segmentos 4 y 5 del OB100</i>	<i>47</i>
<i>Figura 6.12.- FC9 Contadores.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 6.13.- FC3 Telémetros, ejemplo de FB Telémetros.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 6.14.- FC3 Telémetros, Iluminación de las lamparas</i>	<i>50</i>
<i>Figura 6.15.- FC3 Telémetros, Anticolisión.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 6.16.- FC24 Escalados, células de carga</i>	<i>51</i>
<i>Figura 6.17.- FC 24 Escalados, telémetros</i>	<i>52</i>
<i>Figura 6.18.- FC24 Escalados, Altura</i>	<i>53</i>
<i>Figura 6.19.- FC 8 Velocidades</i>	<i>54</i>
<i>Figura 6.20.- Ejemplo del FC22 Telegrama</i>	<i>55</i>
<i>Figura 6.21.- FC7 Anticolisión grúas</i>	<i>56</i>
<i>Figura 6.22.- FC10 Coeficiente teórico</i>	<i>57</i>
<i>Figura 6.23.- FB2 Contador.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 6.24. FB4 Conversión de la altura</i>	<i>59</i>
<i>Figura 6.25.- FB6 Velocidades, Paro</i>	<i>60</i>
<i>Figura 6.26.- FB6 Velocidades, Ralentizado.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 6.27.- Ejemplo de zonas de paro y ralentizado.</i>	<i>61</i>
<i>Figura 6.28.- FB200 Contador de telegramas</i>	<i>62</i>
<i>Figura 6.29.- FB200 Comprobación del watchdog.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 6.30.- Recepción de los telegramas</i>	<i>63</i>
<i>Figura 6.31.- Pantalla inicial del STARTER</i>	<i>64</i>
<i>Figura 6.31.- Selección de accionamiento.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 6.33.- Pantalla de inicio del wizard de configuración del accionamiento.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 6.34.- Selección de etapa de potencia</i>	<i>66</i>
<i>Figura 6.35.- Datos motor.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 6.36.- Selección del telegrama.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 6.37.- Insertar componentes entradas salida</i>	<i>68</i>
<i>Figura 6.38.- Insertar módulo TM31</i>	<i>68</i>
<i>Figura 6.39.- Selección de activación de salida digital.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 6.40.- Selección del parámetro</i>	<i>70</i>

<i>Figura 7.1.- Pantalla de inicio del proyecto con TIA PORTAL V14.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 7.2.- Árbol del proyecto</i>	<i>72</i>
<i>Figura 7.3.- Configuración del dispositivo</i>	<i>72</i>
<i>Figura 7.4.- Configuración de las imágenes</i>	<i>73</i>
<i>Figura 7.5.- Pantalla de inicio WinCC</i>	<i>74</i>
<i>Figura 7.6.- Pantalla del control de variables.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 7.7.- Administrador de variables, estructuras</i>	<i>76</i>
<i>Figura 7.8.- Configuración del enlace</i>	<i>76</i>
<i>Figura 7.9.- Diseñador gráfico</i>	<i>77</i>
<i>Figura 7.10.- Administrador de usuario.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 7.11.- Administrador de alarmas.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 8.1.-imagen de la pantalla inicial de la TP 700.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 8.2.- Imagen de mantenimiento.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 8.3.- Imagen principal panel PC.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 8.4.- Selección de idioma</i>	<i>85</i>
<i>Figura 8.5.- Pantalla de datos principal.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 8.6.- Esquema de la colocación de las setas de emergencia en la grúa</i>	<i>87</i>
<i>Figura 8.7.- Imagen de zona de grúa.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 8.8.- Movimientos automáticos</i>	<i>89</i>
<i>Figura 8.9.- Alarmas y mensajes.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 8.10.- Pantallas de las gráficas.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 8.11.- Imagen de configuración de altímetros</i>	<i>91</i>
<i>Figura 8.12.- Imagen de configurador de posiciones de paro</i>	<i>92</i>
<i>Figura 8.14.- Ejemplo de puesto de mando de gruista</i>	<i>92</i>
<i>Figura 8.16.- Imagen de los reposabrazos.....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 9.1.- horas previstas para cada actividad.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 10.2.- Presupuesto</i>	<i>99</i>

1. Introducción

El proyecto consiste en realizar una mejora de una grúa de tipo pórtico industrial antigua localizada en una acería y encargada de verter el arrabio en el horno para la formación del acero. Esta grúa actualmente está controlada a través de una combinación de lógica cableada y un autómatas programable industrial encargado únicamente de la comunicación con el exterior y la iluminación de distintas luces de posición.



Figura 1.1.- Ejemplo de grúa para cargar un horno de la empresa Jaso

La mejora que se pretende realizar consiste en eliminar aquellos sistemas que se controlan por lógica cableada y aparatos antiguos para poder realizar un control óptimo y preciso del proceso a través de un autómatas programable (PLC, del inglés “*Programmable Logic Controller*”). Por petición del cliente únicamente se trabajará aguas abajo de la media tensión, esto implica que se mantendrán los motores actuales siendo los variadores de velocidad el punto de partida de esta reforma. Además de los motores se podrán reutilizar el controlador y los telémetros que han sido sustituidos recientemente.

Es objeto de este trabajo el diseño de una nueva topología, basada en periferia descentralizada PROFIBUS colocando módulos de entradas/salidas remotas para cada movimiento importante (elevaciones, carros y puente). También se utilizará ethernet industrial para la comunicación con las distintas interfaces de usuario y con un ordenador de nivel 2 para el envío de los datos del proceso. Nivel 2 es un departamento encargado de realizar una

recolección de datos de los distintos procesos de la planta que permite realizar un estudio exhaustivo sobre los mismos intentando mejorar la producción.

Este proyecto es multidisciplinar ya que abarca temas de ingeniería eléctrica, electrónica de potencia, sistemas de control e informática industrial.

El alcance del TFM incluye todas las partes que se encuentran en la ingeniería de un proyecto de esta envergadura, es decir el diseño de las topologías, el diseño eléctrico, la configuración de los distintos dispositivos, así como el diseño y desarrollo del programa de la aplicación. Otro punto que se tendrá en cuenta es la supervisión del proceso. La puesta en marcha no se considerará para el TFM debido a los plazos requeridos por el cliente para la implementación en la factoría.

2. Descripción de la Grúa

Una grúa es una máquina destinada a elevar y a distribuir la carga por un espacio determinado. En la actualidad se pueden encontrar distintos tipos, pero de la que trata este proyecto es de una grúa pórtico industrial [1].

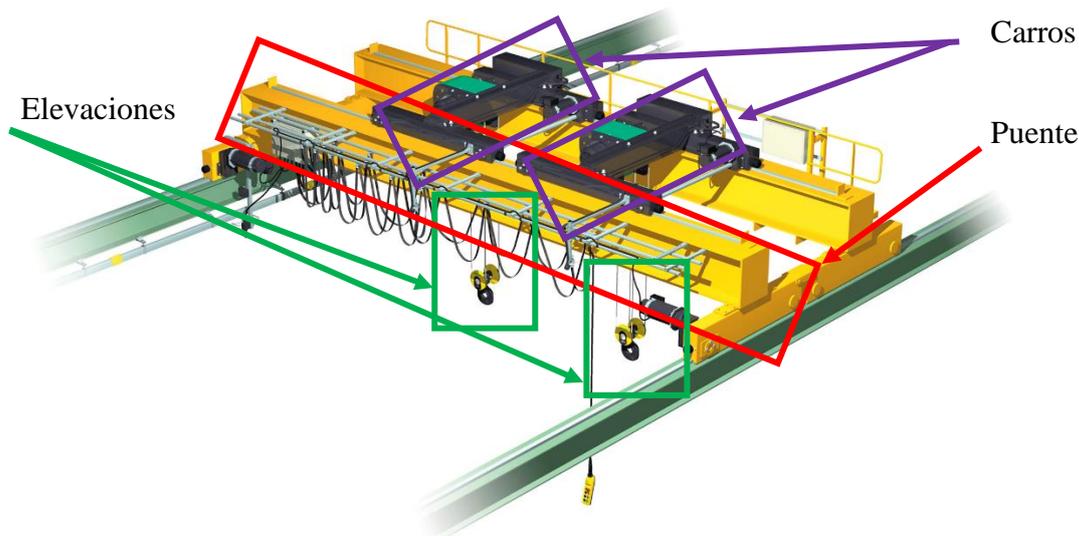


Figura 2.1.- Ejemplo grúa tipo pórtico industrial para cargar un horno

En este tipo de grúas se pueden encontrar una serie de partes características. Estas partes se pueden diferenciar fácilmente relacionándolas con aquellas partes que tienen un movimiento independiente del resto de partes o que dispongan de un motor, y serían las siguientes:

- **Puente.** Es la parte que soporta a las demás y encargada de colocar el contenido de la cuchara en el horno adecuado, donde se descargará la carga de arrabio. Está formado por dos vigas entre las que se sujetan los carros.
- **Carro.** Esta parte se sitúa encima del puente desplazándose por él para poder acercar la carga de la posición de enganche de esta hasta la boca del horno para poder verter el contenido en su interior.
- **Elevación.** Es la parte encargada de elevar la carga e inclinarla para verter el arrabio en el horno. Se dispone de un sistema de elevación por cada carro.
- **Cabina.** Lugar desde donde se controla la grúa.

2.1. PUENTE

El puente está formado por dos vigas que se conocerán por su orientación geográfica, es decir norte y sur. En las vigas además de aguantar los carros y la elevación se encargarán de contener las placas con los variadores, el PLC y los distintos componentes necesarios para el funcionamiento de la grúa.

El movimiento de la grúa se realiza con 4 motores situados uno en cada extremo de las vigas. Estos motores son de corriente continua de 102 kW y unas bobinas de excitación de 4,5 A. Además, para la seguridad se dispone de sendos termistores colocados en el motor que permiten detectar una serie de estados al monitorizar su temperatura permitiendo realizar un aviso y el paro del motor si es necesario.

El control de la posición del puente se realiza a través de telémetros láser colocados uno en cada viga. Esto permite conocer la distancia entre la pared y la otra grúa cercana.

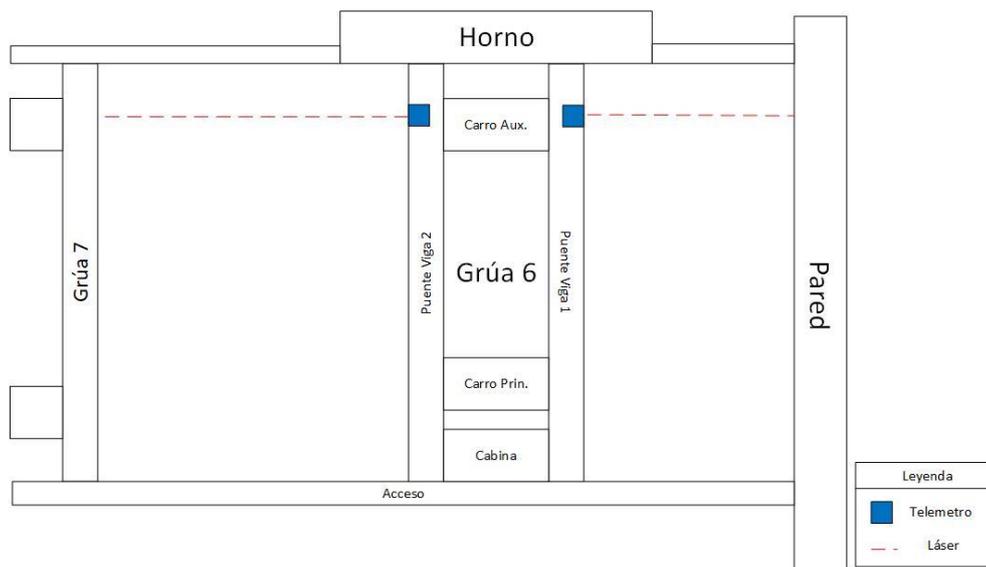


Figura 2.2.- Esquema de la colocación de los telémetros láser en el puente

2.2. CARROS

En esta grúa se pueden encontrar dos carros uno considerado principal y otro auxiliar. Cada uno de estos dos carros es el encargado de desplazar los mecanismos de las elevaciones para posicionarlos en el lugar adecuado de la carga a elevar.

Los carros funcionan cada uno con un motor colocado encima de ellos. Al igual que en el resto de la grúa son motores de corriente continua, en este caso de 47 kW y unas bobinas de excitación de 3,2 A. Además, al igual que el resto de los movimientos se dispone de una serie de termistores colocados en motor para poder supervisar la temperatura y evitar fallos.

Al igual que el puente los carros también disponen de telémetros láser, en la zona de acceso, para conocer la distancia de estos a la posición de partida.

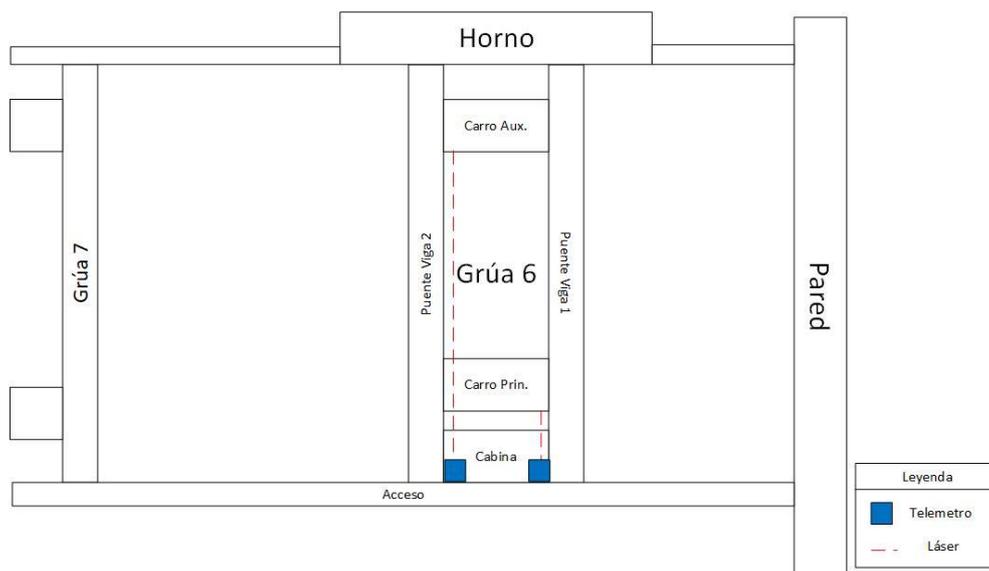


Figura 2.3.-Esquema de la colocación de los telémetros de los carros

2.3. ELEVACIÓN

En esta grúa existen dos elevaciones cada una situada en cada uno de los carros. Hay dos elevaciones debido a la necesidad de voltear las cucharas para vaciar su contenido en el horno. La elevación principal es la que se encuentra en el carro principal y es la encargada de realizar el mayor esfuerzo para elevar la carga por lo consta de dos motores. La elevación auxiliar es la que se encuentra en el carro auxiliar, es la encargada de ayudar a elevar la carga a la elevación principal además de permitir entonar para verter la carga, disponiendo de un motor.

Ambas elevaciones están formadas por motores de corriente continua al igual que el resto de los movimientos. Los motores son de 600 kW y tienen una bobina de excitación de

12,5 A. Al igual que los demás motores disponen de una serie de termistores para supervisar la temperatura de los mismos.

Para controlar la altura de los ganchos de la elevación se utilizan sendos encoders incrementales que informan de las vueltas que dan los motores y a través de la aplicación software se determina la relación entre los pulsos suministrados por el encoder y la altura de la carga.

2.4. CABINA

La cabina es el lugar donde el operario se coloca y puede manejar las distintas funcionalidades de la grúa. Esta se encuentra en la parte opuesta al horno en el lado del acceso. Para realizar los diferentes movimientos el operario dispone de una serie de pulsadores y joysticks por puntos. Además de esto, dispone de una pantalla donde puede ver todos los datos tomados por los distintos sensores.

2.5. CROQUIS DE LA GRÚA

A continuación, se muestra un esquema de cómo está distribuida la grúa y de las posiciones aproximadas donde van colocadas las placas (cuadros eléctricos) con sus distintos componentes.

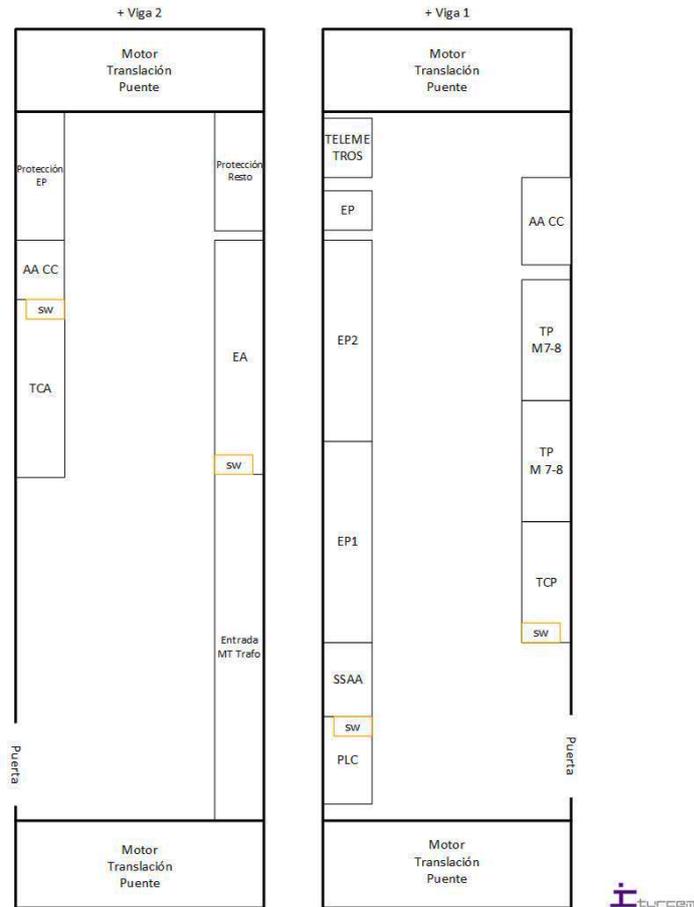


Figura 2.4.- Esquema de la colocación de las distintas placas en la grúa

En esta grúa no se usarán armarios para guardar las placas, sino que irán colocadas directamente sobre los laterales de cada viga. Para realizar esta mejora de la grúa únicamente se van a cambiar las siguientes placas que se identifican con siglas en el esquema anterior:

- Placa del PLC (PLC)
- Elevación principal Motor 1 (EP1)
- Elevación Principal Motor 2 (EP2)
- Elevación Auxiliar (EA)
- Traslación Carro Principal (TCP)
- Traslación Carro Auxiliar (TCA)
- Traslación Puente Motor 7 y 8 (TP M7-8)
- Traslación Puente Motor 9 y 10 (TP M9-10)

En la ingeniería eléctrica, que se incluye como anexo, se encontrarán los esquemas de las distintas placas y los componentes utilizados.

2.5.1. Placa del PLC

En la placa del PLC se encuentran los distintos elementos de control salvo los variadores que se encuentran en los cuadros correspondientes a cada movimiento. Además del PLC también se puede encontrar otros elementos de red como el “PROFIHUB” o el Switch de este lado de la viga 1.

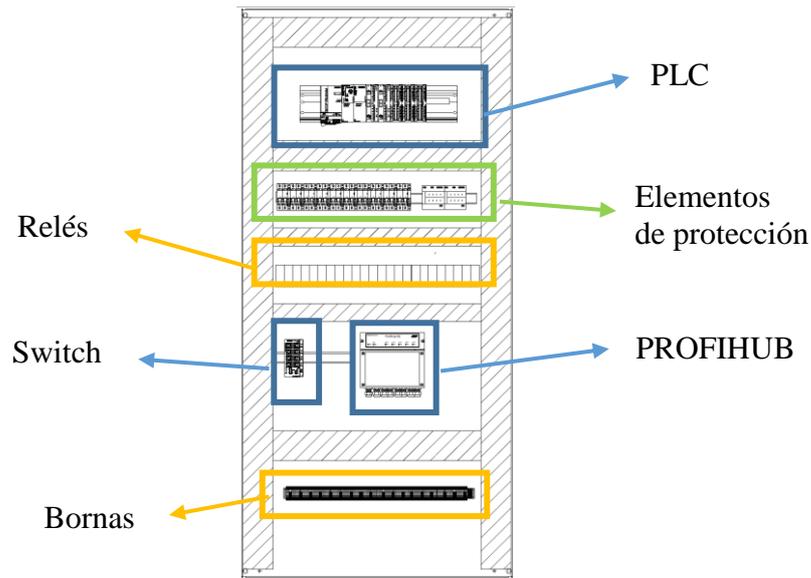


Figura 2.5.- Placa del PLC

2.5.2. Elevación Principal Motor 1 y 2

En la elevación principal al estar juntas las placas se utilizará una placa corrida, en ella se colocarán un variador por cada motor y los demás elementos de protección y complementarios para el funcionamiento de este movimiento. Otra característica de estas dos placas es que son simétricas, es decir son iguales solo que con los elementos colocados en la posición opuesta.

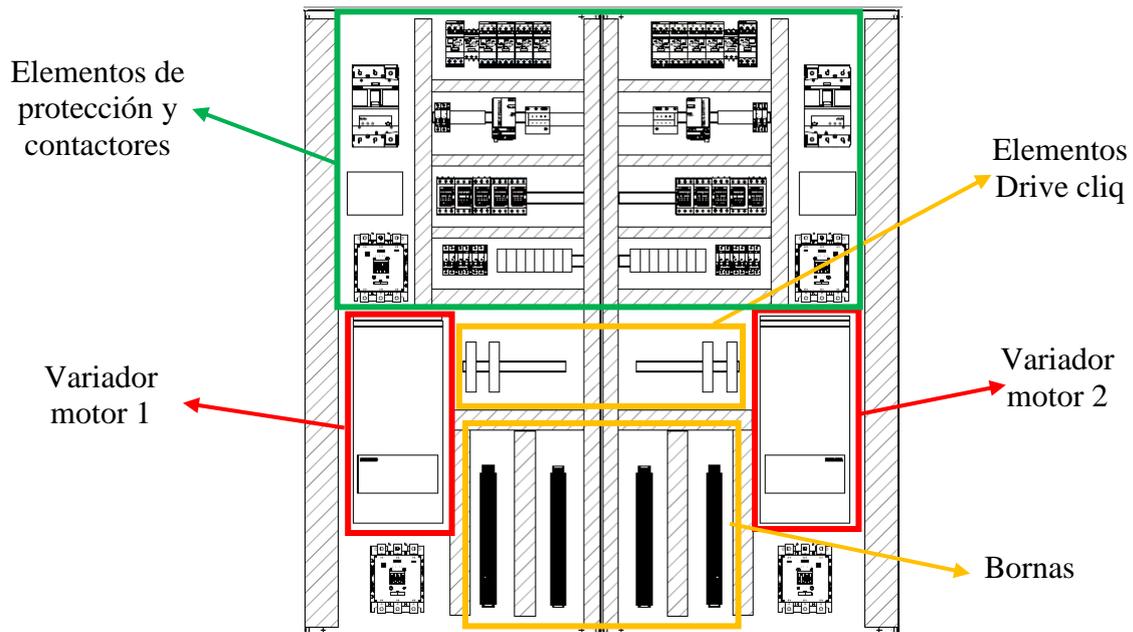


Figura 2.6.- Placa de la Elevación Principal

2.5.3. Elevación Auxiliar

La placa de la elevación auxiliar es similar a la principal, salvo que en la auxiliar solo se precisa un motor y por tanto un variador, además del switch de ese lateral de la viga 2.

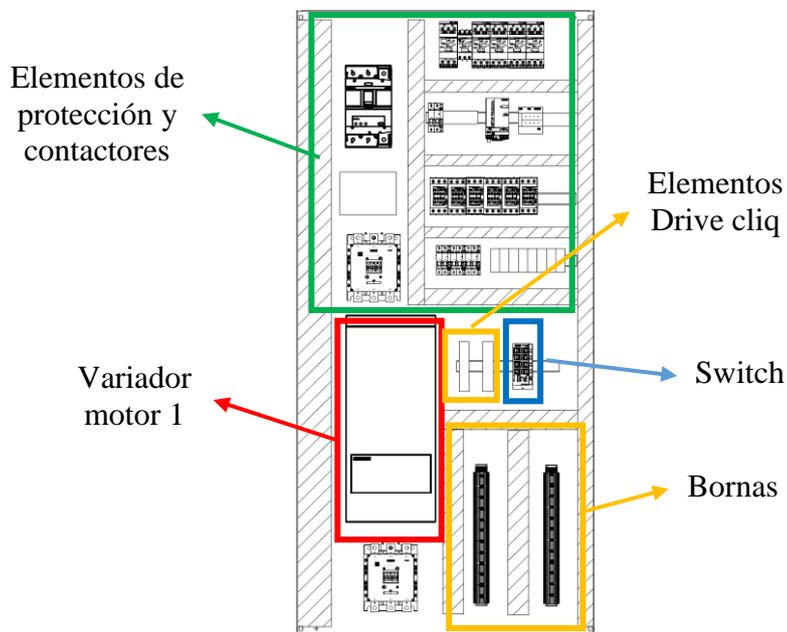


Figura 2.7.- Placa de la Elevación Auxiliar

2.5.4. Translación Carro Principal

La placa de la translación del carro principal sigue la misma disposición de los elementos que en el resto de las placas y en ella se encuentra el switch, en la otra pared de la viga 1.

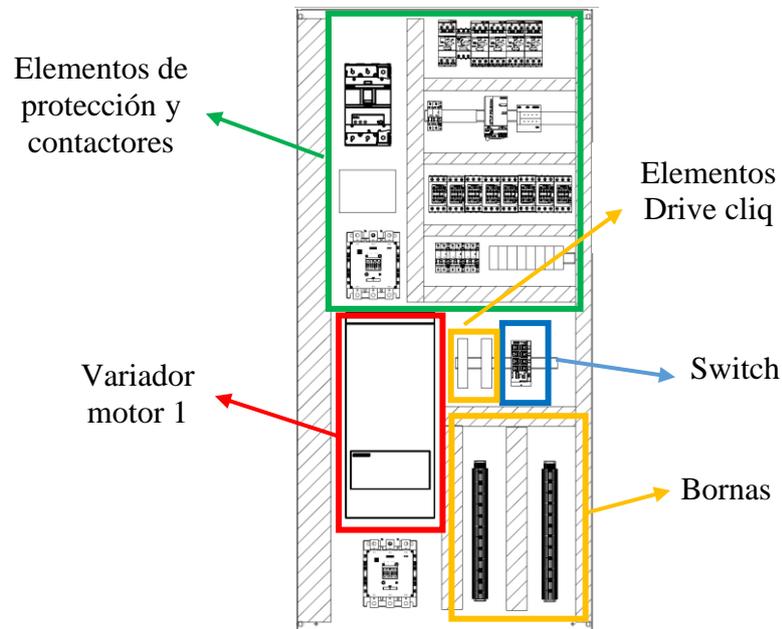


Figura 2.8.- Placa de la Translación del Carro Principal

2.5.5. Translación del Carro Auxiliar

La placa de la translación del carro auxiliar se encuentra en la viga 2 y en ella se encuentra el switch de este lateral.

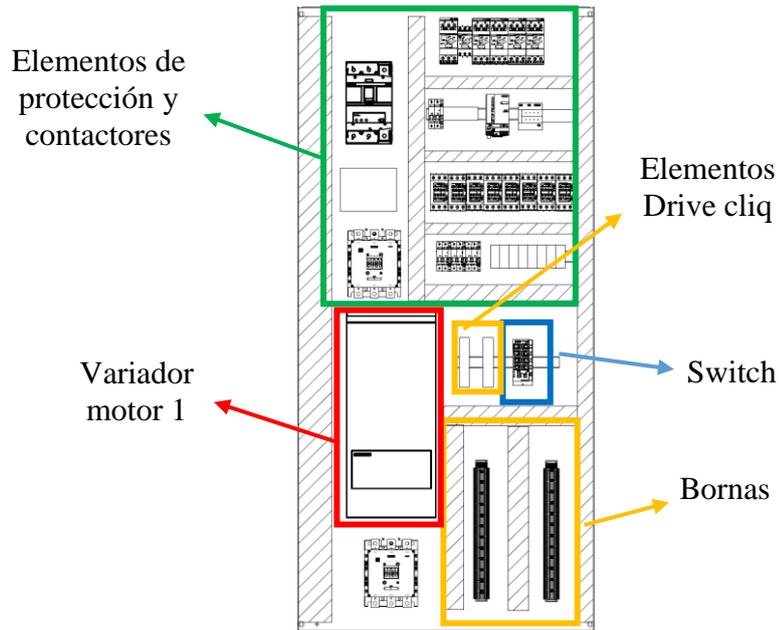


Figura 2.9.- Placa de la Translación del Carro Auxiliar

2.5.6. Translación del Puente

La translación del puente al igual que la elevación principal es una placa corrida simétrica en la que cada variador actúa sobre dos motores.

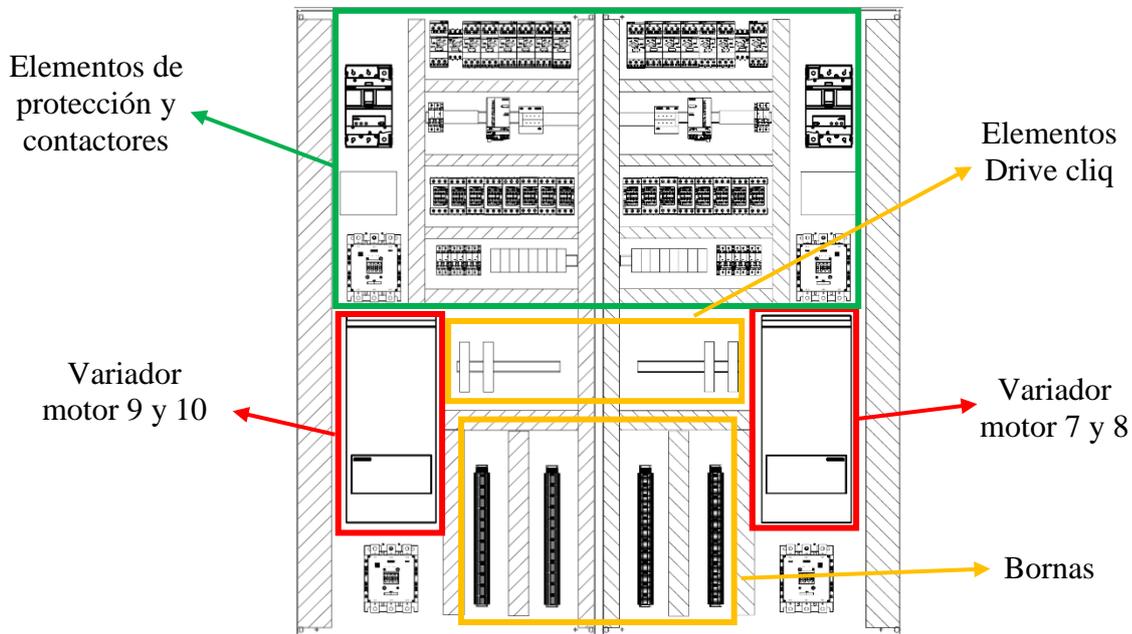


Figura 2.10.- Placas de la Translación del Puente

3. Topología

En este apartado se explicará la topología diseñada para las comunicaciones en la grúa, así como la explicación de los sistemas de comunicación usados.

3.1. PROFIBUS DP

PROFIBUS es un estándar de comunicaciones creado para la comunicación industrial en 1989. En este tipo de bus es necesario que existan dos tipos de estaciones, una que funcione como maestro para controlar el bus y puede transferir mensajes sin petición. Y uno o varios esclavos que reciben los mensajes del maestro y envían información por petición de éste.

De entre los diferentes tipos PROFIBUS PA, FMS y DP se ha seleccionado este último para la grúa, que posee las siguientes características:

- Alta velocidad. Permite velocidades de hasta 12 Mbps dependiendo de la distancia al maestro.
- Plug & Play. Permite agregar fácilmente elementos a una red.
- Bajo coste de la conexión y del cableado.
- Comunicación de control y E/S distribuidas. Es un protocolo pensado para la comunicación en las redes de control.

3.2. PROFINET

PROFINET es un estándar internacional para la comunicación sobre Ethernet Industrial, diseñado para recopilar datos en un sistema industrial. Las principales ventajas de este protocolo de comunicación son las siguientes:

- Es un protocolo de comunicación determinista lo que permite realizar control en tiempo real.
- Estabilidad de las infraestructuras
- Acceso a los dispositivos de la red desde otras redes distintas.
- Ejecución de tareas de mantenimiento desde cualquier lugar.

Además de las ventajas mencionadas, otra es la fácil configuración de los distintos dispositivos, ya que no hace falta ningún adaptador adicional para poder conectarse.

Cada dispositivo con una conexión PROFINET tiene tres direcciones.

- Dirección IP
- Dirección MAC
- Nombre del dispositivo

Al usar como base el estándar ethernet la dirección MAC es única para cada dispositivo y si se cambia la dirección MAC cambia mientras que la dirección IP se mantendría.

Además, este sistema de comunicaciones permite usarse con un sistema de comunicaciones seguro llamado PROFIsafe. Este método de comunicaciones está diseñado como una capa separada en la parte superior de la capa de aplicación del bus de campo para reducir la probabilidad de errores de transmisión de datos. Los mensajes PROFIsafe usan cables y mensajes de bus de campo estándar. Este sistema seguro no depende de los mecanismos de detección de errores de los canales de transmisión subyacentes y, por lo tanto, es compatible con la seguridad de rutas de comunicación completas.

PROFIsafe utiliza mecanismos de detección de errores y fallos como:

- Numeración consecutiva de telegramas, esto permite identificar la pérdida de estos.
- Monitoreo del tiempo de espera o (watchdog), activa un aviso si no se reciben telegramas en un tiempo determinado.
- Comprobación de integridad de los datos. Realiza un chequeo del mensaje para determinar si recibe algún dato corrupto.

Este sistema PROFIsafe es el protocolo encargado de realizar la comunicación entre los distintos variadores y la CPU, para garantizar el envío de las órdenes y la recepción de los distintos datos tomados por los mismos.

3.3. DRIVE-CLIQ

El protocolo de comunicación Drive-cliq es propiedad de SIEMENS, y está basado en Ethernet de 100Mbit/s, resolviendo las causas que derivan en la pérdida de mensajes. Esto permite crear redes de alta velocidad, aunque el principal inconveniente es que no permite crear redes WIFI ni redes en anillo.

Este protocolo es utilizado para conectar unidades de control (CU, del inglés *Central Unit*), variadores, motores y encoders., además de módulos de sensores como el SMC30 o módulos de terminales como el TM31.

3.4. TOPOLOGÍA DE RED DE LA GRÚA

La topología de la grúa consta de dos partes que se entrelazan entre sí en el PLC. Una parte está formada por PROFIBUS, esta es la que se mantiene de la instalación anterior y es la encargada de comunicarse con los telémetros y una remota que se utilizaba para tomar ciertos datos. La razón de mantenerla es que en la actualidad estaba funcionando correctamente y el cambiar los equipos aumentaría notablemente el presupuesto.

La parte nueva se basa en comunicaciones PROFINET y es la encargada de relacionar entre si todos los variadores y la remota de la cabina encargada de tomar todas las señales de mando del operario. Además, este tipo de comunicaciones permite la comunicación con un servidor de Nivel 2 para transmitir datos de la grúa y recibir las consignas de funcionamiento de la grúa.

En la siguiente imagen se puede observar un esquema de cómo se conectan todos los dispositivos empleados en la renovación y actualización de los equipos y la instalación (*revamping*) de la grúa empleando las tecnologías mencionadas en los apartados anteriores.

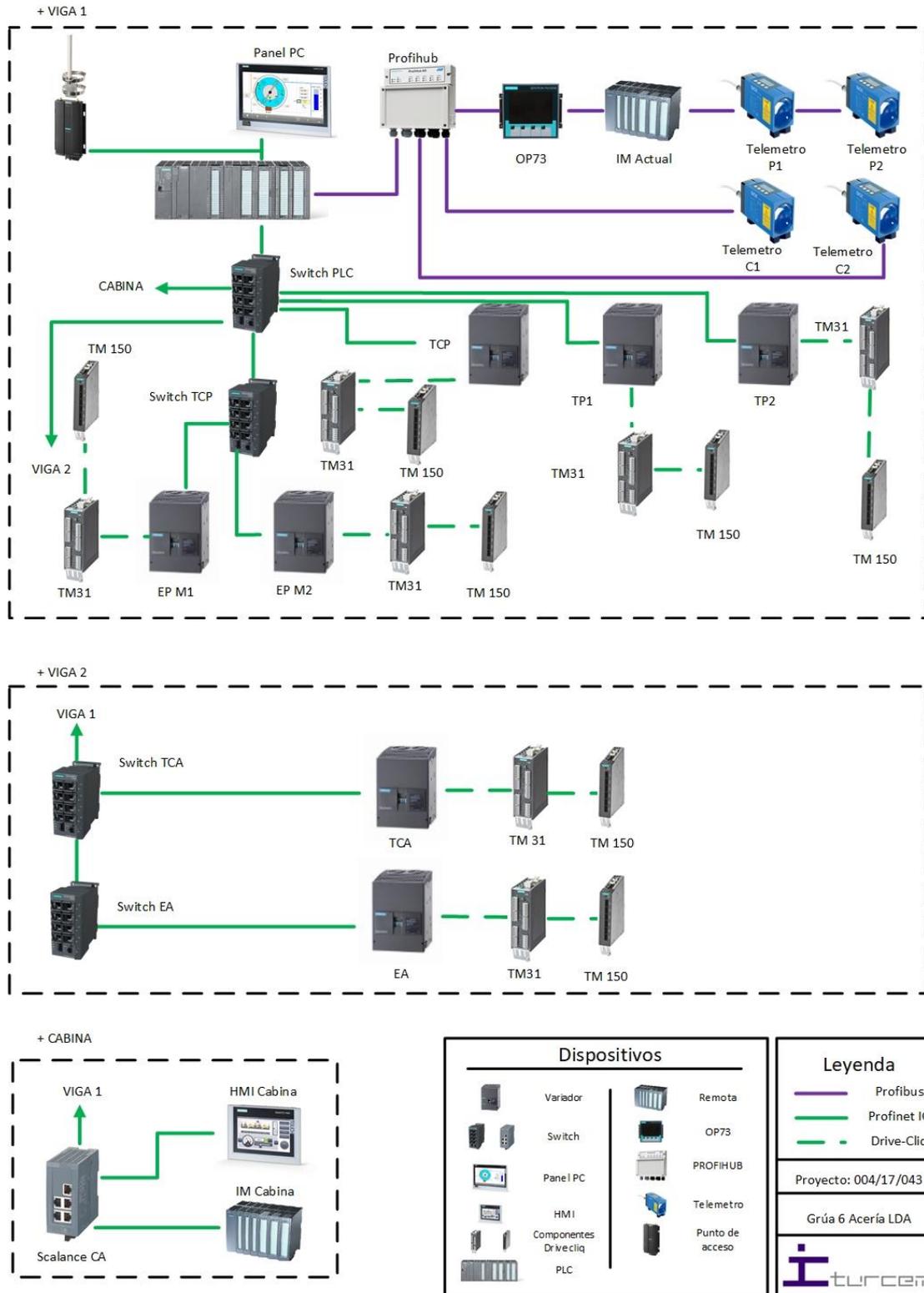


Figura 3.1.- Topología de red de la grúa

Debido al tipo de PEM (Puesta En Marcha) que se realiza, es decir, instalar una placa de cada movimiento en cada parada de la producción, se implementarán 5 redes PROFINET en estrella interconectadas entre sí y unidas a través del PLC.

Una de las redes es PROFIBUS, de color en morado, donde el PROFIHUB se encarga de recolectar las comunicaciones de todos los elementos de instrumentación (telémetros), una remota y el panel de operación OP73 y transmitírselos al PLC. El resto de las redes son PROFINET formadas a partir de un Switch que se interconectan entre sí y con el PLC para formar una red mayor.

En el capítulo siguiente se encuentra información más detallada de los elementos mostrados en la topología anterior.

4. Hardware

En este apartado se comentarán los distintos componentes utilizados en las distintas placas usadas para realizar el revamping.

4.1. PLC

El PLC es el centro de control de la grúa por el que pasan las señales y decide que hacer en cada caso. Para esta grúa se usó un PLC de SIEMENS con distintas tarjetas acopladas a la CPU que realiza cada una de ellas una función distinta.

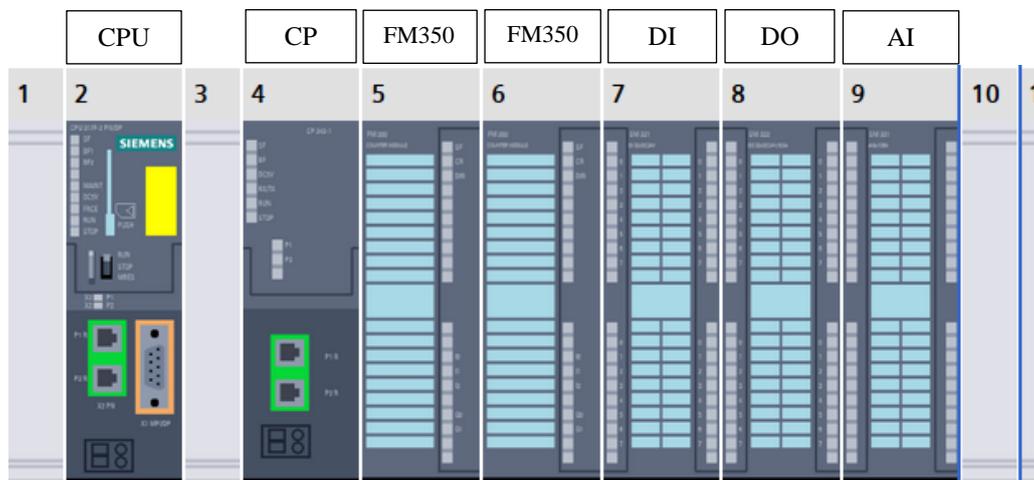


Figura 4.1.- Diagrama de la colocación de los elementos del PLC

4.1.1. Modulo CPU 317F-2 PN/DP

La CPU es el sistema principal del PLC; en ella se realiza el procesamiento de los distintos datos tomados por las diferentes tarjetas y elementos de los que se compone el sistema. Para esta actualización de la grúa se instalará una CPU 317F-2 PN/DP que permite comunicaciones PROFIBUS y PROFINET.



Figura 4.2.- Imagen de la CPU

4.1.2. Tarjeta de comunicaciones PROFINET CP 343-1

La tarjeta de comunicaciones es la encargada de controlar las comunicaciones entre el exterior y el interior de la grúa. La tarjeta elegida es una CP 343-1, esta tarjeta permite la comunicación PROFINET y dispone de dos puertos RJ-45 interconectados entre sí. Además, permite comunicaciones con velocidades de hasta 100 Mb/s.



Figura 4.4.- Imagen de la tarjeta de comunicaciones

4.1.3. Tarjeta contadora FM350-1

Las tarjetas contadoras son las encargadas de realizar el conteo de los pulsos generados por otro sistema. Para este sistema se utilizan dos tarjetas contadoras FM350-1, estas tarjetas permiten funciones de conteo hasta 500 kHz con un canal para la conexión de encoders incrementales de 5V y 24V.



Figura 4.3.- Imagen de la tarjeta contadora

La razón de la utilización este tipo de tarjetas es la necesidad de mantener el tipo de encoder que existía en la instalación. Con esta exigencia implica que la utilización de este tipo de tarjeta facilita el conteo de los pulsos generados por el mismo y se ahorra tiempo en la creación de un código para realizar la misma función.

4.1.4. Tarjeta de entradas digitales SM 321

Se coloca también una tarjeta de entradas digitales SM 321. Esta tarjeta permite hasta 32 entradas digitales de hasta 24 Vcc. Este tipo de tarjetas se usan para recoger señales de ciertos sensores próximos al PLC como los finales de carrera que indican si las elevaciones están subiendo o bajando.



Figura 4.5.- Imagen de la tarjeta de entradas digitales

4.1.5. Tarjeta de salidas digitales SM 322

Se coloca una tarjeta de salidas digitales SM 322. Esta tarjeta permite colocar hasta 32 salidas digitales de hasta unos 24 Vcc. Son las encargadas de activar los distintos relés que se usaran de apoyo para activar distintas funciones en los variadores antiguos, como el de permitir o bloquear su activación, mientras se realiza el cambio de todas las placas. Otras de las utilidades de las que se encargara esta tarjeta son la activación de la bocina o las luces exteriores.



Figura 4.6.- Imagen de la tarjeta de salidas digitales

4.1.6. Tarjeta de entradas analógicas SM 331

Para poder obtener las señales analógicas para obtener la información de las células de carga se utiliza una tarjeta de entradas analógicas SM331, que permite tener conectada 8 señales analógicas. Las células de carga son sensores colocados en cada elevación que permiten conocer el peso de la carga que se está elevando.



Figura 4.6.- Imagen de la tarjeta de entradas analógicas

4.2. TELEMETROS LÁSER

El dispositivo de medida DME 5000 de la empresa SICK es un sensor óptico compacto. El DME emite un láser que incide en el reflector mientras el DME se desplaza con el puente o el carro [2].

El DME calcula la distancia entre el reflector y el sensor por tiempo de medida de vuelo. La medida es enviada vía PROFIBUS al sistema de control, aunque también permite otros sistemas de comunicación dependiendo del modelo.

Este dispositivo necesita una alimentación de 24 Vcc. Para un correcto funcionamiento del dispositivo se recomienda que se utilicen cables apantallados para evitar interferencias.



Figura 4.7.- Telemetro laser

4.3. SCALENCE SWITCH

EL uso de este switch viene de la necesidad de crear cuatro nodos, dos en cada viga para que se puedan recolectar las señales de ciertas zonas y enviarlos a la CPU.

El dispositivo elegido es el SCALANCE X108PoE, posee 2 puertos PoE (del inglés “*Power over Ethernet*”) RJ45 y 6 puertos RJ45 que permiten velocidades de hasta 100Mbits/s con diagnóstico LED, contacto de señalización de fallo con pulsador SET y alimentación redundante manual disponible para la descarga.



Figura 4.8.- Imagen del Switch

4.4. PROFIHUB

El PROFIHUB [3] es un dispositivo que permite la creación de una topología en estrella en una red PROFIBUS. Al hacer pasar el cable de PROFIBUS, como un elemento más, permite que se conecte a él otro dispositivo. En este caso se conectan los telémetros de los carros ya que si se realizara una conexión siguiendo la red normal sería más complicado.

Para alimentar este dispositivo son necesarios 24 Vcc y permite conectar hasta 5 equipos con velocidades que van desde los 9.6 Kbps - 12 Mbps



Figura 4.9.- Imagen del PROFIHUB

4.5. TP 700 COMFORT

La TP 700 Comfort es una pantalla táctil TFT de 7” que permite visualizar hasta 16 millones de colores. Tiene una interfaz PROFINET y otra interfaz MPI/PROFIBUS DP. Permite cargar programas en una memoria interna de 12 Mb, aunque también es posible añadir tarjetas de expansión.

Una característica adicional es que posee puerto USB con lo que permite cargar programas desde él o incluso realizar una copia de seguridad.

Este panel se coloca en la cabina del gruista para que este pueda observar las variables de posición y la consigna de descarga de la grúa, así como el reseteo del altímetro.



Figura 4.10.- Imagen de la TP700

4.6. SINAMIC IPC 477D (PANEL PC)

La SINAMIC IPC 477D es una pantalla multitáctil de 15 “con USB y entradas RJ45. El sistema operativo es Windows 7 de 64 bits con memoria SSD de 224 Gb y alimentación de 24Vcc.

Esta pantalla se encuentra en un soporte al lado de la placa con el PLC y permite visualizar más datos de la grúa y la realización de más funciones de mantenimiento como la determinación de los valores de velocidad del carro.



Figura 4.11.- Imagen con los distintos tamaños de los modelos IPC 477D

4.7. SINAMIC DCM

Los SINAMIC DCM son una nueva generación de convertidores de corriente continua de la marca SIEMENS.

Existen dos partes dentro de estos convertidores:

- Convertidor SINAMICS DCM DC: Es la parte encargada de soportar la potencia del motor.
- Módulo de control SINAMICS DCM. Es el encargado de realizar toda la regulación del módulo convertidor para llevar a cabo el control necesario del motor.

4.7.1. Convertidor SINAMICS DCM DC

Este tipo de convertidores poseen una escalabilidad que permite usarlos tanto para potencias pequeñas como grandes. Para este caso se utilizará el mismo modelo de convertidor, pero modificado para distintas potencias. A continuación, se indican las características más destacadas de estos tipos de convertidores.

- Rango de potencia: 6.3 a 2508 kW
- Corriente media de Vcc: 15 a 3000 A
- Alimentación: 3AC 400 a 950 V
- Corriente de campo Vcc: 3 a 40 A



Figura 4.12.- Imagen de los variadores DCM

4.7.2. Módulo de control SINAMICS DCM

El módulo de control SINAMICS DC MÁSTER se distingue por su diseño compacto que ahorra espacio. Para aprovechar de forma óptima el espacio de montaje / instalación en la planta o el sistema, el módulo de control SINAMICS DC MÁSTER se puede dividir en profundidad.

A continuación, se mostrarán algunas de las características más remarcables:

- Voltajes de convertidor compatibles: 3 AC 50 / 125 / 250 / 575 / 1000 V
- Voltaje de alimentación: Vcc 24 V (Vcc 18 a 30 V); In = 5 A
- Voltaje de campo: 2 AC 480 V (+10 / -20 %)



Figura 4.13.- Imagen del variador DCM

4.7.3. Accesorios de los convertidores

Para facilitar el conexionado de los distintos elementos al variador se pueden agregar distintos módulos que amplían la capacidad de entradas y salidas del mismo.

En este proyecto se utilizaron dos tipos de módulos de expansión:

- TM 150. Ampliación de las señales de entrada de los termistores.
- TM 31. Ampliación del número de entradas y salidas digitales.

4.7.3.1. TM 150

El módulo TM150 es el módulo de expansión encargado de ampliar el número de entradas analógicas dedicadas a la lectura de las señales de los termistores de los motores. Se comunica con la CU a través de drive-cliq (drive-cliq es un sistema de comunicación entre variadores de SIEMENS) y se alimenta a 24 Vcc.



Figura 4.14.- Imagen de un módulo TM 150

4.7.3.2. TM 31

El módulo TM31 es un módulo de expansión de entradas y salidas tanto digitales como analógicas que se comunica con la unidad de control del variador a través de una conexión drive-cliq de Siemens.



Figura 4.15.- Imagen del módulo TM 31

4.8. REMOTA EN CABINA

En la cabina se colocará una remota ET200M donde se conectará toda la pulsatería y distintos dispositivos de operación y supervisión de la grúa como los joysticks. Para ello se colocarán tres tarjetas, una para entradas digitales, otra para salidas digitales y una última para entradas analógicas. Estas tarjetas son de modelos idénticos a las colocadas en el PLC.



Figura 4.16.- Esquema de colocación de las tarjetas de la cabina

4.8.1. Fuente de alimentación

Fuente de alimentación PS307 24V/2 A, es una fuente de la gama S7-300 que convierte una tensión de entrada de 120 o 230 V AC a una tensión estable de 24 Vcc.



Figura 4.17.- Imagen de la fuente de la alimentación

4.8.2. IM153-4 PN IO

Para centralizar la información de las tarjetas de la cabina se utiliza la IM usada es una 153-4 PN de altas prestaciones admite módulos de SEGURIDAD, Módulos HART y la utilización de módulos de redundancia, aunque estas prestaciones no se utilizan en este proyecto.



Figura 4.18.- Imagen de la IM

4.8.3. SCALANCE XB005

Para aumentar el número de puertos de PROFINET en la cabina se utiliza el switch SCALANCE XB005 que permite la creación de pequeñas redes en estrella y en línea con sus 5 puertos RJ45 y velocidades de hasta 100 Mb



Figura 4.19.- Imagen del Switch de la cabina

4.9. APARALLAJE

Todo el aparillaje utilizado es de la gama SIRIUS de SIEMENS. Esta gama de equipos dispone de una serie de contactores y guarda motores de distintas potencias y voltajes.



Figura 4.20.- Imagen de ejemplo de la aparamenta

Para otras aplicaciones se utilizarán automáticos de la gama 2RV y 5SY dependiendo de la intensidad y la tensión a proteger.



Figura 4.21.- Ejemplo de automático de la rama 5SY

5. Ingeniería eléctrica

La realización de la ingeniería se realizó mediante el software especializado EPLAN P8 2.6. Este software eléctrico permite la realización de esquemas eléctricos y obtener la información necesaria para realizar una ingeniería correcta. La ingeniería se encontrará como anexo a este documento.

El uso de la ingeniería eléctrica es imprescindible para la realización del montaje, ya que con ella se puede explicar más fácilmente al personal encargando del mismo en qué lugar hay que colocar cada componente y como se realizan las conexiones entre ellos, que pueden ser de alimentación de los dispositivos, de señales de sensores y de los distintos tipos de comunicaciones. También ayuda a la hora de realizar la programación, ya que se indican las direcciones de las señales tanto del PLC como de los distintos sensores.

5.1. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

Para facilitar la comprensión de la ingeniería eléctrica se utilizará una estructura que distribuye los esquemas eléctricos según su posición.

En este caso la grúa estaría en el nivel de la instalación que en el EPLAN se representa como un “=”. El resto de las placas que conforman la parte eléctrica de la grúa se colocarían en un nivel inferior dentro de éste que correspondería al lugar de instalación de las mismas, que se representarían en el EPLAN con un “+”.

El resultado final sería el siguiente

- = Grúa 6
 - + PLC
 - + ELVPRIN (Elevación Principal)
 - + ELVAUX (Elevación Auxiliar)
 - + TP_M6_M7 (Translación Puente M6 y M7)

- + TP_M8_M9 (Translación Puento M8 y M9)
- + TCPRIN (Translación Carro Principal)
- +TCAUX (Translación Carro Auxiliar)
- + CABINA

5.2. CODIFICACIÓN DE LAS PAGINAS

Otra de las formas utilizadas para crear una diferenciación dentro de un mismo lugar de instalación es la clasificación de los números de páginas para determinadas funciones. A continuación, se muestra el número de páginas con la función que se le da dentro de un mismo lugar de instalación.

- 1: Portada
- 10-100: Índice
- 900-1000: Unifilares
- 1000-5000: Desarrollados
- 5000-6000: Lista de materiales

6. Software de control

La programación del control de la grúa se realiza a través de cuatro programas de SIEMENS:

- STEP 7. Se utiliza para programar el PLC, configurar el hardware y las comunicaciones entre los distintos dispositivos.
- STARTER. Utilizado para configurar los variadores de velocidad de SIEMENS.

6.1. PROGRAMACIÓN EN STEP 7

6.1.1. Configuración del hardware

Lo primero que se ha realizado es la configuración del hardware dentro del programa y las comunicaciones que se precisan entre los distintos elementos de la instalación.

Para realizar esta configuración hay que entrar en la pestaña con el nombre de “Hardware” como se puede ver abajo en la ver imagen del proyecto.

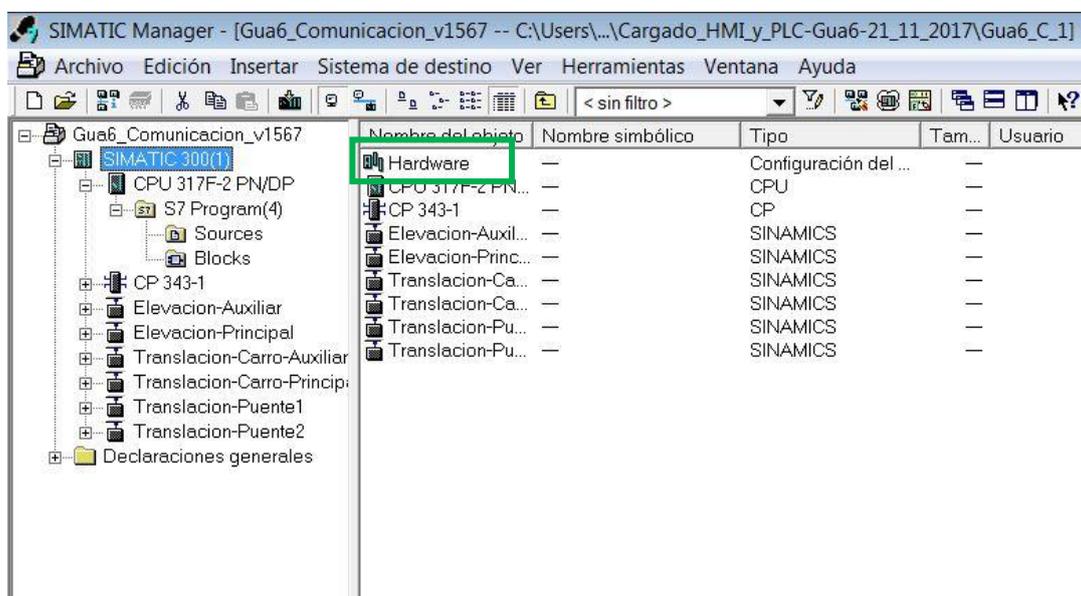


Figura 6.1.- Imagen de la pantalla inicial del proyecto en STEP7

Una vez se cargue la nueva pantalla se puede observar el PLC con las diferentes tarjetas que lo conforman y saliendo de él las topologías de red con los distintos tipos de comunicaciones, en este caso PROFINET y PROFIBUS.

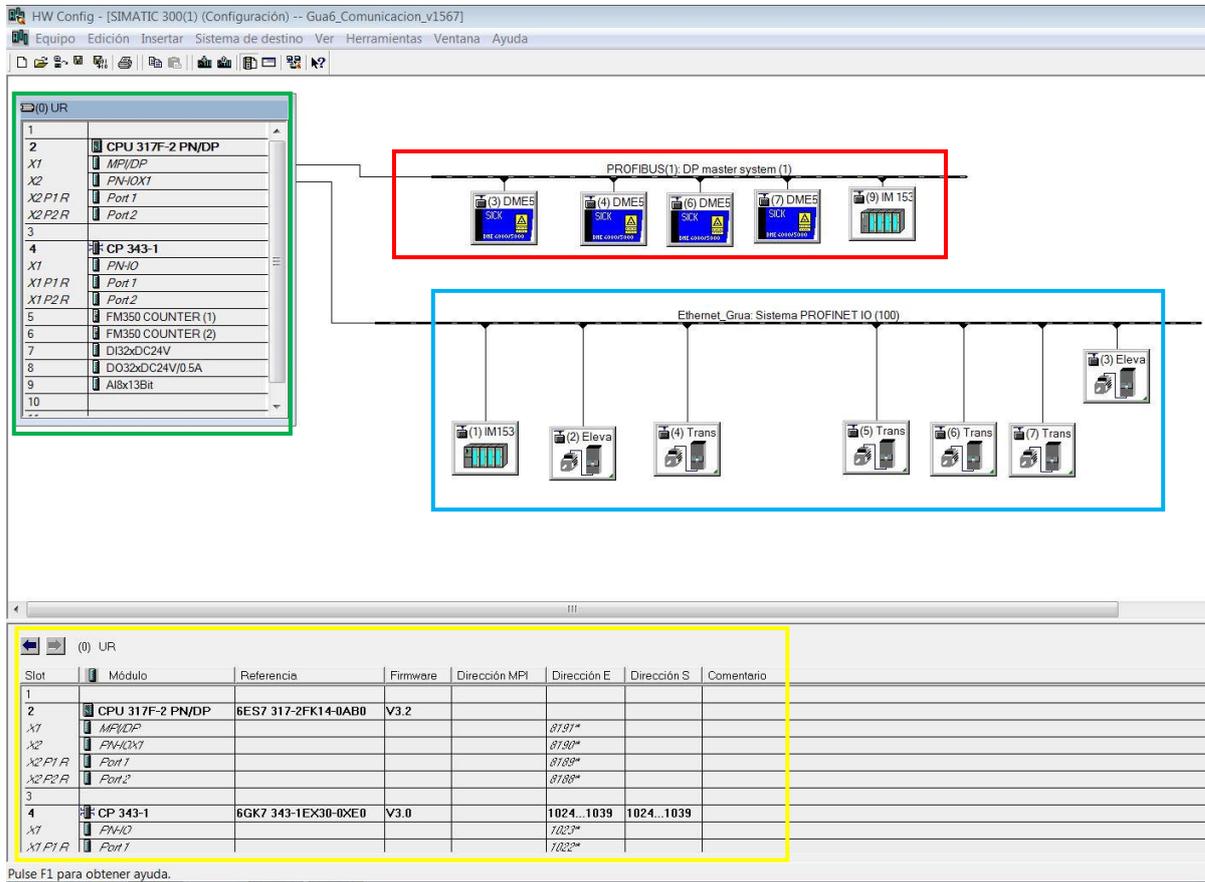


Figura 6.2.- Imagen de la pantalla de "Hardware"

Rodeado, por un rectángulo verde, como ya se mencionó se identifica el PLC de la instalación con las distintas tarjetas. A su derecha, rodeado de rojo se encuentra la red PROFIBUS con los telémetros laser y una remota PROFIBUS de la instalación antigua, que se mantendrá hasta realizar el revamping completo. Y rodeado de azul la red PROFINET con la remota de la cabina y los distintos variadores.

Si se pulsa sobre cualquier dispositivo aparecerá en la zona rodeada de amarillo un resumen de sus propiedades como la versión del firmware o su dirección. Si se vuelve a pulsar sobre el elemento se acceden a más propiedades. En algunos casos, como en el de las tarjetas contadoras, disponen de un configurador a través de una aplicación particular como la que se muestra en la siguiente imagen.

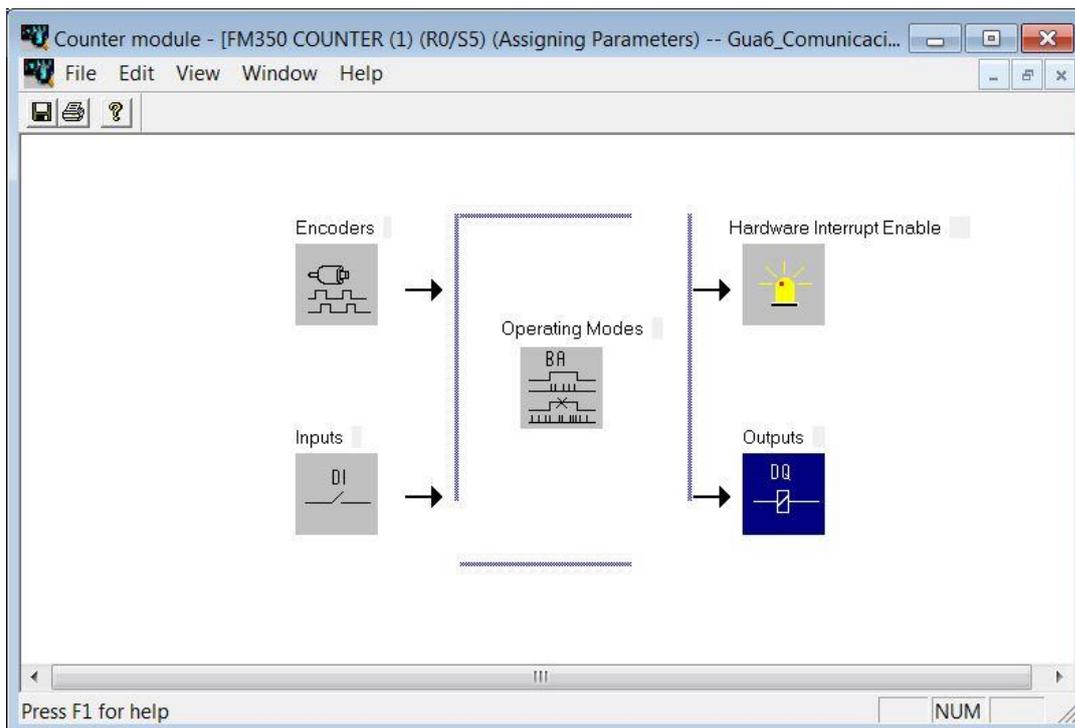


Figura 6.3.- Configurador de la tarjeta contadora FM350

6.1.2. NetPro

La configuración de las comunicaciones se realiza a través de un programa que se accede desde el propio STEP 7 llamado NetPro. Para poder abrirlo hay que pulsar sobre su botón que aparece en la barra de herramientas.

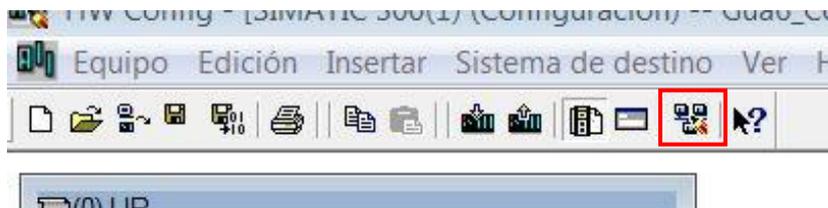


Figura 6.4.- Botón de acceso a NetPro

Una vez inicia el NetPro, aparecerá una vista parecida al hardware, pero centrada en las comunicaciones, mostrando todas las redes existentes y permitiendo crear unas nuevas.

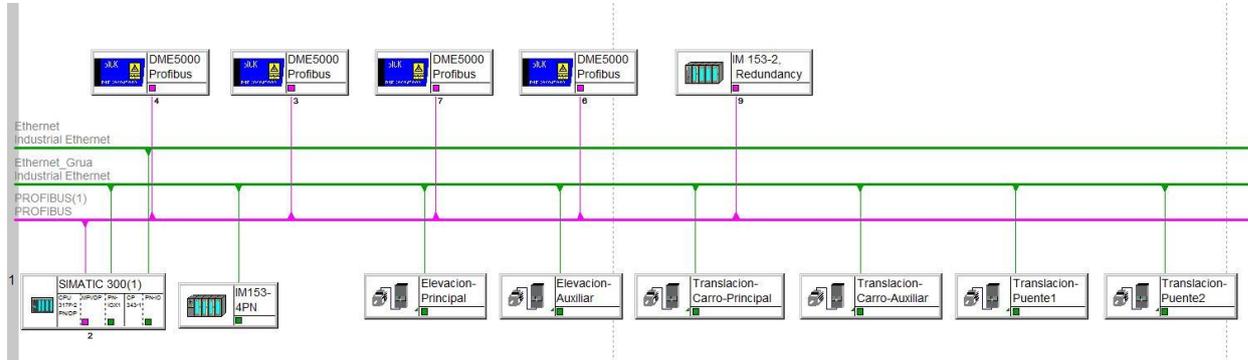


Figura 6.5.- Topología de la red de la grúa

En la imagen anterior se puede observar de morado la red de PROFIBUS y de verde la de PROFINET. Como se puede ver existen dos redes PROFINET, una para el interior de la grúa y otra para comunicarse con el exterior. Este sistema permite que cada grúa se identifique con una dirección IP y no malgastar dirección de la red superior de Nivel 2 en los distintos dispositivos de la grúa, como remotas o variadores.

Desde esta pantalla se configuran el enlace con Nivel 2 que posee esta grúa. Para ello hay que seleccionar el elemento que se va a encargar de administrarlo, en este caso la CP 343-1 del PLC y se pulsa sobre la tabla de debajo de la pantalla. Una vez creado aparece el enlace con sus propiedades en la última fila libre de la misma.

ID local	ID del int	Interlocutor	Tipo	Iniciativa local	Enviar avisos	Subred	Interface loc	Interface del in	Dirección local	Dirección del in
0001 A...		TCP connection1	Enlace TCP	sí	-	Ethernet [IE]	PN-IO	--	172.168.101.157	172.168.97.22

Figura 6.6.- Tabla de enlaces

6.1.3. Programa de control

El programa de control consta de distintos tipos de bloques que se relacionan entre sí para que la aplicación tenga una estructura coherente y funcione correctamente. Para agregar nuevos bloques se emplea la opción desde el árbol del proyecto que aparece en STEP7.



Figura 6.8.- Menú del programa

El siguiente diagrama representa de forma muy general los estados en los que se organiza la aplicación y los mecanismos para la transición entre ellos.

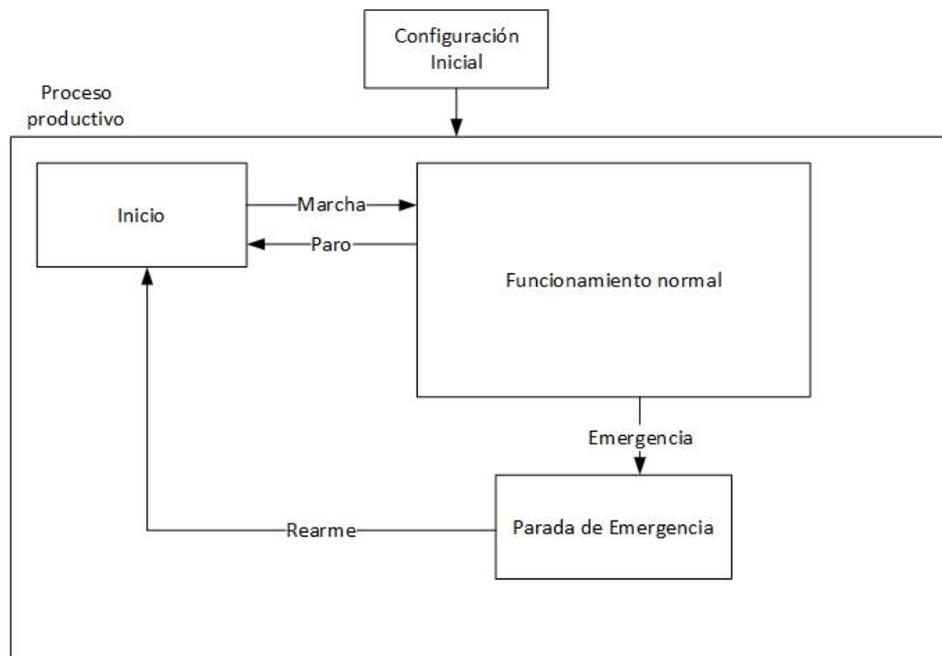


Figura 6.9.- Esquema de programa

Nada más iniciado el PLC se activa un estado de configuración inicial de los distintos dispositivos que lo conforman; este paso solo se realiza una vez pasando automáticamente a un estado inicial.

Desde este punto, tras la pulsación de marcha se inicia el funcionamiento normal. Únicamente se puede salir de este modo pulsando el botón de paro o si ocurre una emergencia que pasaría por un modo parada de emergencia hasta que se pulsara el botón de rearme.

Para la implementación de estos modos de funcionamiento, en el desarrollo de esta aplicación se crearán un conjunto de bloques correspondientes a uno de estos tres tipos que son los permitidos por los lenguajes de programación en STEP7 de SIEMENS:

- Bloque de organización (OB)
- Bloque de función (FB)
- Función (FC)

Respecto a los lenguajes de programación admitidos están los de tipo gráfico:

- KOP, Lenguaje de contactos
- FUP, Diagrama de bloques funcionales

y los de tipo literal:

- SCL, Texto estructurado
- AWL, Lista de instrucciones

así como el lenguaje S7-GRAPH que implementa diagramas secuenciales y cíclicos similares a los propuestos por el estándar GRAFCET.

En este proyecto se utilizarán todos los tipos de lenguaje salvo el GRAFCET debido al tipo de programa. La preferencia de los lenguajes gráficos es mayor a los literal, ya que los primeros son más fácil de entender para el personal de mantenimiento.

6.1.3.1. Bloques de organización

Los bloques de organización sirven para organizar el resto de los bloques, determinar el ciclo de ejecución y cuándo se han ejecutar (inicio del programa, fallo del PLC o fin de programa)

En este programa se utilizan dos OBs:

- OB1.
- OB100

El OB1 se ejecuta en el ciclo normal de la CPU (ciclo de scan). En él se colocarán las funciones que se quieran que ejecuten continuamente cíclicamente durante todo el programa. En el programa que está cargado actualmente en la grúa es el siguiente, sin el control de los variadores.

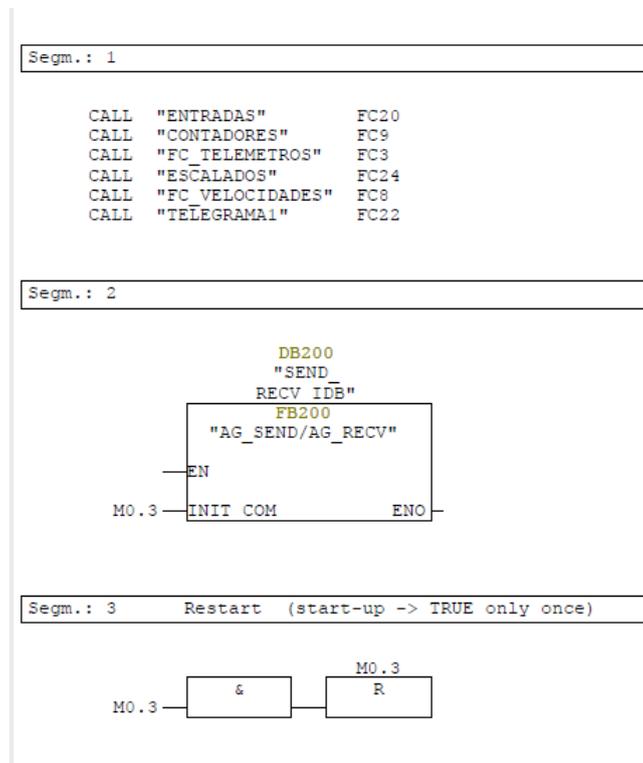


Figura 6.10.- Funciones del OB1

En el segmento 1 se encarga de la activación de las funciones del programa de la grúa y los segmentos 2 y 3 de las comunicaciones con Nivel 2.

El OB100 se ejecuta solo una vez al pasar el autómatas de STOP a RUN; en este módulo se inician marcas (memorias internas), las de tipo binario con valor a "1" o a "0" y se inicializan otras correspondientes a módulos de datos con valores de las tarjetas contadoras (ver imagen siguiente).

Segm.: 4 Inicializar Contador 1			
L	272		
T	"CONTADOR1".MOD_ADR	DB4.DBW6	-- Module address (write user)
L	P#272.0		
T	"CONTADOR1".CH_ADR	DB4.DBD8	-- Channel address (write user)
L	16		
T	"CONTADOR1".U_D_LGTH	DB4.DBB12	-- User data length (write user)
L	0		
T	"CONTADOR1".LOAD_VAL	DB4.DBD14	-- New load value (write user)

Segm.: 5 Inicializar contador2			
L	288		
T	"CONTADOR2".MOD_ADR	DB5.DBW6	-- Module address (write user)
L	P#288.0		
T	"CONTADOR2".CH_ADR	DB5.DBD8	-- Channel address (write user)
L	16		
T	"CONTADOR2".U_D_LGTH	DB5.DBB12	-- User data length (write user)
L	0		
T	"CONTADOR2".LOAD_VAL	DB5.DBD14	-- New load value (write user)

Figura 6.11.- Segmentos 4 y 5 del OB100

6.1.3.2. Funciones

Las funciones o FC se utilizan para organizar el programa y cuando no es necesario que tenga un bloque de datos o DBs asignado ahorrando así memoria y facilitando su reutilización.

Algunos de los FCs usados en este programa es el “FC Escalados” encargado de realizar la adecuación de las señales de entrada procedentes del altímetro y las células de carga o el “FC22 Telegrama1” que se encarga de la construcción del telegrama para enviar a Nivel 2.

6.1.3.2.1. FC9 Contadores

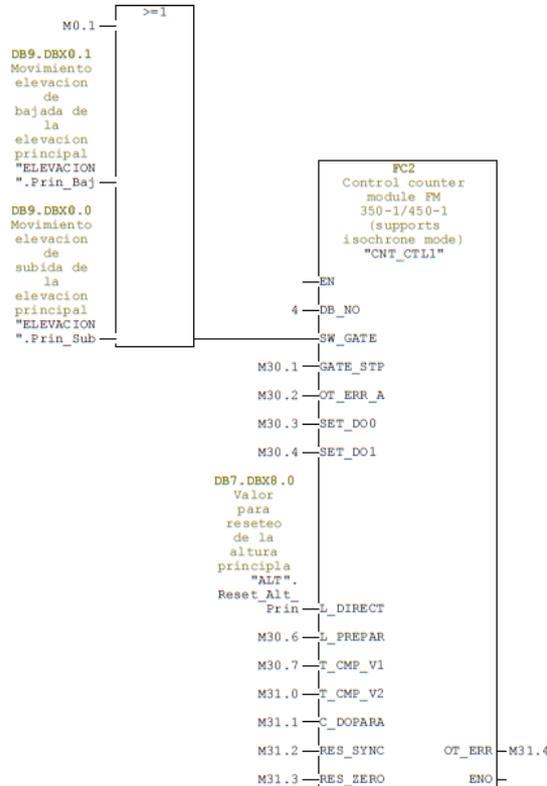
El FC 9 se encarga de realizar el control de las tarjetas contadoras para indicar cuando se inicia el conteo de los pulsos.

En este modo de conteo en el que únicamente se contarán los pulsos introducidos cuando se indique por software, se pondrán todas las entradas a “0” salvo aquella que sirve para iniciar el conteo (SW-GATE) y la que indica el DB donde se guardan los datos (DB_NO).

Bloque: FC9

Si se quiere activar la precarga L-direct que son las marcas M30.5 y M32.5

Segm.: 1



Segm.: 2

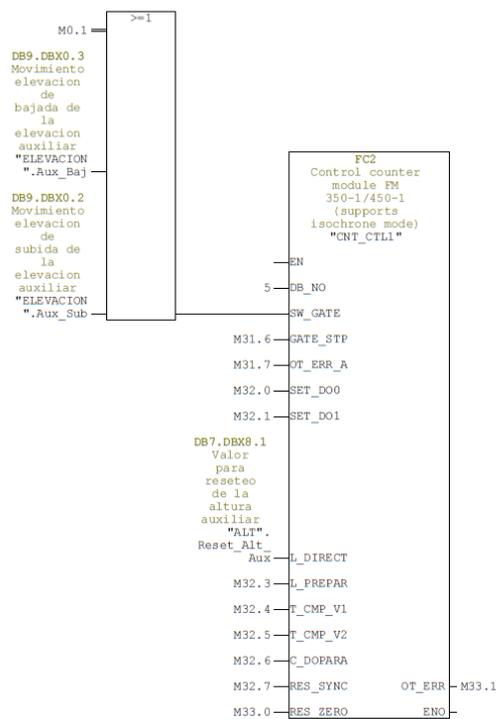


Figura 6.12.- FC9 Contadores

6.1.3.2.2. FC3 Telémetros

El FC3 es el encargado de indicar las distintas posiciones de interés en la translación del puente de la grúa. Esta parte del código se adapta de la parte del PLC original de la grúa hasta que se haga el revamping completo.

En este FC se incluyen tantos FB1, que realizan una comparación de posiciones, como posiciones se quieran controlar, en este caso 10 posiciones.

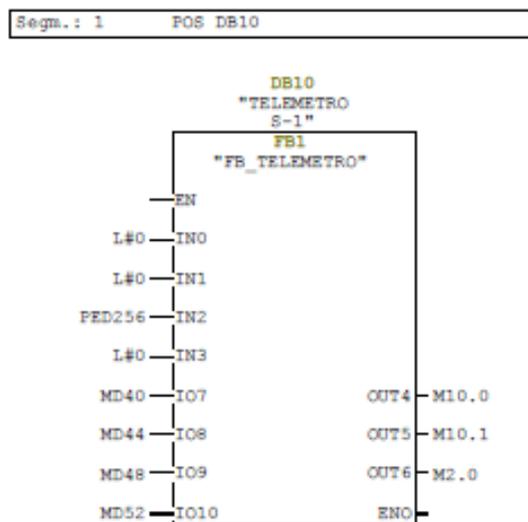


Figura 6.13.- FC3 Telémetros, ejemplo de FB Telémetros

Los valores L#0 son los valores de la posición del puente que se quiere comprobar, en este caso la posición 0. Los valores MDxx son marcas usadas para realizar una comprobación de la función y las Marcas M10.0 y M10.1 indican si están en esa posición o se está cerca de ella.

Cuando la grúa se acerque a esa posición se encenderá un aviso amarillo y cuando este en la posición se enciende un aviso verde.

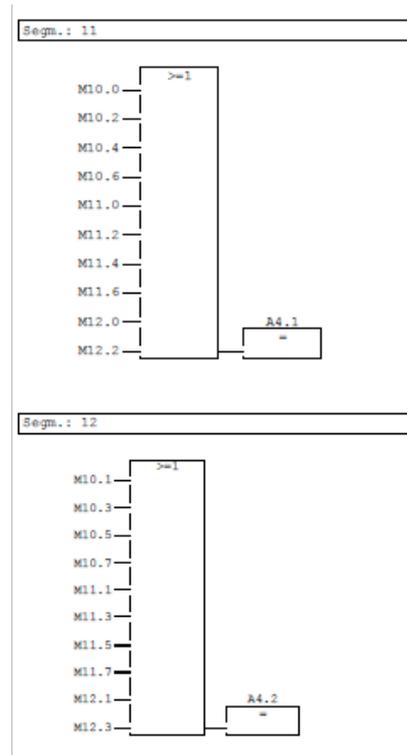


Figura 6.14.- FC3 Telémetros, Iluminación de las lamparas

También tiene un control de anticolidión que indicará cuando las dos grúas estén a una distancia determinada.

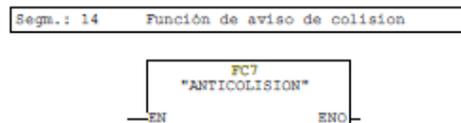


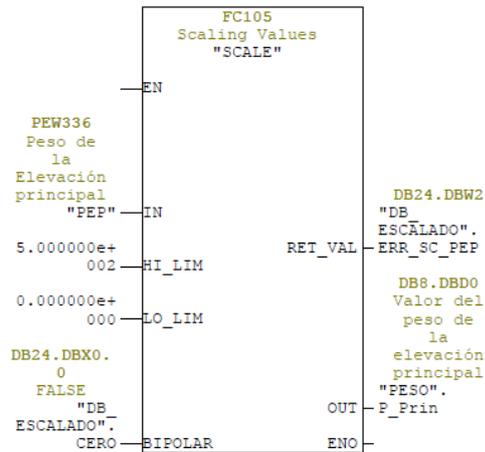
Figura 6.15.- FC3 Telémetros, Anticolidión

6.1.3.2.3. FC24 Escalados

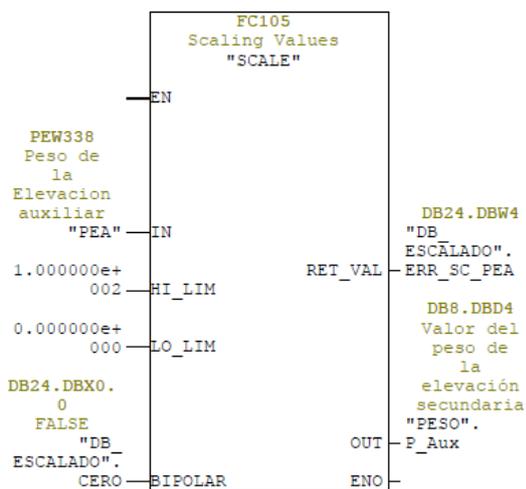
En el FC 24 es el encargado de transformar los datos analógicos recogidos con distintos sensores como las células de carga, los encoders y los telémetros. El diferente origen de los datos provoca que existan tres partes bien diferenciada ya que en cada parte se usa un método distinto para adecuar los datos.

La primera parte está formada por los datos obtenidos de las células carga. Para adaptar estos datos se utiliza el bloque “FC105 SCALE” ya definido de STEP 7 que permite convertir un valor INT en otro REAL únicamente poniendo el límite inferior y superior de conversión.

Segm.: 1 Peso de la elevacion Principal



Segm.: 2 Peso de la elevacion auxiliar



Segm.: 3 Peso Total

Posible retirada

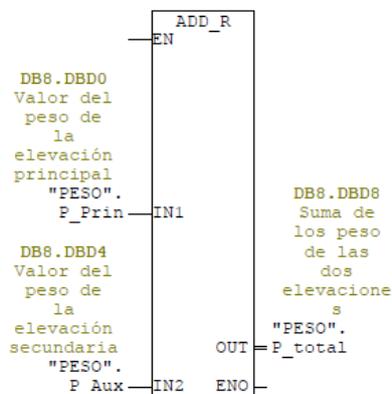
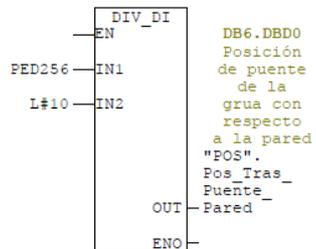


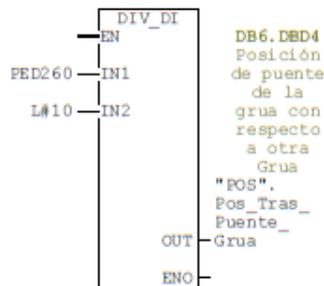
Figura 6.16.- FC24 Escalados, células de carga

La segunda parte es la encargada de modificar los valores de los telémetros. A diferencia del caso anterior, solo hace falta hacer una división para poder obtener el valor en mm.

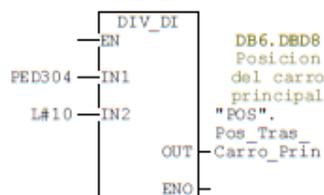
Segm.: 4 Posicion Puente con respecto a la pared



Segm.: 5 Posicion Puente con respecto a otra grua



Segm.: 6 Posicion del carro principal



Segm.: 7 Posicion del carro Auxiliar

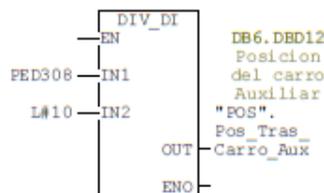


Figura 6.17.- FC 24 Escalados, telémetros

La última parte se encarga de convertir el número de pulsos de los encoders de las elevaciones en la altura a la que se encuentran los ganchos de la grúa. Para ello se crea el FB4 que se explicara más adelante.

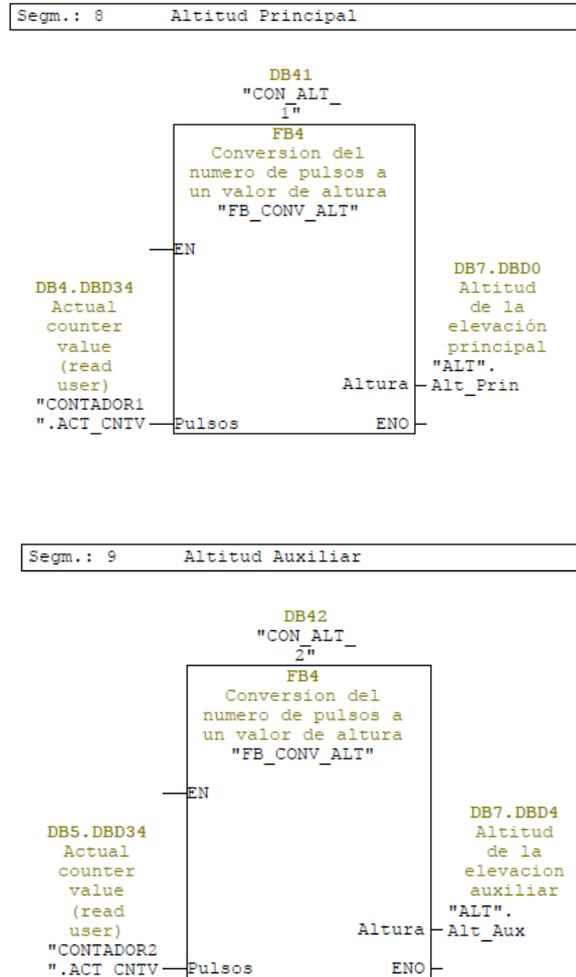
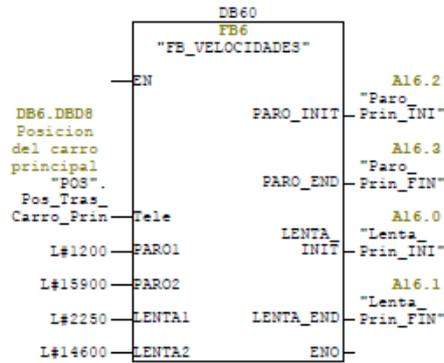


Figura 6.18.- FC24 Escalados, Altura

6.1.3.2.4. FC 8 Velocidades

EL “FC Velocidades” se encarga de controlar el paro y el ralentizado de los carros para evitar choques con el final del puente. En este FC se encuentran tantos FB6, que se usan para realizar la comparación, como carros hay en el puente. Los detalles de este FB se explicarán con más detalle en el siguiente apartado.

Segm.: 1



Segm.: 2

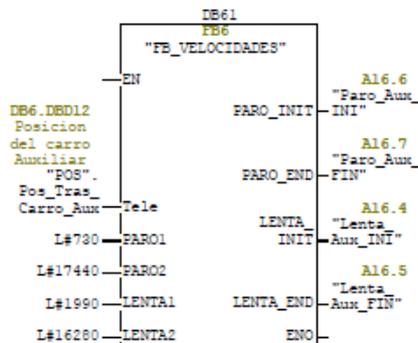


Figura 6.19.- FC 8 Velocidades

Los valores L#xxxx que se introducen en el FB son los valores de comparación para indicar cuando se introduce en las zonas de ralentizado y de paro. En el apartado del FB6 se explicará con más detalle las zonas de velocidad.

6.1.3.2.5. FC22 Telegramas

Este FC organiza todas las variables en un DB (Bloque de Datos) para que dejarlas en el orden necesario para que las interprete el receptor. Otra acción que realiza esta función es la de invertir el orden de todas las variables que no sean booleanas para adecuarlas al orden de recepción.

Segm. : 6 Gancho Auxiliar Bajando			
SMT			
U	"ELEVACION".Aux_Baj	DB9.DBX0.3	-- Movimiento elevacion de bajada de la elevacion auxiliar
UN	"ELEVACION".Aux_Sub	DB9.DBX0.2	-- Movimiento elevacion de subida de la elevacion auxiliar
=	"Tele_L1_L2".Datos_Grua_06_LDA_ST.InfBin1[14]	DB100.DBX7.6	
Segm. : 7 Gancho Auxiliar Movimiento			
O	"ELEVACION".Aux_Sub	DB9.DBX0.2	-- Movimiento elevacion de subida de la elevacion auxiliar
O	"ELEVACION".Aux_Baj	DB9.DBX0.3	-- Movimiento elevacion de bajada de la elevacion auxiliar
=	"Tele_L1_L2".Datos_Grua_06_LDA_ST.InfBin1[12]	DB100.DBX7.4	
Segm. : 8 Posicion Gancho Principal (Altitud)			
L	"ALT".Alt_Prin	DB7.DBD0	-- Altitud de la elevación principal
TAD			
T	"Tele_L1_L2".Datos_Grua_06_LDA_ST.Pos_Gan_Prin	DB100.DBD24	-- Altitud Principal
NOP	0		
Segm. : 9 Posicion Gancho Auxiliar (Altitud)			
L	"ALT".Alt_Aux	DB7.DBD4	-- Altitud de la elevacion auxiliar
TAD			
T	"Tele_L1_L2".Datos_Grua_06_LDA_ST.Pos_Gan_Aux	DB100.DBD28	-- Altitud Auxiliar
NOP	0		
Segm. : 10 Posicion Carro Principal			
L	"POS".Pos_Tras_Carro_Prin	DB6.DBD8	-- Posicion del carro principal
DTR			
TAD			
T	"Tele_L1_L2".Datos_Grua_06_LDA_ST.Pos_Carr_Prin_Telem	DB100.DBD52	-- Posicion Carro Principal Telemetro Laser
NOP	0		
Segm. : 11 Posicion del carro auxiliar			
L	"POS".Pos_Tras_Carro_Aux	DB6.DBD12	-- Posicion del carro Auxiliar
DTR			
TAD			
T	"Tele_L1_L2".Datos_Grua_06_LDA_ST.Pos_Carr_Aux_Telem	DB100.DBD164	-- Posicion Carro Auxiliar Telemetro Laser
NOP	0		
Segm. : 12 Distancia del puente a la pared			
L	"POS".Pos_Tras_Puente_Pared	DB6.DBD0	-- Posición de puente de la grua con respecto a la pared
DTR			
TAD			
T	"Tele_L1_L2".Datos_Grua_06_LDA_ST.Pos_Long_Telem	DB100.DBD48	-- Posicion Longitudinal Telemetro Laser
NOP	0		

Figura 6.20.- Ejemplo del FC22 Telegrama

6.1.3.2.6. FC7 Anticolisión grúas

El FC 7 realiza una comparación de la posición del puente con respecto al puente de la otra grúa y si ambas grúas estas muy próximas salta un aviso.

Bloque: FC7 ANTICOLISION GRUAS

Segm.: 1 Anticolision norte

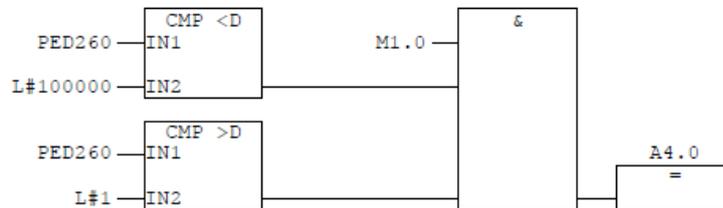


Figura 6.21.- FC7 Anticolisión grúas

6.1.3.2.7. FC10 Coeficiente teórico

El coeficiente teórico es un valor que relación el giro del motor de la elevación con la altura del gancho de la grúa, que se expresa con las siguientes funciones.

$$\text{Perimetro} = \pi * \text{diametro}$$

$$\text{Reduccion} = \frac{\text{Vueltas tambor}}{\text{Vueltas motor}}$$

$$\text{Coeficiente} = \frac{\text{Perimetro}}{\text{Reducción} * \left(\frac{\text{pulsos}}{\text{vuelta}}\right)}$$

Todas las variables son adimensionales salvo el perímetro que se mide en metros (m).

Para representar fácilmente estas funciones se utiliza el lenguaje de programación SCL que es similar a Visual Basic.

```

1 FUNCTION FC10: VOID
2
3 VAR_TEMP
4   Perimetro:REAL;
5 END_VAR
6
7 VAR_INPUT
8
9   Diam_Tambor: REAL;
10  Reduc :REAL ; // el valor del despositivo reductor (vueltas tambor/vueltas motor)
11  PulVuelta:REAL;
12 END_VAR
13
14 VAR_OUTPUT
15   Coef:REAL;
16 END_VAR
17
18 CONST
19   PI:= 3.1415927;
20 END_CONST
21
22 Perimetro:= PI*Diam_Tambor;
23
24 Coef:=Perimetro/(Reduc*Pulvuelta);
25
26 END_FUNCTION
27

```

Figura 6.22. - FC10 Coeficiente teórico

6.1.3.3. Bloques de Función

Los Bloques de Función o FBs son similares a los FC con la diferencia que necesitan tener asignado un DB para guardar los datos entre una llamada y la siguiente.

En este programa, el FB más importante utilizado es el encargado de las comunicaciones con Nivel 2, ya que controla el establecimiento de la comunicación, el envío del telegrama y la recepción y clasificación de los distintos telegramas recibidos. Otro FB utilizado es el encargado de determinar las posiciones de ralentizado y paro de la grúa en función de la distancia tomada con los telémetros. Se comentan a continuación los aspectos relevantes de este conjunto de FBs.

6.1.3.3.1. FB2 Contador

Debido a que el contar normal del programa STEP7 tiene un máximo de 128 y por petición del cliente se necesitaba que el programa contara hasta un valor de 32767, se vio la necesidad de crear un contador propio que cumpliera con esta característica.

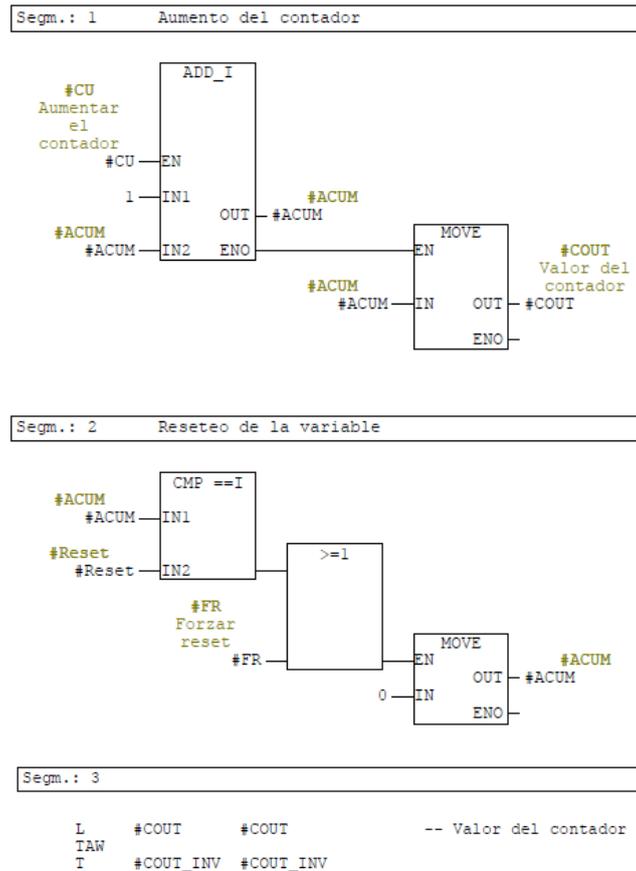
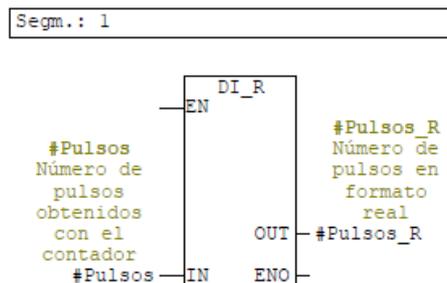


Figura 6.23.- FB2 Contador

Cuando el FB recibe un flanco positivo suma un 1 a un acumulador que en este caso sería el número total de telegramas. Además, en el segmento 2 se puede ver la forma de resetear el contador, este puede ser de dos formas. Una cuando llegue a un valor predefinido con anterioridad y la segunda por la recepción de un flanco positivo.

6.1.3.3.2. FB4 Conversión de la altura

El FB4 es el encargado de realizar la conversión entre los pulsos generados por el encoder y la altura del gancho de la grúa.



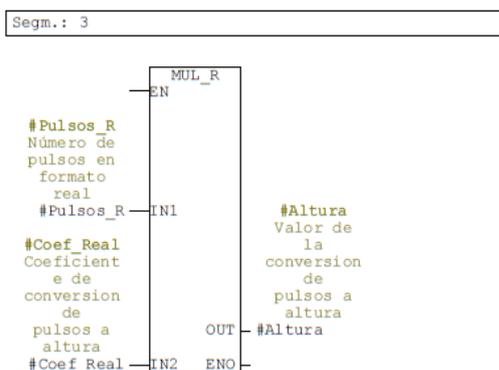
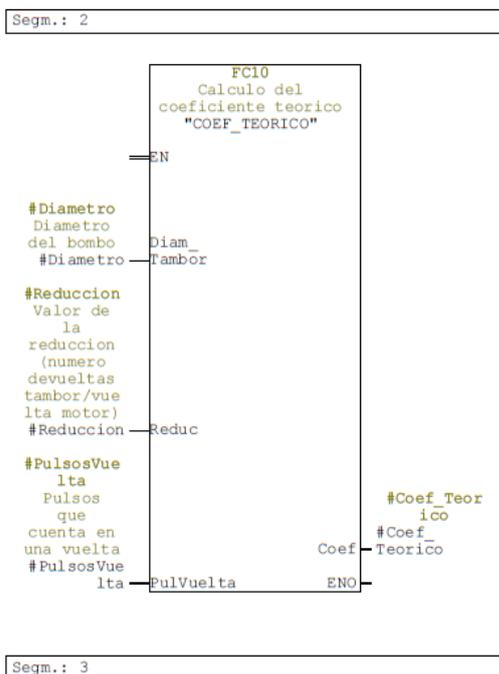


Figura 6.24. FB4 Conversión de la altura

Este FB se divide en tres segmentos. El primer segmento se encarga de transformar un valor entero en real para que permita realizar cálculos más precisos. En el segundo segmento se ejecuta el FC10 que se dedica al cálculo del coeficiente teórico mencionado en el apartado anterior. En el último segmento se realiza la operación de multiplicar el coeficiente real por el número de pulsos y se obtiene como resultado la altura. Todas las variables que se usan son adimensionales salvo el diámetro que es en m.

6.1.3.3.3. FB6 Velocidades

El FB6 tiene la función de realizar la comparación de los datos obtenidos con los telémetros del carro con unos valores prefijados que permiten el control del ralentizado y el paro del carro.

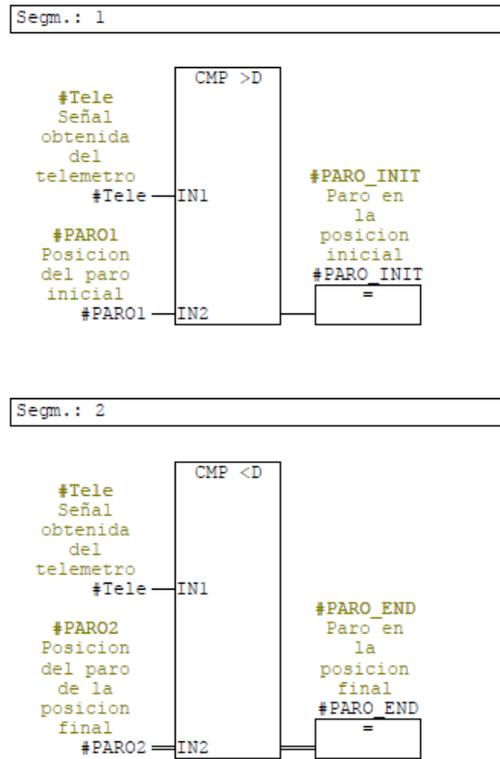


Figura 6.25.- FB6 Velocidades, Paro

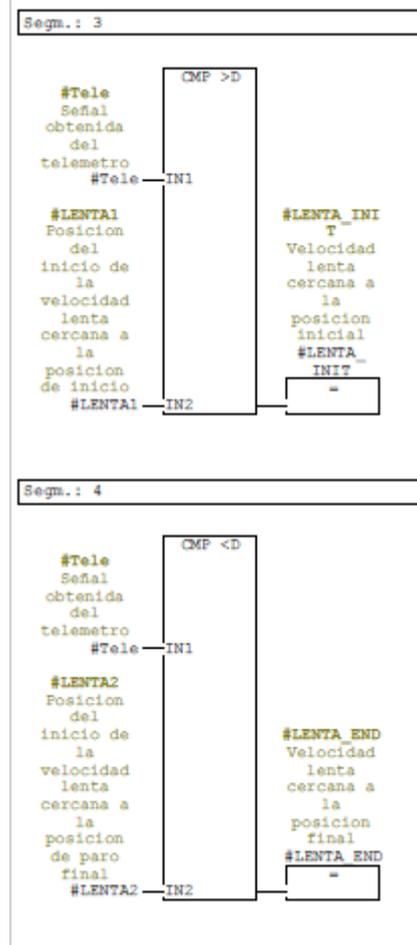


Figura 6.26.- FB6 Velocidades, Ralentizado

A este bloque funcional se le introducen 5 datos: la posición actual dada por el telemetro y las posiciones de paro y ralentizado de la grúa. Esta imagen representa un ejemplo de las zonas de paro y ralentizado de la grúa.

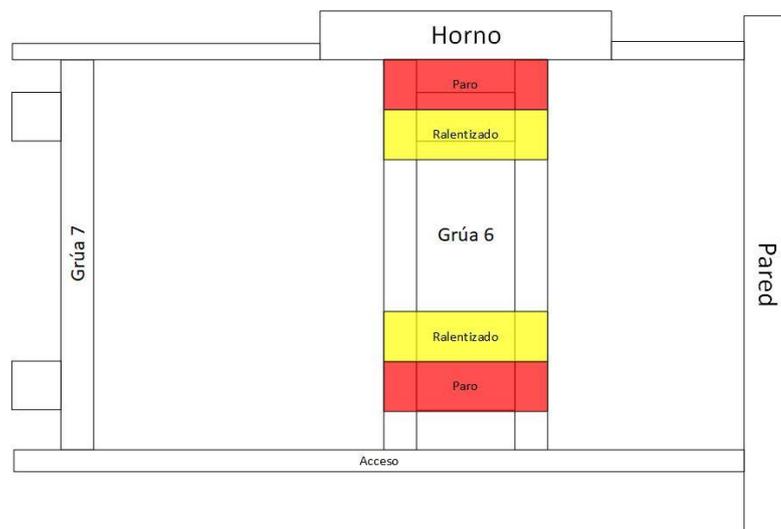


Figura 6.27.- Ejemplo de zonas de paro y ralentizado.

6.1.3.3.4. FB 200 Send/Recieve

El FB 200 es el encargado de realizar el control de la comunicación del PLC de la grúa con Nivel 2. Este FB es una modificación de uno creado por SIEMENS para STEP 7. Las modificaciones realizadas en este FB son las siguientes:

- Introducción de un contador de envíos realizados; esta función se ha implementado en el FB2.

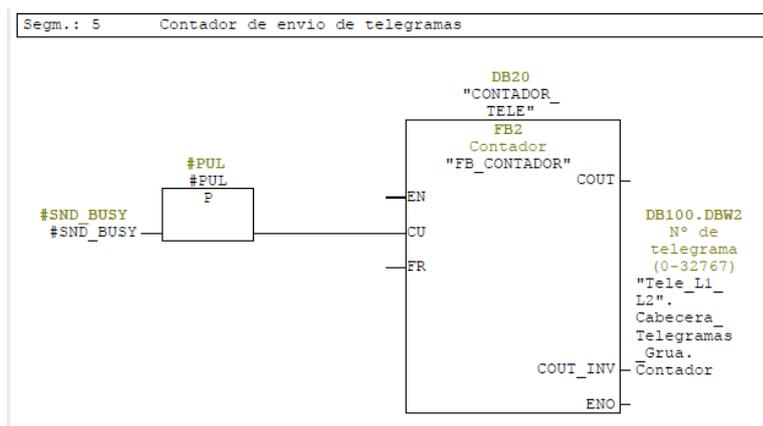


Figura 6.28.- FB200 Contador de telegramas

- Comprobación del error de recepción, para ello se comprueba el watchdog de los dos últimos telegramas recibido. Si el valor de ambos es igual, quiere decir que existe un error en la recepción.

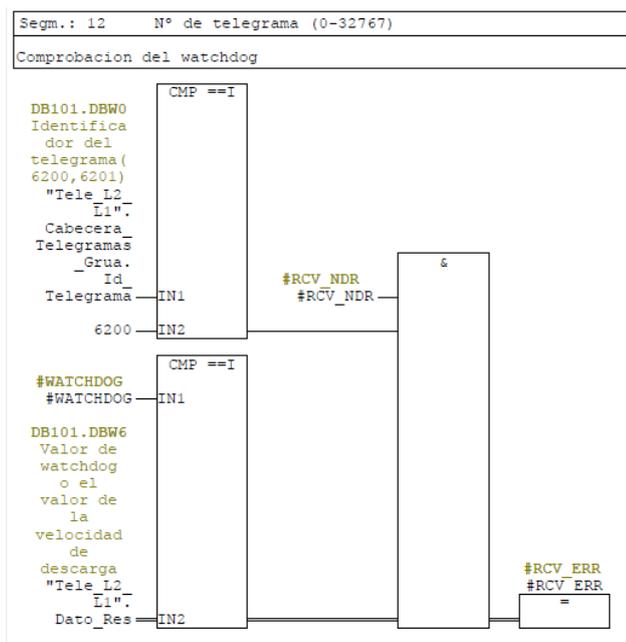


Figura 6.29.- FB200 Comprobación del watchdog

- Identificar los telegramas recibidos. En la aplicación actual hay que identificar dos tipos de telegramas, el que envía el watchdog y el de la consigna. Para identificarlo se realiza mediante la comparación del ID del mismo. El 6200 sería para el watchdog y el 6201 para la consigna.

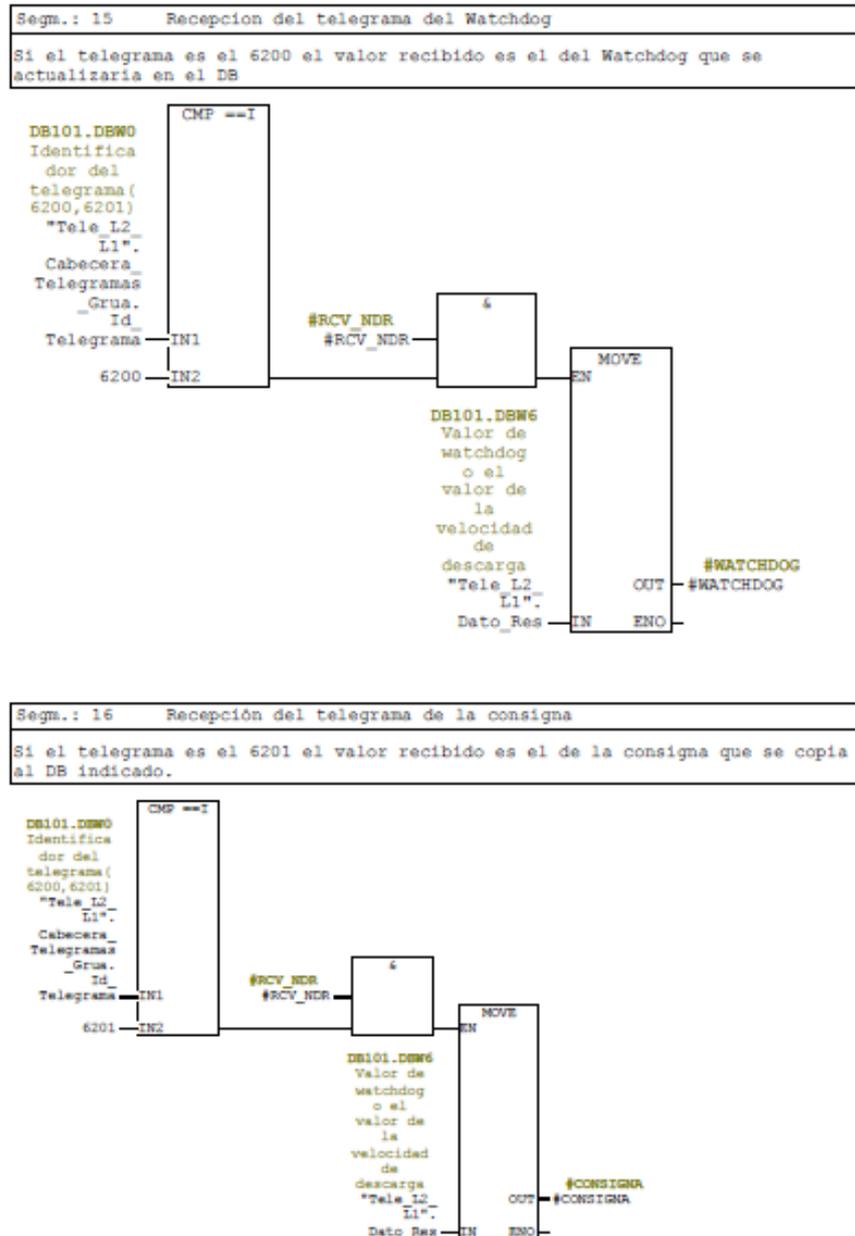


Figura 6.30.- Recepción de los telegramas

6.2. PROGRAMACIÓN CON STARTER

El STARTER es un programa de SIEMENS encargado de la configuración de los variadores y de los distintos dispositivos que se pueden conectar a ellos.

6.2.1. Selección del accionamiento

Una vez introducidos los elementos de hardware con el STEP 7 se tiene que abrir el proyecto creado con el STARTER para poder añadirle la parte de potencia y los módulos adicionales.

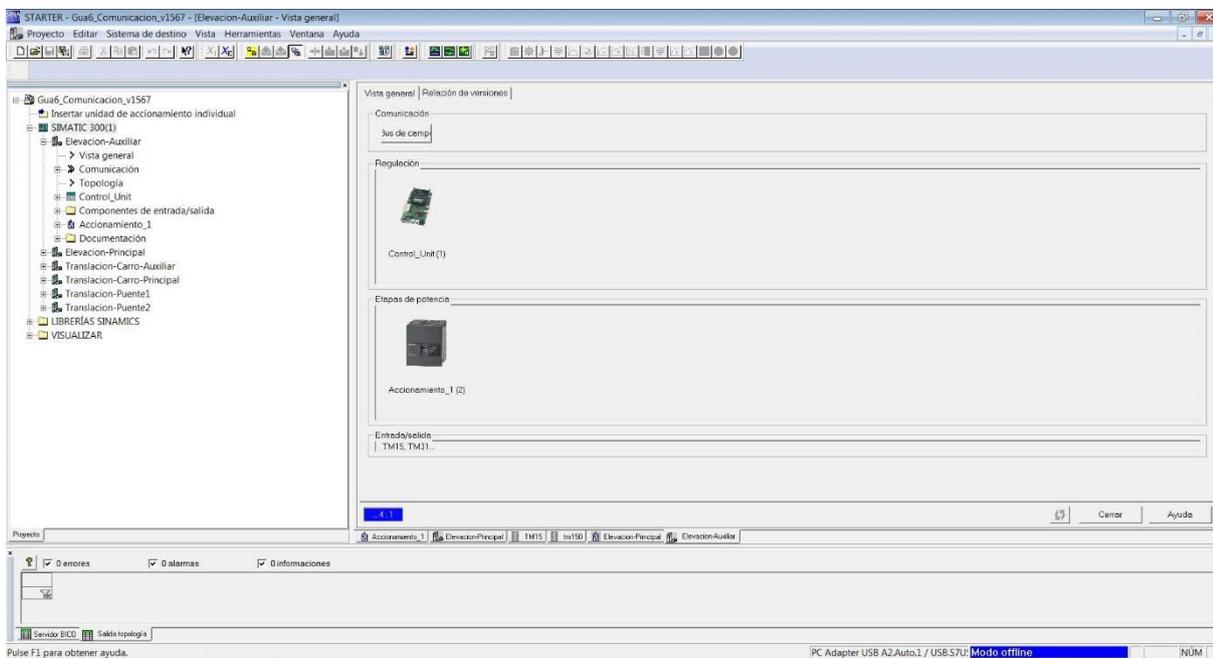


Figura 6.31.- Pantalla inicial del STARTER

Para añadir un módulo de potencia hay que ir a la parte izquierda del programa y seleccionar el variador que se quiere configurar, en este caso la Elevación Auxiliar, y se selecciona la opción de configurar unidad de accionamiento.

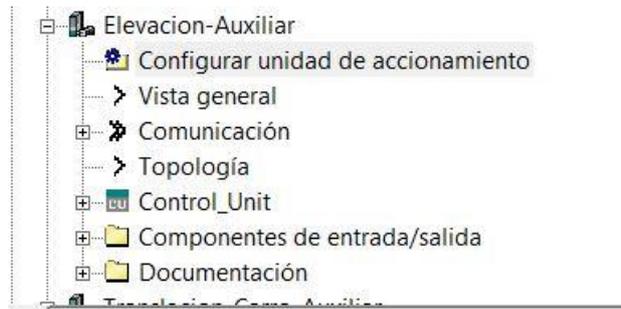


Figura 6.31.- Selección de accionamiento

El sistema de selección de accionamiento es a través de un asistente (wizard) que va indicando que datos son necesarios introducir. En la siguiente imagen se muestra la pantalla inicial de la configuración donde se pedirá configurar el sistema de comunicaciones, en este caso ya viene definido por el STEP7 y no permite configurarlo.

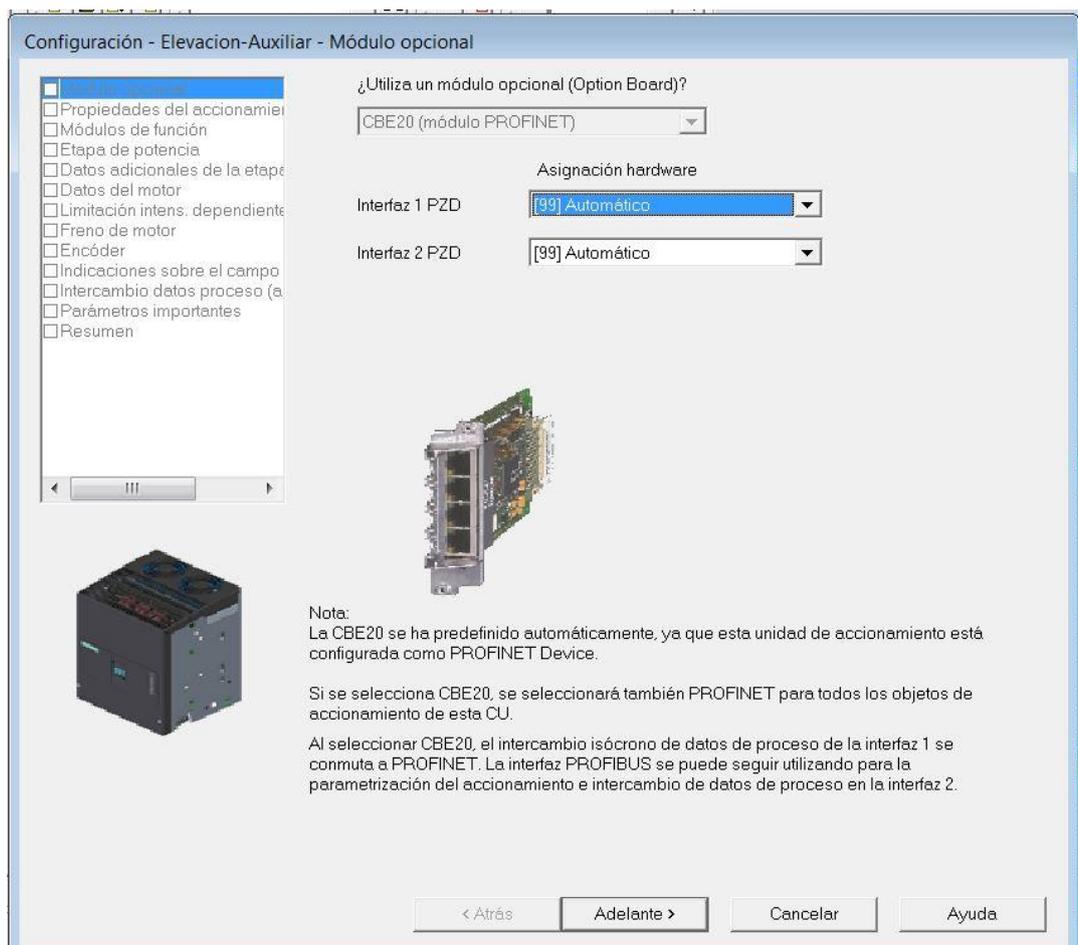


Figura 6.33.- Pantalla de inicio del wizard de configuración del accionamiento

El siguiente paso importante es la decisión propiamente del módulo de potencia que se elige en función de la potencia y la intensidad que consume el motor.

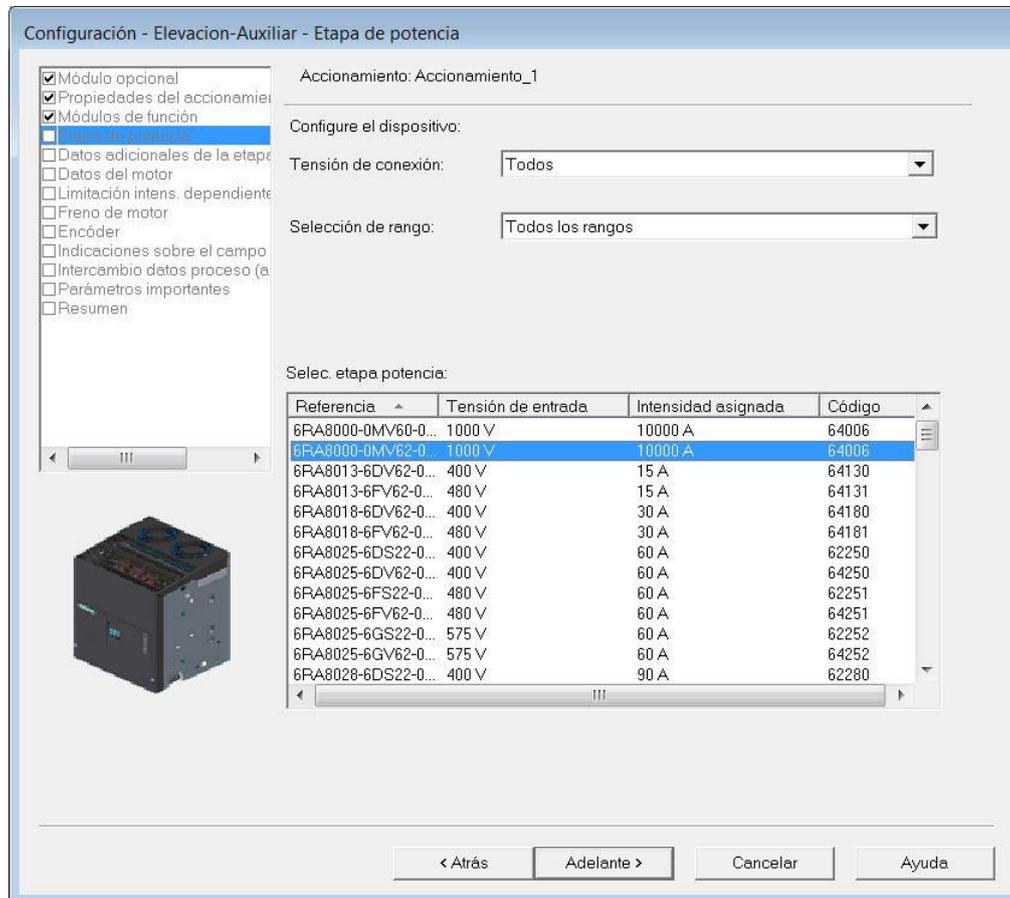


Figura 6.34.- Selección de etapa de potencia

A continuación, es preciso introducir los datos del motor de manera manual. Otra opción para introducir los datos del motor es realizar un “Autotuning” (Autoajuste), que consiste en que el variador realice un análisis del motor y determine los valores del mismo, pero para poder realizarlo es necesario tener conectada la máquina.

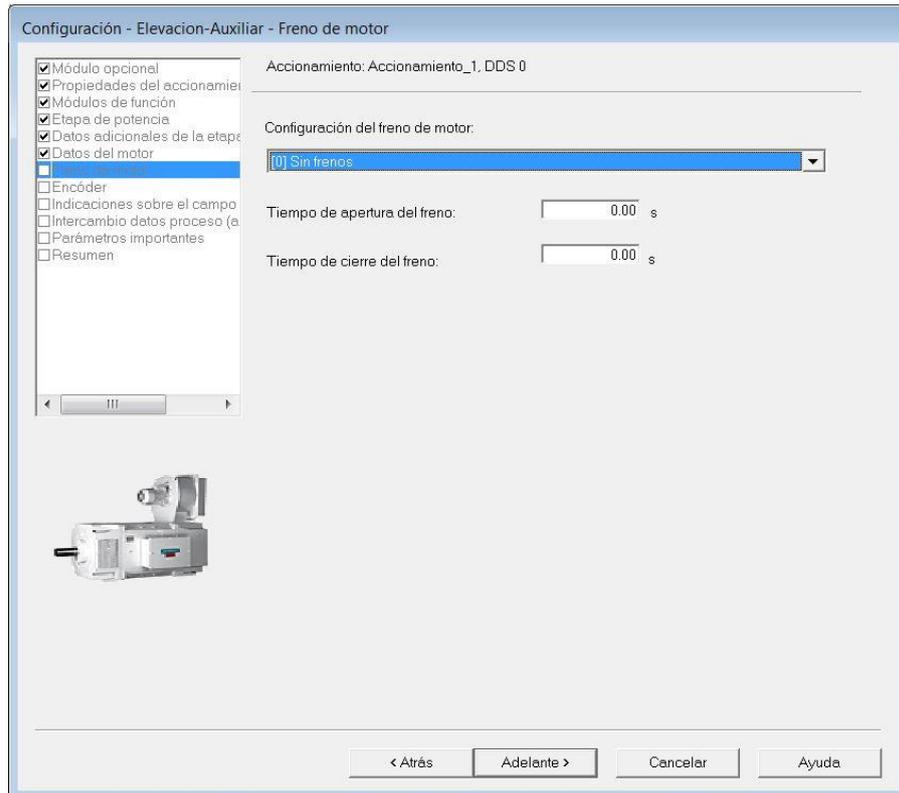


Figura 6.35.- Datos motor

Para finalizar falta configurar el tipo de telegrama que envía y recibe.

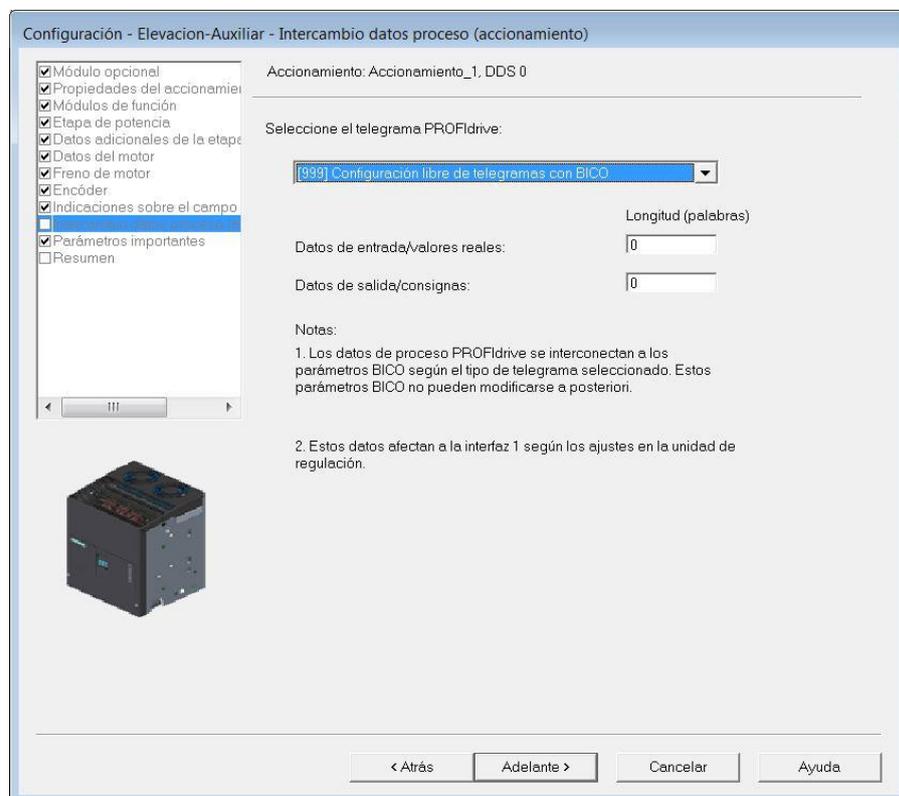


Figura 6.36.- Selección del telegrama

6.2.2. Selección de dispositivos auxiliares.

Los dispositivos auxiliares son el TM150 y el TM31 que aumentan el número de entradas analógicas y digitales del variador.

Para agregar uno de estos componentes hay que seleccionar en el variador la opción de “Insertar componente de entrada/ salida”.

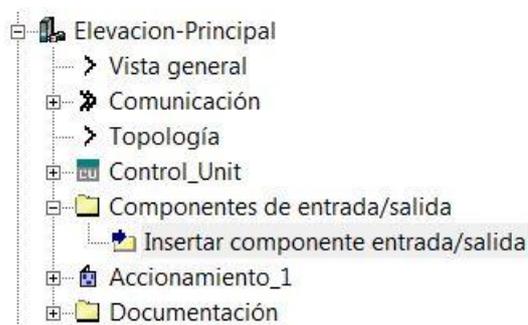


Figura 6.37.- Insertar componentes entradas salida

Al igual que para la selección de accionamiento se iniciaría un asistente en el que únicamente hay que indicar el nombre y el tipo de módulo a introducir.

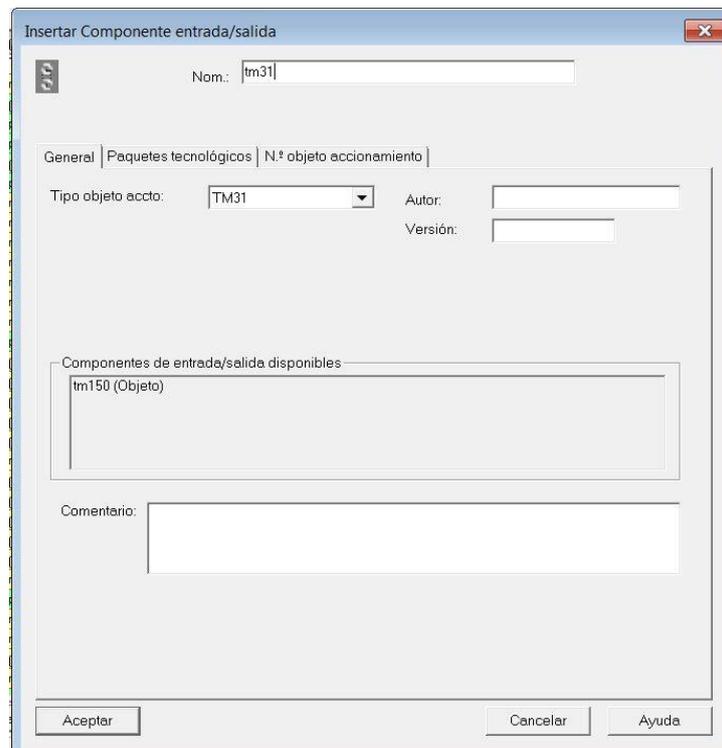


Figura 6.38.- Insertar módulo TM31

6.2.3. Creación del Telegrama

El telegrama de los variadores puede ser de distinto tipo. En este caso se elegirá un telegrama libre donde en el primer byte de recepción estará la consiga y el resto de byte se podrá configurar para activar las distintas salidas o alarmas.

Para configurar que una salida se active por un telegrama únicamente hay que ir a la salida que queremos activar y relacionarla con la posición del telegrama donde se quiera colocar. Este telegrama de recepción se configura en el parámetro r2091.

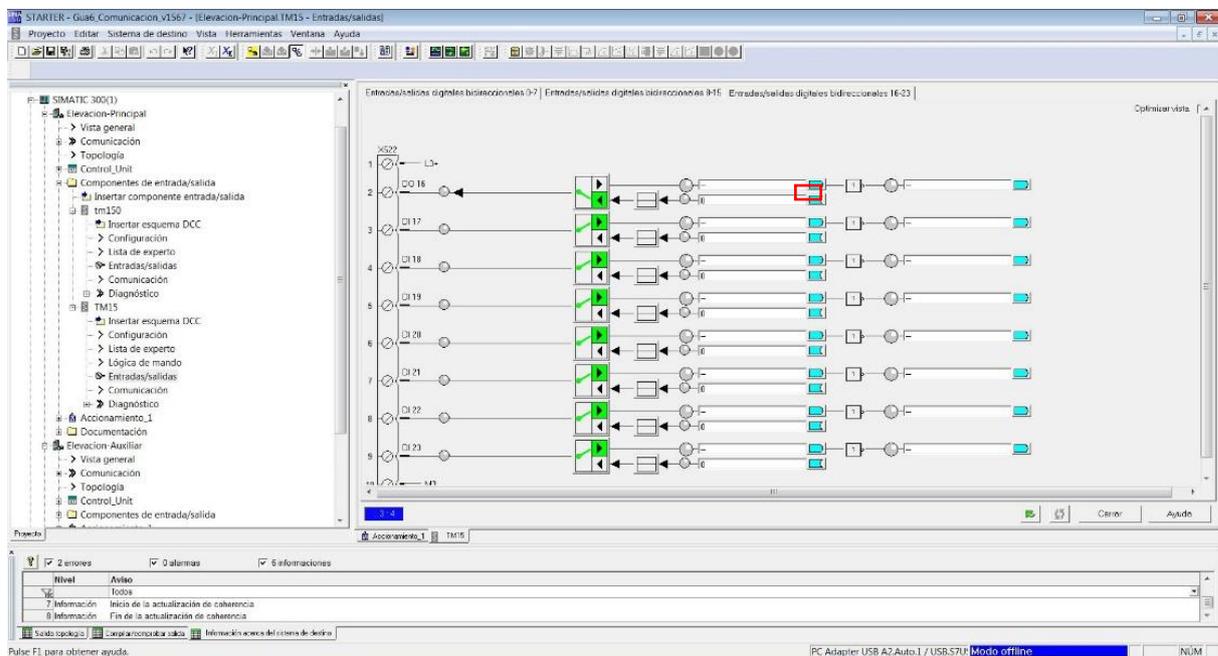


Figura 6.39.- Selección de activación de salida digital

Pulsando sobre el botón rodeado de rojo en la imagen, permitirá seleccionar el lugar del telegrama, con el siguiente asistente.

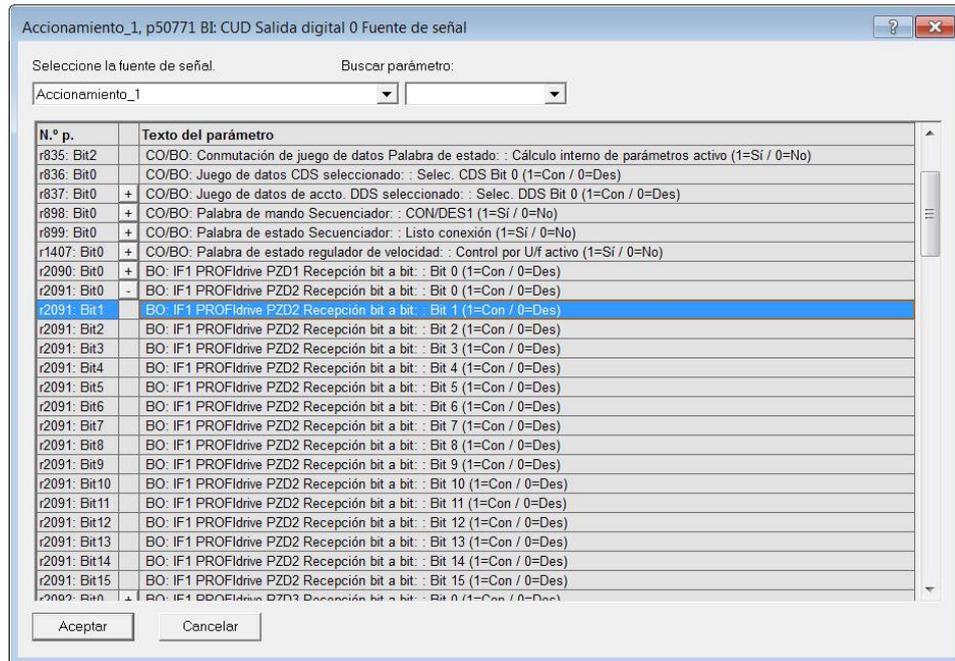


Figura 6.40.- Selección del parámetro

Para la configuración del telegrama hay que realizar la misma operación que con el de recepción, pero en lugar de seleccionar una salida se selecciona una entrada o los fallos que detecte la unidad de control y en lugar de usar el parámetro r2091 se usa el P2051.

7. Interfaces de usuario

En este proyecto hay dos interfaces de usuario:

- La pantalla táctil TP700 que se encuentra en la cabina de operador, y cuya programación se ha desarrollado con el software TIA PORTAL V14 de SIEMENS, y
- el Panel PC, situado al lado del PLC dentro de la viga que se ha programado con la herramienta WinCC 7.4 SP1, también de SIEMENS.

7.1. PROGRAMACIÓN CON TIA PORTAL V14 DEL TP700

El TIA PORTAL es la nueva herramienta de programación de SIEMENS que se puede utilizar tanto para programar PLCs como todo tipo de interfaces de usuario. En el caso de este proyecto únicamente se utiliza para la pantalla TP700 de la cabina por petición del cliente.

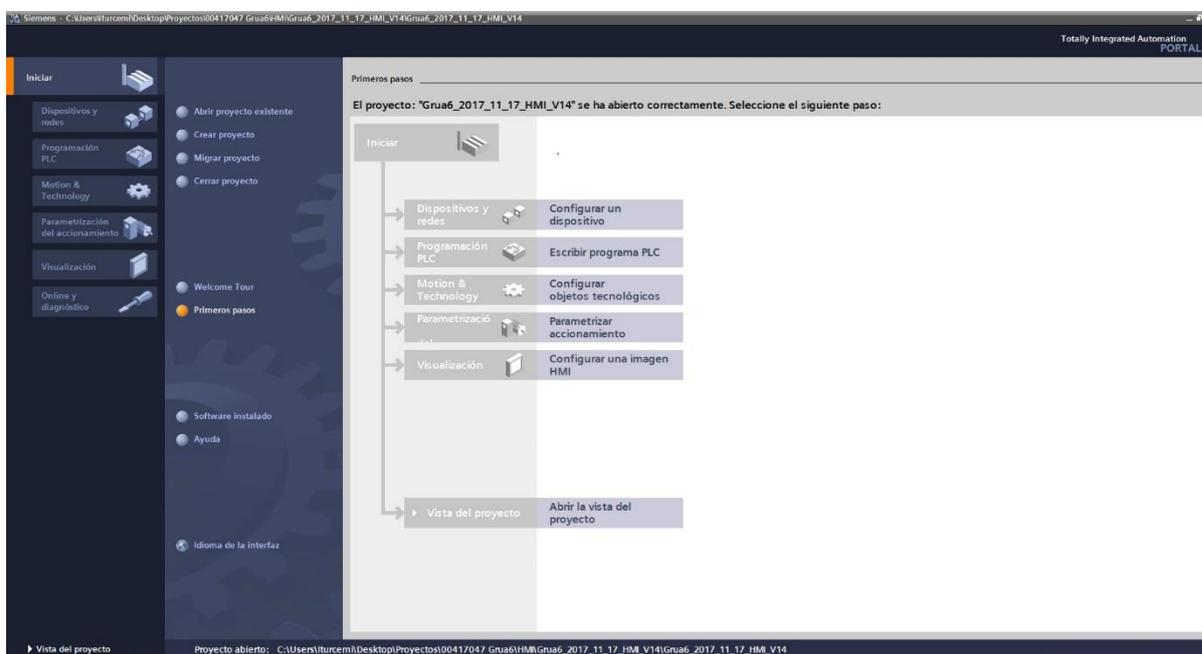


Figura 7.1.- Pantalla de inicio del proyecto con TIA PORTAL V14

7.1.1. Configuración del PROXY

AL realizar la programación del PLC con STEP 7 y no con TIA PORTAL es necesario realizar un enlace entre ambos programas y dispositivos para poder intercambiar variables.

Para realizar este enlace hay que vincular el programa creado con TIA PORTAL con el de STEP 7 a través del archivo generado por este último con toda la información del proyecto del PLC. Esto se hace en el árbol de proyecto de TIA PORTAL seleccionando agregar dispositivo y escogiendo el PROXY deseado.

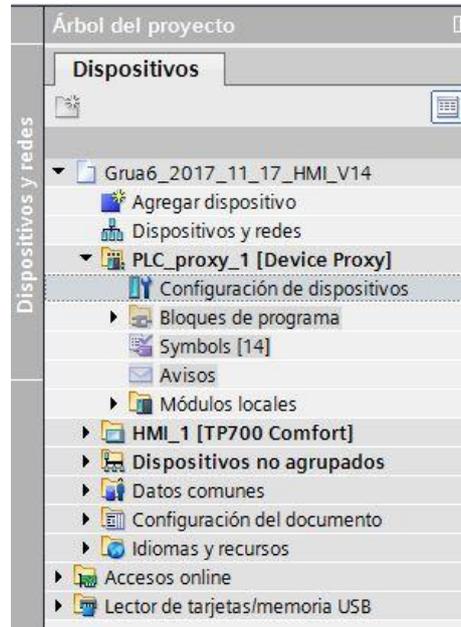


Figura 7.2.- Árbol del proyecto

Una vez agregado el proxy es necesario configurar como se va a conectar el PLC y la pantalla, en este caso por PROFINET. Para ello únicamente hay que pulsar sobre configuración de dispositivos dentro del árbol del proyecto y realizar la conexión entre ambos.

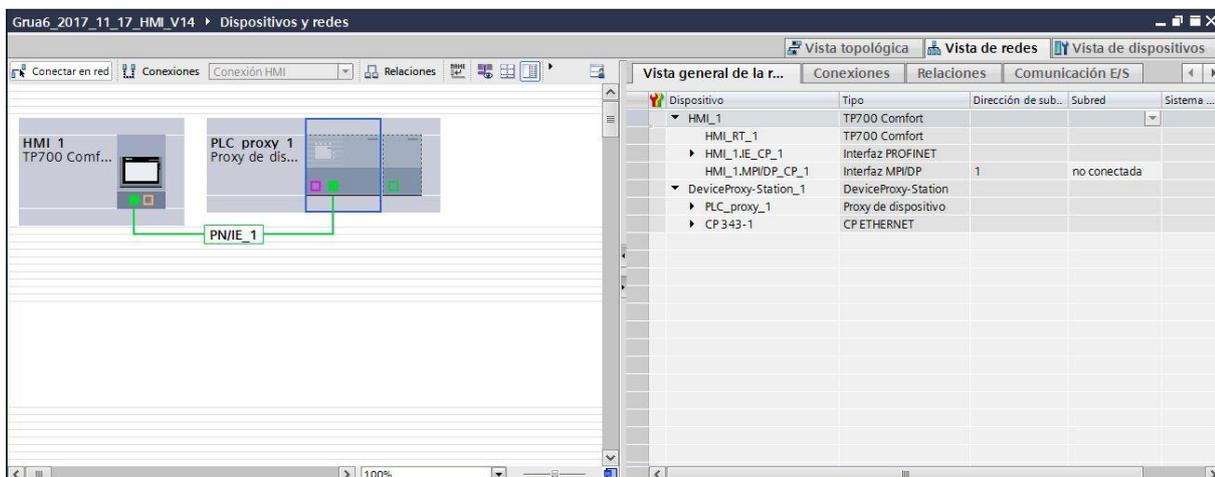


Figura 7.3.- Configuración del dispositivo

7.1.2. Diseño de las imágenes

El siguiente paso después de configurar el dispositivo es diseñar las imágenes que se van a realizar, también desde el árbol del proyecto se agregan nuevas imágenes y se colocan distintos objetos que se pueden encontrar en el menú de la derecha (marcado en rojo) hasta que se realiza el diseño deseado.

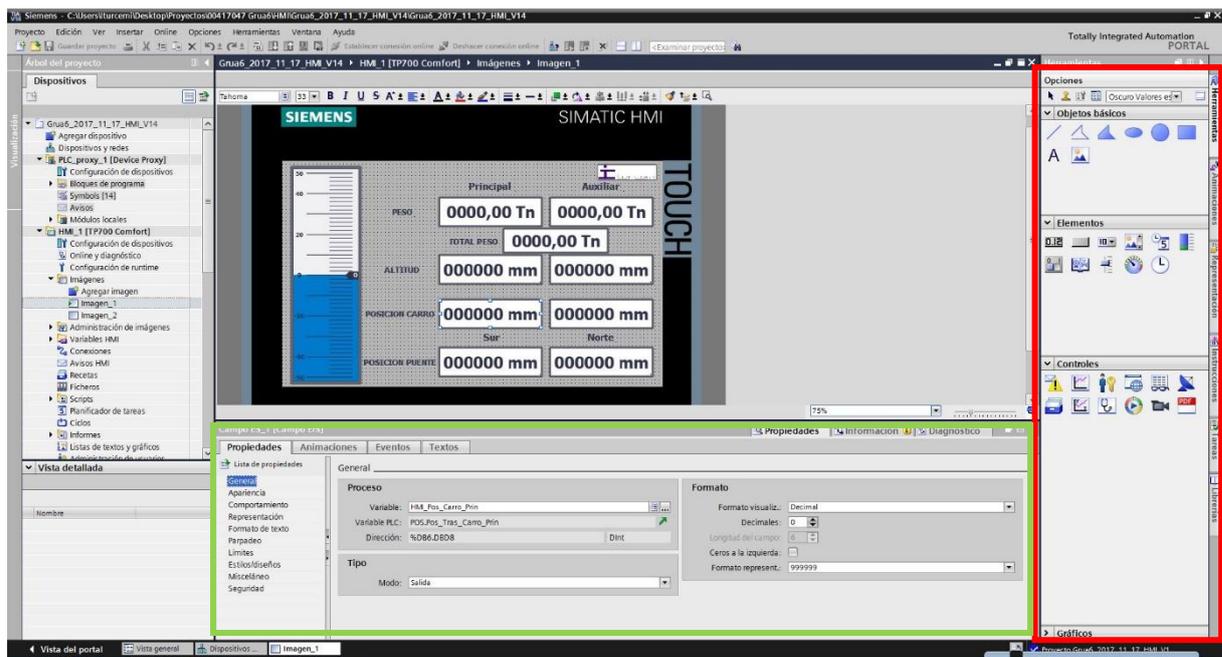


Figura 7.4.- Configuración de las imágenes

Una vez colocado todos los objetos en la imagen falta vincular, aquellos que requieren alguna parte dinámica (cambio de color, posición, campo de E/S de datos, eventos de ratón, etc) con las variables del PLC y cambiar sus propiedades. Estas modificaciones se realizan en el menú de la parte inferior de la pantalla rodeado en verde, que aparecerá al seleccionar el objeto correspondiente.

7.2. PROGRAMACIÓN CON WINCC 7.4 SP1

El WinCC es el programa antiguo para realizar las aplicaciones de interface de usuario para Panels PC, pero aún se sigue usando para la configuración y el diseño de algunas pantallas, que no son compatibles todavía con TIA PORTAL.

7.2.1. Pantalla del proyecto

La pantalla del proyecto inicial al arrancar WinCC se muestra a continuación.

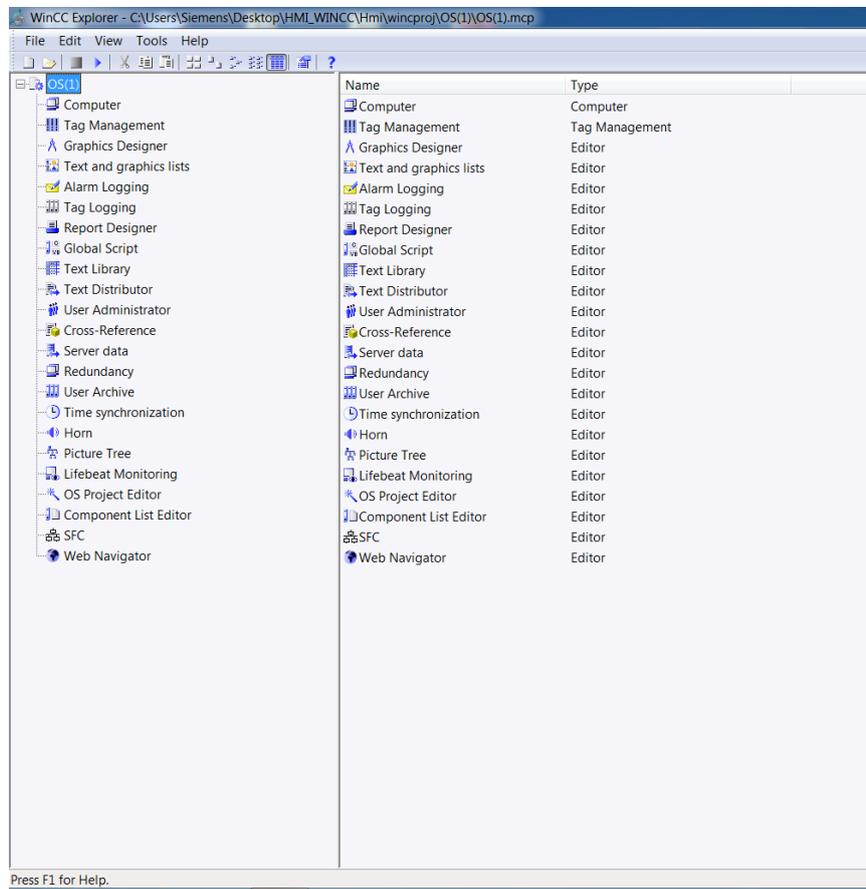


Figura 7.5.- Pantalla de inicio WinCC

En la parte izquierda se puede ver un árbol similar al que se encuentra en TIA PORTAL, pero con otras funciones distintas.

En este caso se van a usar solamente algunos de los elementos que ahí aparecen, y que son los siguientes.

- **Organizador de variables** (“*Tag management*”). En esta pestaña se crean nuevas variables locales de la pantalla, además también permite crear estructuras y el enlace entre el Panel PC y el PLC
- **Diseñador Gráfico** (“*Graphics Designer*”). Como su nombre indica, activando este menú se abre una pantalla que permite realizar la parte gráfica de cada pantalla que se utilizará.

- **Administrador de Alarmas** (“*Alarm Logging*”). Al igual que el de variables este sirve para determinar que alarmas aparecerán y con qué variables están relacionadas.
- **Administrador de usuarios** (“*User Administrator*”). Esta pantalla permite hacer un control de todos los usuarios y de los permisos que posee cada uno.

7.2.2. Organizador de variables

En esta pantalla se encuentran todas las variables asociadas al Panel PC. Además de realizar el control de ellas, es el encargado de realizar el enlace entre el PLC y la pantalla.

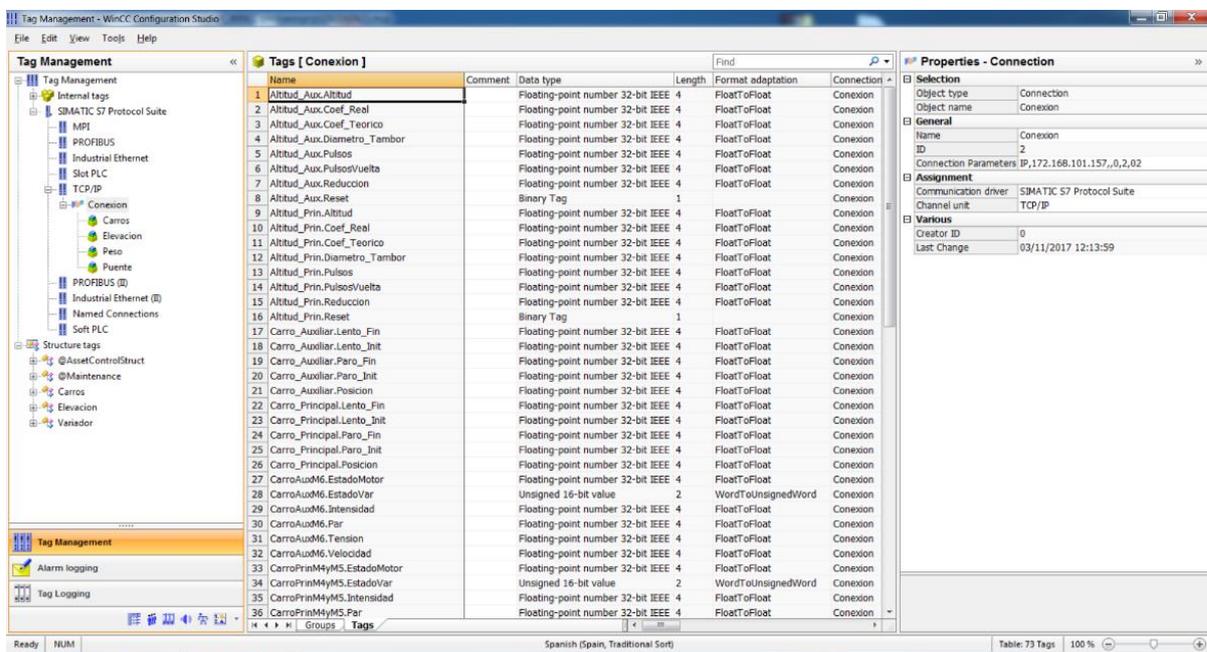
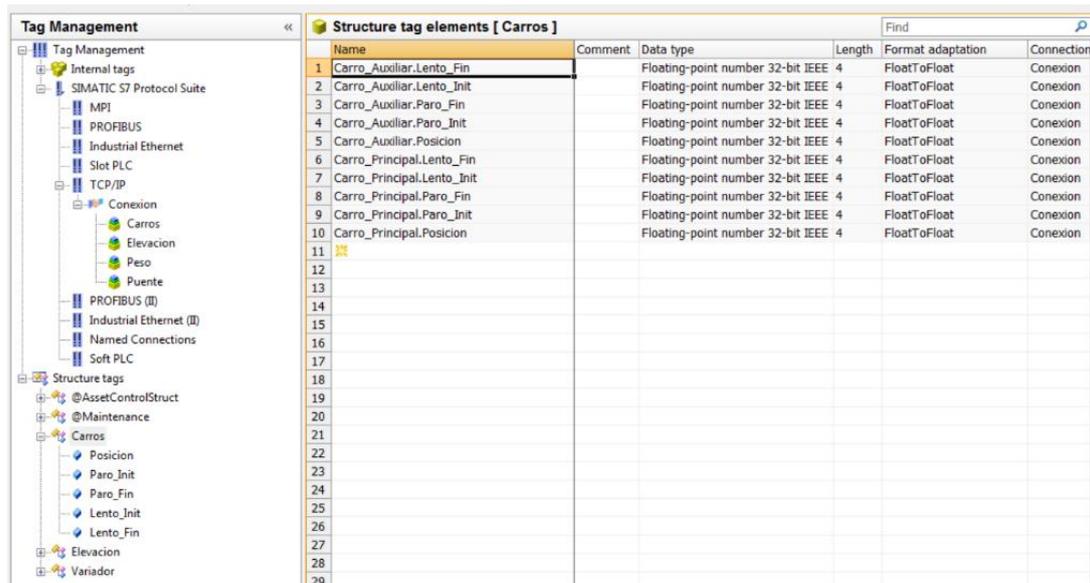


Figura 7.6.- Pantalla del control de variables

Una de las funciones que facilita la gestión de variables es la creación de estructuras. Estas permiten realizar un conjunto de variables tipo que puede ser repetido tantas veces como elementos cumplan esas características. Por ejemplo, en este caso los carros tienen las mismas características por lo que se creó una estructura con las variables que lo conforman y así llamando a esa estructura dos veces se crearán todas ellas rápidamente.



Name	Comment	Data type	Length	Format adaptation	Connection
1 Carro_Auxiliar.Lento_Fin		Floating-point number 32-bit IEEE	4	FloatToFloat	Conexion
2 Carro_Auxiliar.Lento_Init		Floating-point number 32-bit IEEE	4	FloatToFloat	Conexion
3 Carro_Auxiliar.Paro_Fin		Floating-point number 32-bit IEEE	4	FloatToFloat	Conexion
4 Carro_Auxiliar.Paro_Init		Floating-point number 32-bit IEEE	4	FloatToFloat	Conexion
5 Carro_Auxiliar.Posicion		Floating-point number 32-bit IEEE	4	FloatToFloat	Conexion
6 Carro_Principal.Lento_Fin		Floating-point number 32-bit IEEE	4	FloatToFloat	Conexion
7 Carro_Principal.Lento_Init		Floating-point number 32-bit IEEE	4	FloatToFloat	Conexion
8 Carro_Principal.Paro_Fin		Floating-point number 32-bit IEEE	4	FloatToFloat	Conexion
9 Carro_Principal.Paro_Init		Floating-point number 32-bit IEEE	4	FloatToFloat	Conexion
10 Carro_Principal.Posicion		Floating-point number 32-bit IEEE	4	FloatToFloat	Conexion
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					

Figura 7.7.- Administrador de variables, estructuras

Además, como ya se mencionó hay que realizar el enlace entre el PLC y la pantalla. Para ello hay que seleccionar en la parte izquierda que tipo de conexión se quiere realizar, en este caso TCP/IP e identificar la dirección IP del PLC para activarla.

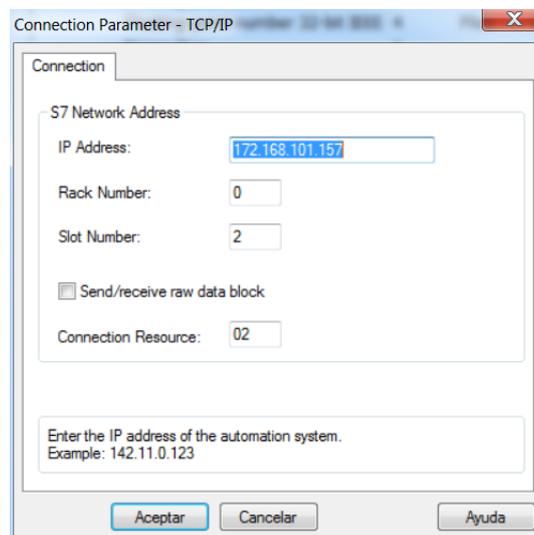


Figura 7.8.- Configuración del enlace

7.2.3. Diseñador gráfico

En esta pantalla se realiza el diseño de las distintas pantallas de la aplicación. Las funciones que se hacen a través de este menú son similares a las de TIA PORTAL, pero la diferencia es que permite algo más de libertad a la hora de realizar los objetos que conforman el diseño.

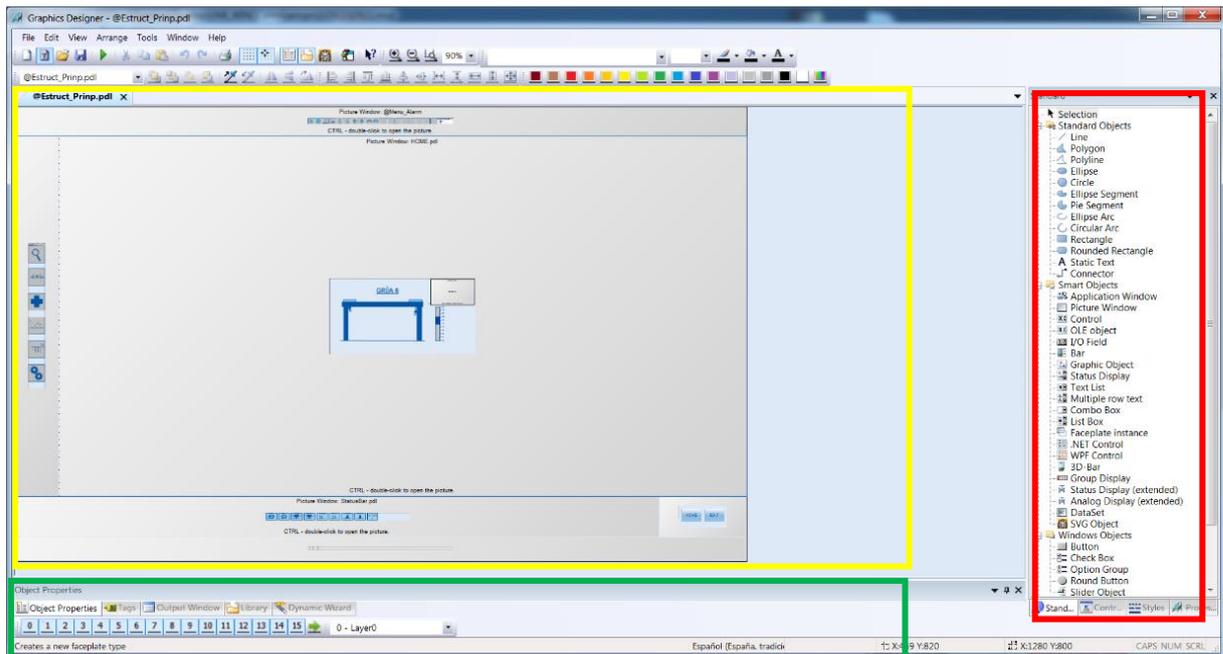


Figura 7.9.- Diseñador gráfico

En el parte central rodeado de amarillo se encuentra la zona de trabajo, este es el lugar donde se realiza el diseño para formar las distintas imágenes que conforman la aplicación.

Como se aprecia en la imagen, a la derecha marcada en rojo, se encuentra el menú para añadir objetos nuevos como botones, menús y flechas, mientras que, en la parte inferior, en verde, están las propiedades de los objetos que se añadieron.

7.2.4. Administrador de usuarios

El administrador de usuarios se utiliza para realizar un control de los permisos que cada persona posee para realizar ciertas acciones con Panel PC.

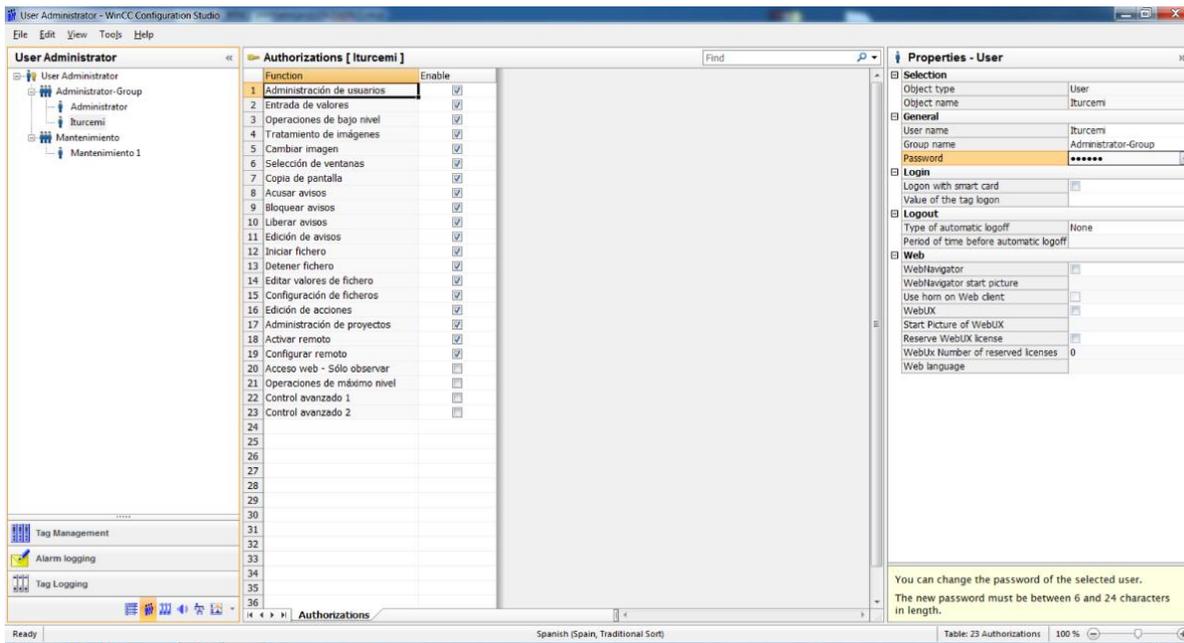


Figura 7.10.- Administrador de usuario

Para realizar una configuración más rápida de los usuarios se pueden realizar grupos que poseen permisos iguales, en este caso existen dos grupos el de “Administradores” y el de “Mantenimiento”. Aquellos usuarios que pertenecen al primer grupo poseen todos los privilegios y pueden hacer cualquier acción, mientras los que pertenezcan al segundo solo pueden realizar acciones sobre las alarmas y ciertas funciones más relacionadas con su puesto de trabajo.

7.2.5. Administrador de alarmas

En el administrador de alarmas se realiza el control de las alarmas, advertencias y mensajes programados.

En la parte izquierda, marcada en rojo, se encuentra el árbol de alarmas. En él se organizan los grupos que se quieren realizar para dar ciertas prioridades a determinadas alarmas o advertencias.

La parte central, marcada en verde, es el lugar donde se puede observar la lista de mensajes que están configurados, en este caso se están viendo las alarmas de fallo de los distintos movimientos.

En la parte derecha, en amarillo, se encuentran las propiedades del grupo o mensaje seleccionado en la parte central.

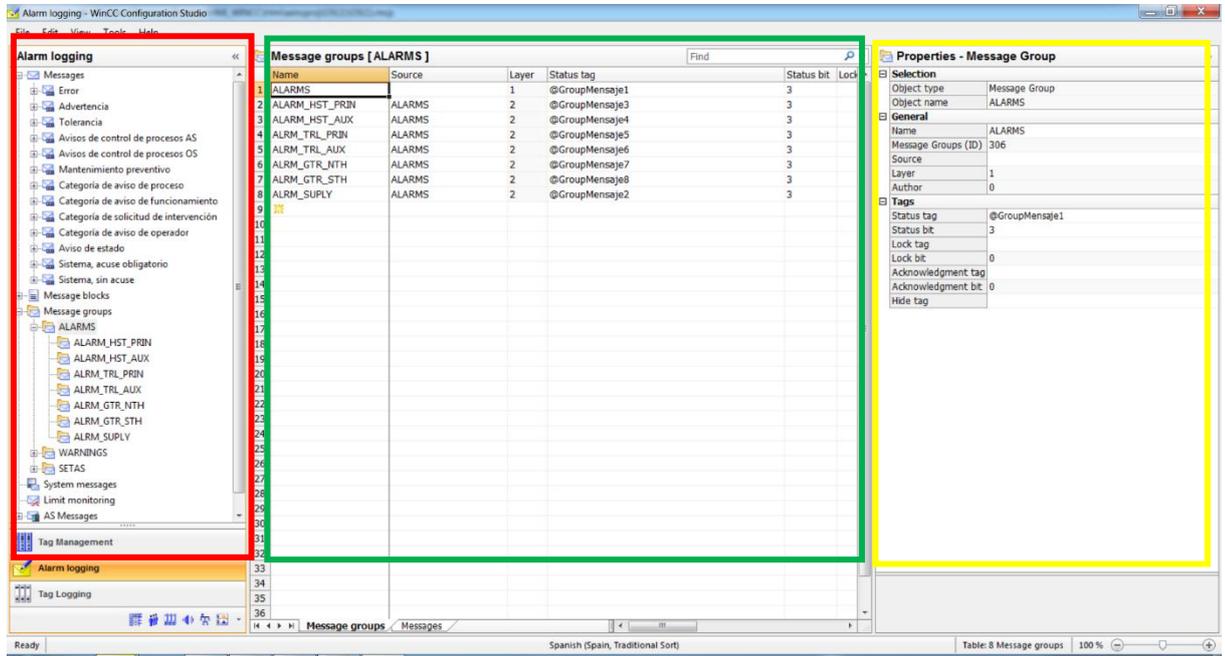


Figura 7.11.- Administrador de alarmas

8. Manual de usuario

En este apartado se explicará cómo funciona cada elemento con el que puede interactuar el operario para el funcionamiento o la supervisión de los distintos elementos de la grúa.

8.1. PANTALLA DE LA CABINA

En la cabina se utiliza una pantalla táctil TP 700 Comfort en la que se muestra una serie de datos de interés para el gruista. A través de ella se podrá acceder a dos imágenes distintas, la principal y la de mantenimiento.

8.1.1. Imagen principal

La imagen que se encuentra a continuación es la que se ve inicialmente al encender la grúa y la que utilizará el operario para controlar la posición de la grúa y la descarga del material.

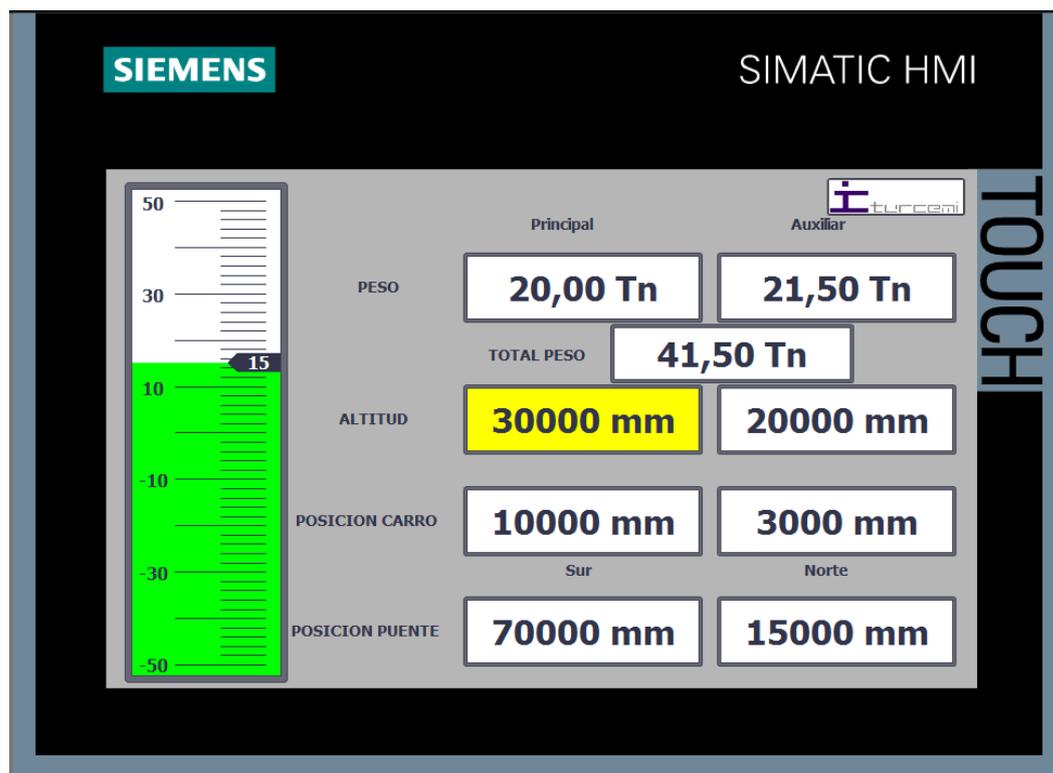


Figura 8.1.-imagen de la pantalla inicial de la TP 700

En esta imagen se puede dividir en dos partes. En la parte izquierda se puede encontrar una barra dinámica que indica la inclinación de la cuba con una escala numérica adimensional que va de -50 a 50 y de color que es verde amarilla y roja.

La barra está en verde cuando el valor de vertido está comprendido entre 15 y -15, esto indica que el operario está realizando correctamente la operación de descarga del arrabio en el horno.

Si la barra está en amarillo quiere decir que la consigna de vertido está comprendida entre -15 y -35 y 15 y 35, esto indica que el operario no está realizando la operación de vertido correctamente y debe corregir la inclinación de la cuba para evitar la aparición de humaredas tóxicas.

Por último, si la barra está en rojo quiere decir que la consigna está comprendida entre -35 y -50 y 35 y 50, este estado indica que el operario está realizando un mal vertido con una alta probabilidad de la aparición de humaredas tóxicas con lo que tiene que corregir inmediatamente el vertido o parar el mismo para evitar su aparición.

En la parte derecha se encuentra toda la información de posición y peso que dan los distintos sensores.

8.1.2. Imagen de mantenimiento

Para acceder a la pantalla de mantenimiento se tiene que pulsar sobre el logo de **Iturcemi** y aparecerá la siguiente imagen. La razón por la que se encuentra “oculto” dicho botón es debido a que en otras ocasiones personas que no tenían acceso a esta imagen pudieron acceder a ella y de esta manera se previenen posibles fallos. Además de ocultar el acceso es necesario introducir un nombre de **Usuario** y **Contraseña** de mantenimiento.

En esta pantalla, el personal de mantenimiento puede controlar y modificar el altímetro de la grúa para calibrarlo en cada parada o cuando ocurra cualquier problema.

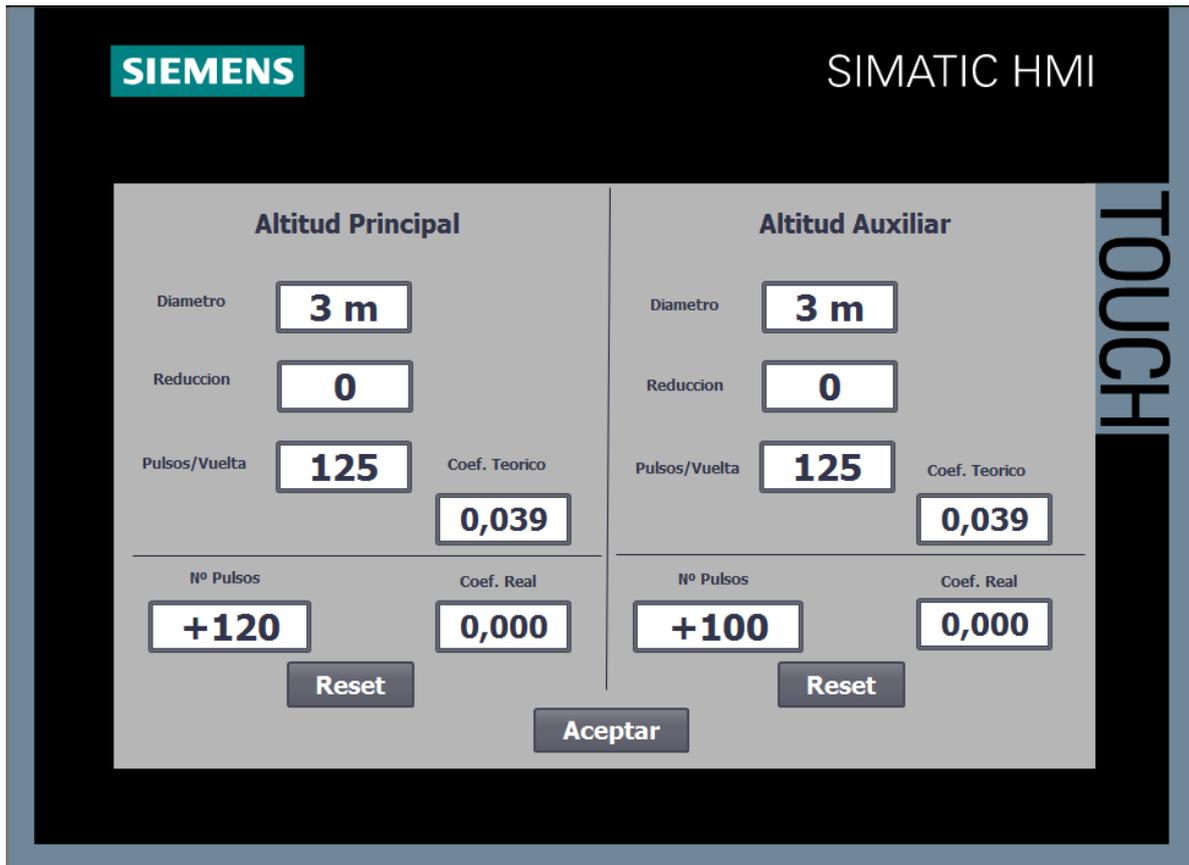


Figura 8.2.- Imagen de mantenimiento

Esta pantalla se puede dividir en cuatro cuadrantes. Los dos de la izquierda serían los de la elevación principal y los dos de la derecha la elevación auxiliar.

Los cuadrantes de la parte de arriba son los encargados de facilitar el cálculo del coeficiente de transformación de pulsos/m para ello se tienen que introducir los valores de diámetro del tambor, el valor de reducción mecánica y los pulsos/vuelta. Una vez rellenados se obtendrá un coeficiente teórico.

$$\text{Perimetro} = \pi * \text{diametro}$$

$$\text{Reduccion} = \frac{\text{Vueltas tambor}}{\text{Vueltas motor}}$$

$$\text{Coeficiente} = \frac{\text{Perimetro}}{\text{Reducción} * \left(\frac{\text{pulsos}}{\text{vuelta}}\right)}$$

Todas las variables son adimensionales salvo el perímetro que se mide en metros (m).

Si el operario de mantenimiento está de acuerdo con el valor calculado lo introducirá en los cuadrantes de abajo en el recuadro de coeficiente real. También en los cuadrantes de abajo se encuentra el botón de reset que permite poner a 0 el valor de pulsos contados.

Una vez acabada la configuración se pulsa sobre el botón aceptar y se volvería a la pantalla inicial.

8.2. PANTALLA MANTENIMIENTO VIGA

La pantalla de mantenimiento de la viga es la empleada por los operarios de mantenimiento para ver información más detallada de la grúa. Además, esta pantalla está conectada con Nivel 2 lo que permite una visualización a distancia través de un navegador web.

8.2.1. Pantalla principal

La siguiente pantalla es la principal que se vería nada más iniciar la grúa. En ella únicamente se pueden ver una serie de datos de la grúa sin la posibilidad de realizar ninguna

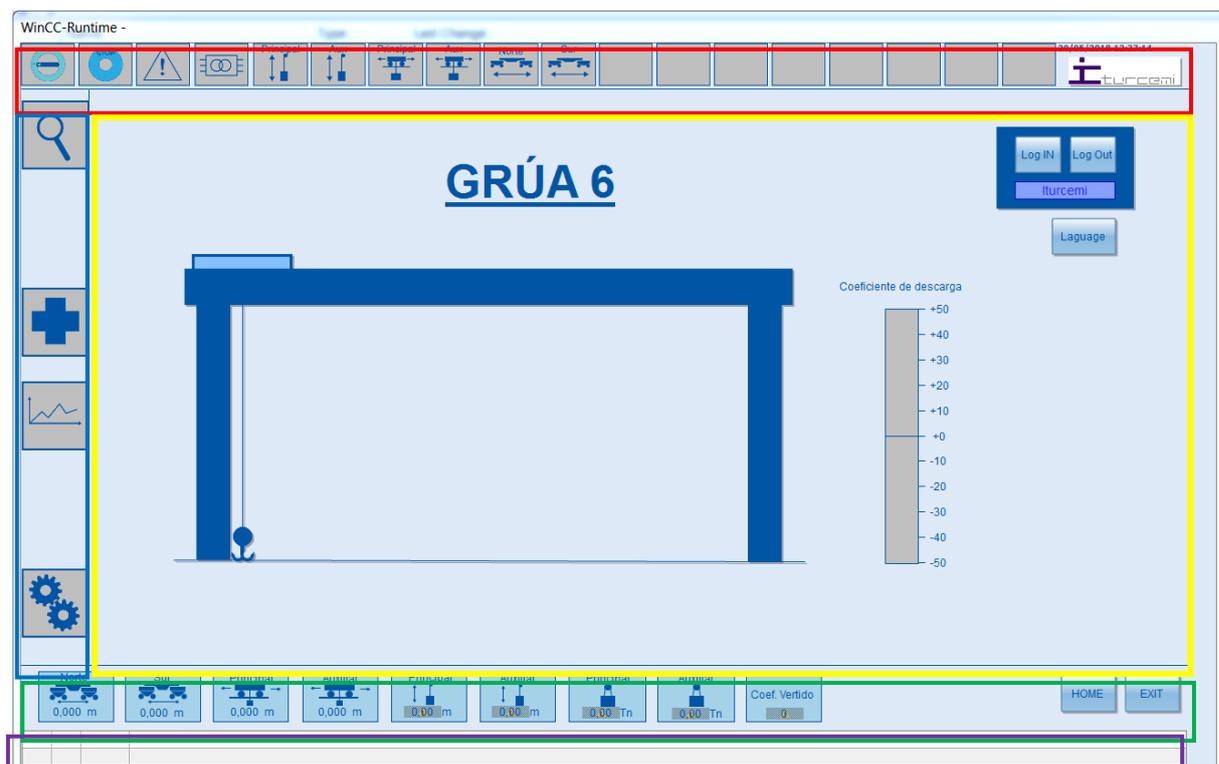
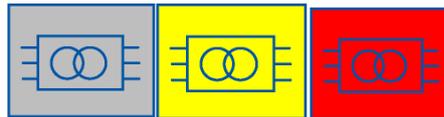


Figura 8.3.- Imagen principal panel PC

modificación de esta. Para ello es también necesario ingresar con un nombre de Usuario y Contraseña.

Con esta imagen se puede observar la estructura principal de las demás pantallas.

- El rectángulo rojo de la parte superior es la encargada de mostrar la información del estado de las distintas partes de la grúa. Dependiendo del color esto indicaría una cosa distinta.



- En gris indica el estado normal de la instalación.
 - En amarillo indica que hay una emergencia que no impide el funcionamiento pero que hay que tener en cuenta para que no empeore a una alarma grave.
 - En rojo indica que existe un problema grave y que la grúa no puede funcionar.
- El rectángulo azul de la parte izquierda sirve para moverse entre los distintos menús de la pantalla de mantenimiento.
 - El rectángulo amarillo central es la parte que va cambiando dependiendo del menú en el que nos encontremos.
 - El rectángulo verde sirve para indicar datos importantes de todas las grúas que es recomendable conocer rápidamente. Además, se encuentran los botones de volver a la página principal y de salir de la reproducción del WinCC.
 - El último rectángulo de color morado sirve para mostrar rápidamente el tipo de evento que se está produciendo.

En esta pantalla también se puede registrar un usuario para poder acceder a las funciones que necesiten un nivel de acceso y también se podrá cambiar de idioma ya que todos los textos están traducidos al inglés.



Figura 8.4.- Selección de idioma

8.2.2. Datos detallados de la grúa

En el primer menú que se puede acceder sirve para observar de manera más detallada todos los datos que proporcionan los distintos sensores de la grúa.

8.2.2.1.Principal

Nada más entrar en este menú se puede observar la posición de la grúa de manera detallada en la parte izquierda y observar su posición con respecto a la global de la grúa a través de unas barras variables.

La parte derecha de este menú es variable e indicará varias funciones de la grúa que se puede ir cambiando con el menú de la derecha marcado en rojo. Nada más entrar en ese menú se encuentra activado el menú de condiciones iniciales de la grúa que cambiaría de color entre rojo o verde para indicar si las condiciones son las apropiadas.

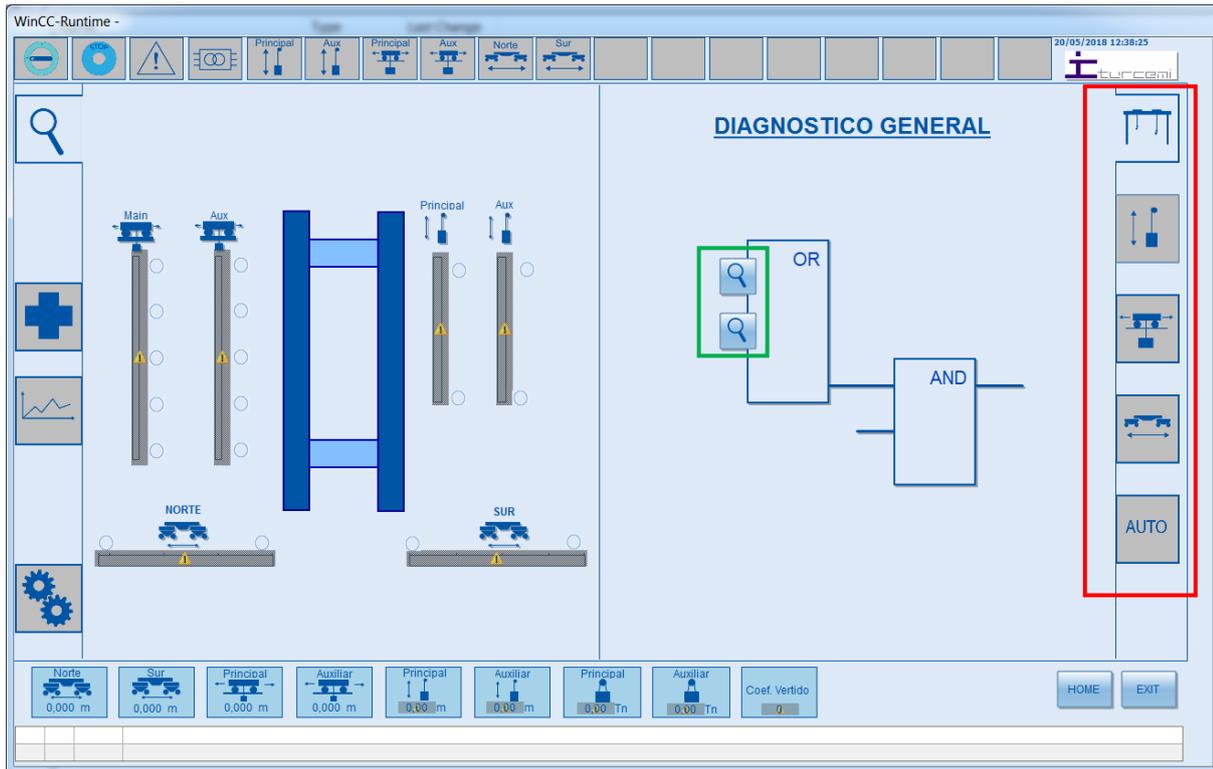


Figura 8.5.- Pantalla de datos principal

Si se pulsa sobre la lupa marcada en verde aparecerá otra pantalla que permitirá ver donde se produce el fallo de manera más concreta dentro de la grúa.

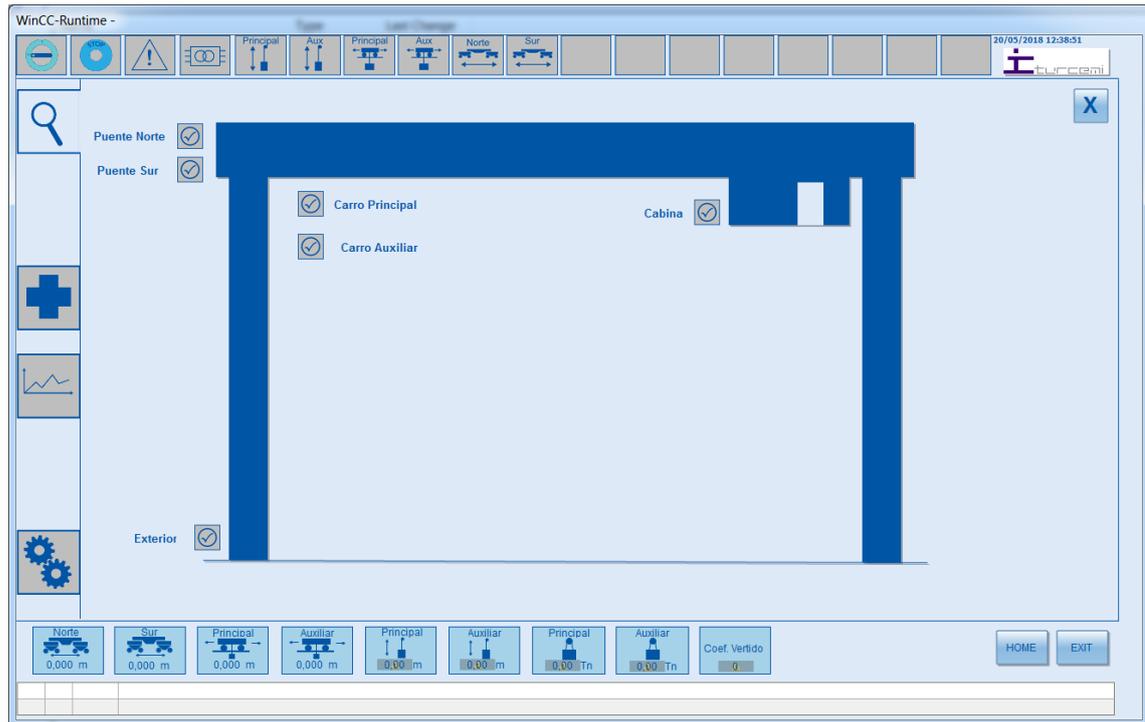


Figura 8.6.- Esquema de la colocación de las setas de emergencia en la grúa

8.2.2.2.Zonas de la Grúa

Con el menú de la derecha mencionado en el apartado anterior también se puede acceder a la información más concreta de las distintas partes de la grúa, es decir a los carros, a los puentes y a las elevaciones.

Una vez seleccionada una de las zonas aparecerá el esquema del mando de este, es decir, se indica de manera esquemática de donde viene la información desde el mando hasta la consigna final.

Además, se indica con un esquema de colores al igual que en el anterior si hay algún problema con los motores o los frenos.

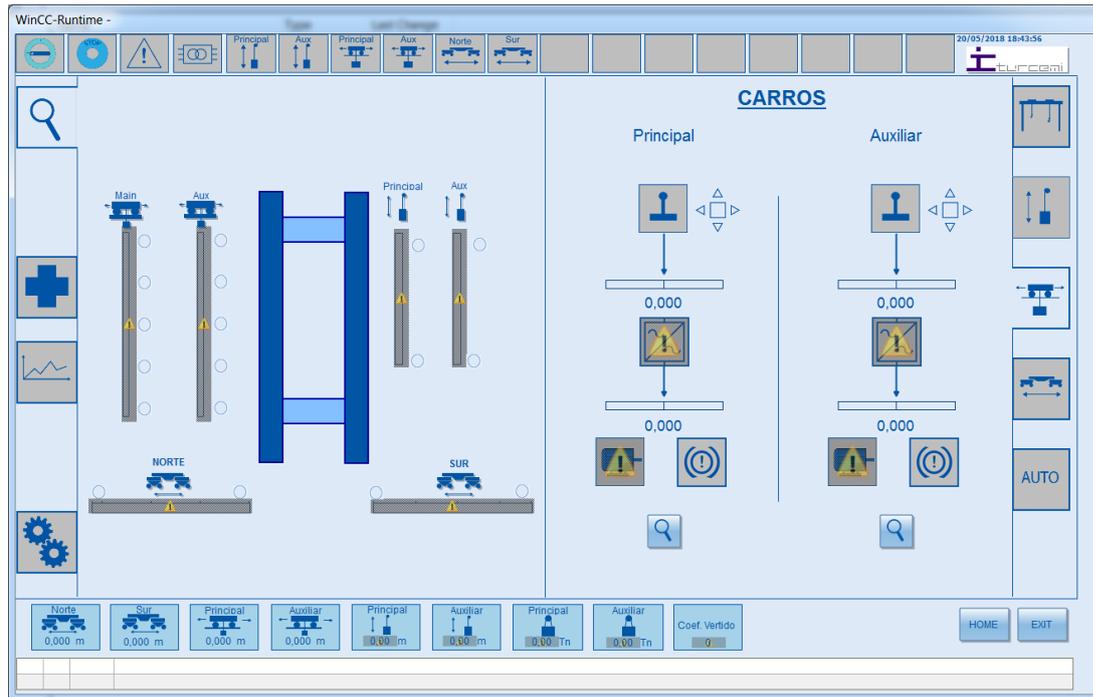


Figura 8.7.- Imagen de zona de grúa

También al igual que en otras pantallas existen un botón de lupa que permite acceder a una información más detallada de ese movimiento.

8.2.2.3. Movimientos automáticos

La última pantalla que se puede acceder con este menú es al menú del modo automático que permite que la grúa realice movimientos por su cuenta.

En este modo si se disponen de los permisos se podrá hacer que la grúa se mueva sola. Para ello existen dos tipos de funciones: los *movimientos predefinidos* que como su nombre indica son aquellos que ya están definidos como el movimiento de parking o de ir a la posición de recogida y los *movimientos manuales*, estos son aquellos que indicando una posición (xyz) y la grúa va a esa posición por si sola. En estos momentos este menú no está disponible ya que en la actualidad esta grúa no está pensada para moverse sola.

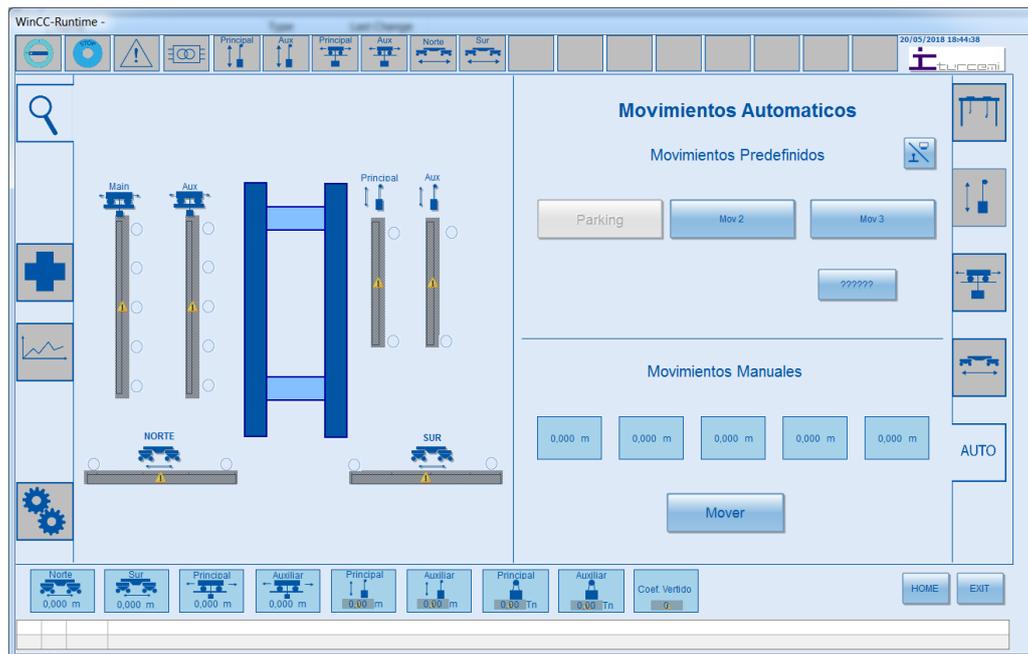


Figura 8.8.- Movimientos automáticos

8.2.3. Fallos y alarmas

En este menú se puede encontrar una lista de todos los fallos y alarmas que han ocurrido en la grúa. Además, esta información se puede visualizar de dos maneras distintas, una clasificada por tiempo, es decir se muestran primero aquellas alarmas y mensajes que ocurrieron más recientemente. La otra manera es clasificar estos mensajes por el número de alarmas y mensajes de cada tipo que ocurren, se muestran primero los que más cantidad de mensajes tienen.

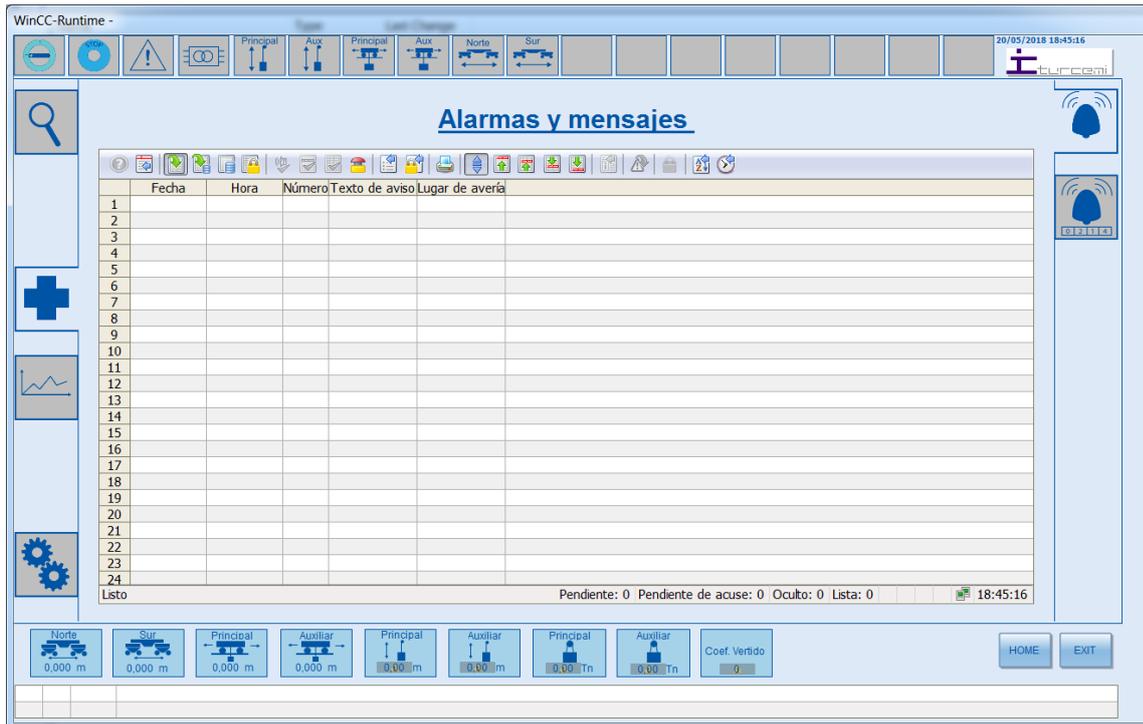


Figura 8.9.- Alarmas y mensajes

8.2.4. Gráficas

Al siguiente menú que se puede acceder es al de las gráficas. Este menú permite observar distintos datos que se obtienen de la grúa en forma de gráfica. Esto se podrá personalizar para ver los datos que se desee ver en cada momento

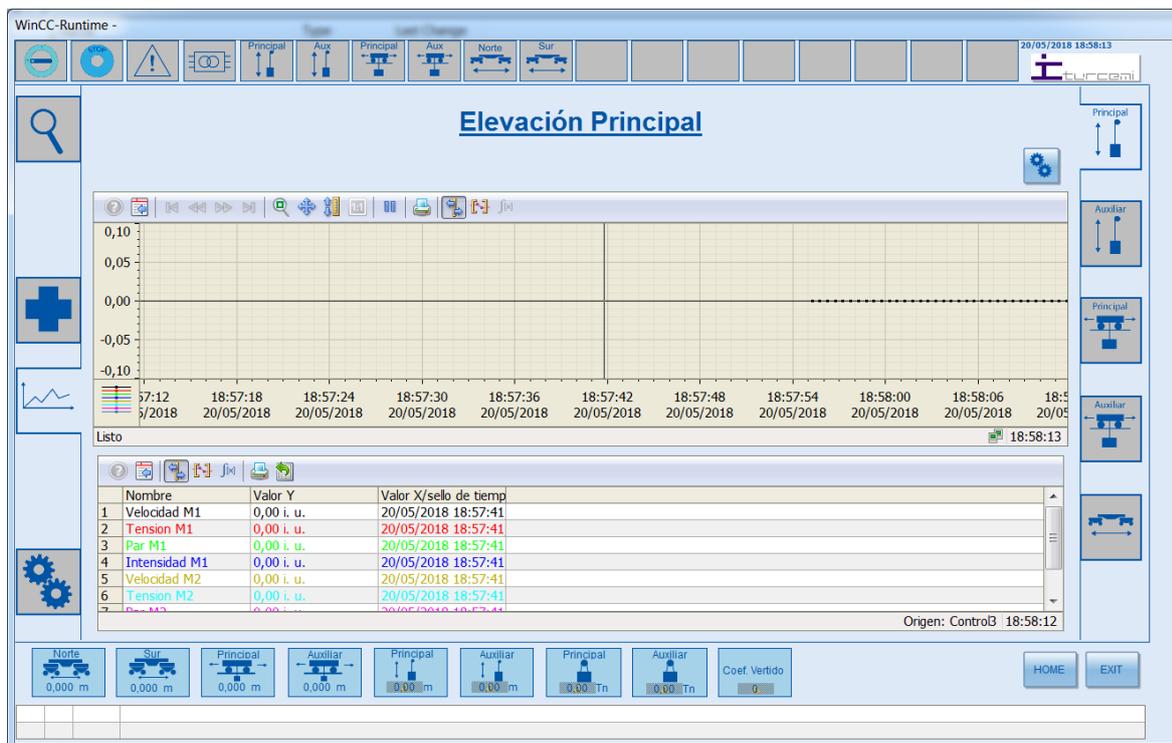


Figura 8.10.- Pantallas de las gráficas

8.2.5. Mantenimiento

Desde esta pantalla se pueden acceder a distintos menús para realizar cambios más concretos y ver datos más técnicos de la grúa.

En este menú también se encuentra la pantalla para el mantenimiento de la altura que se encuentra en la pantalla de la cabina del operador. Esta funcionaría igual que la de la cabina permitiendo resetear la altura del PLC y ajustar los pulsos para realizar la conversión correcta.

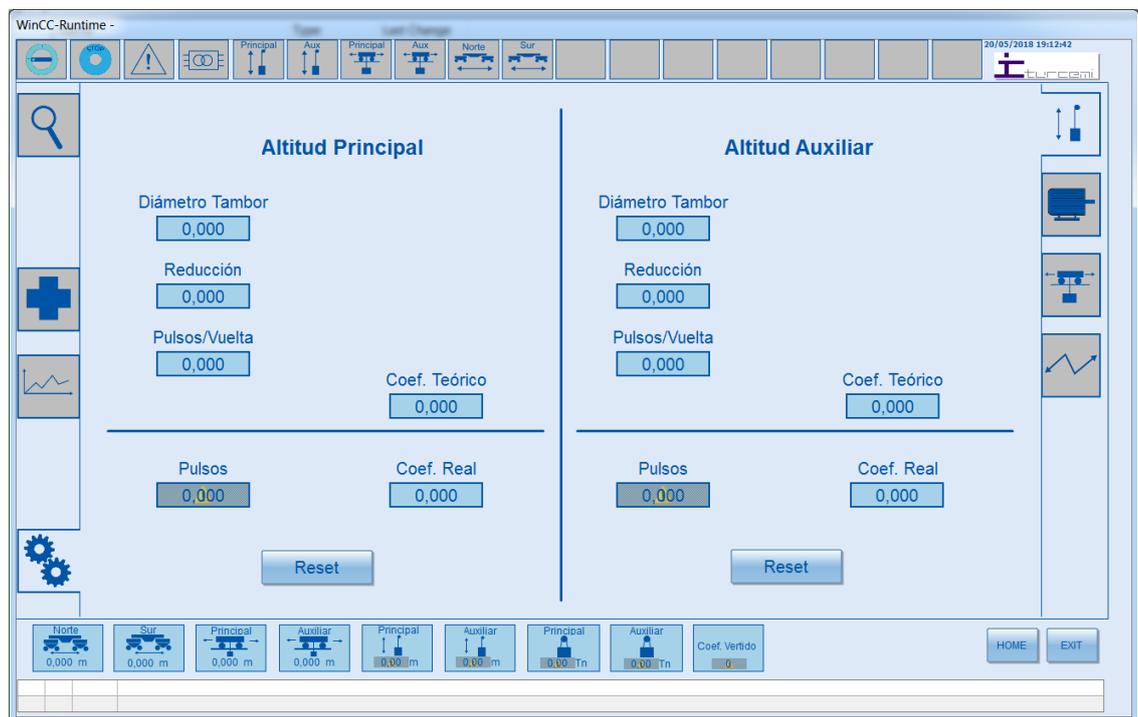


Figura 8.11.- Imagen de configuración de altímetros

Otra pantalla disponible es a la que modifica los límites para el control de velocidad de los carros, es decir ralentizado, normal y paro.

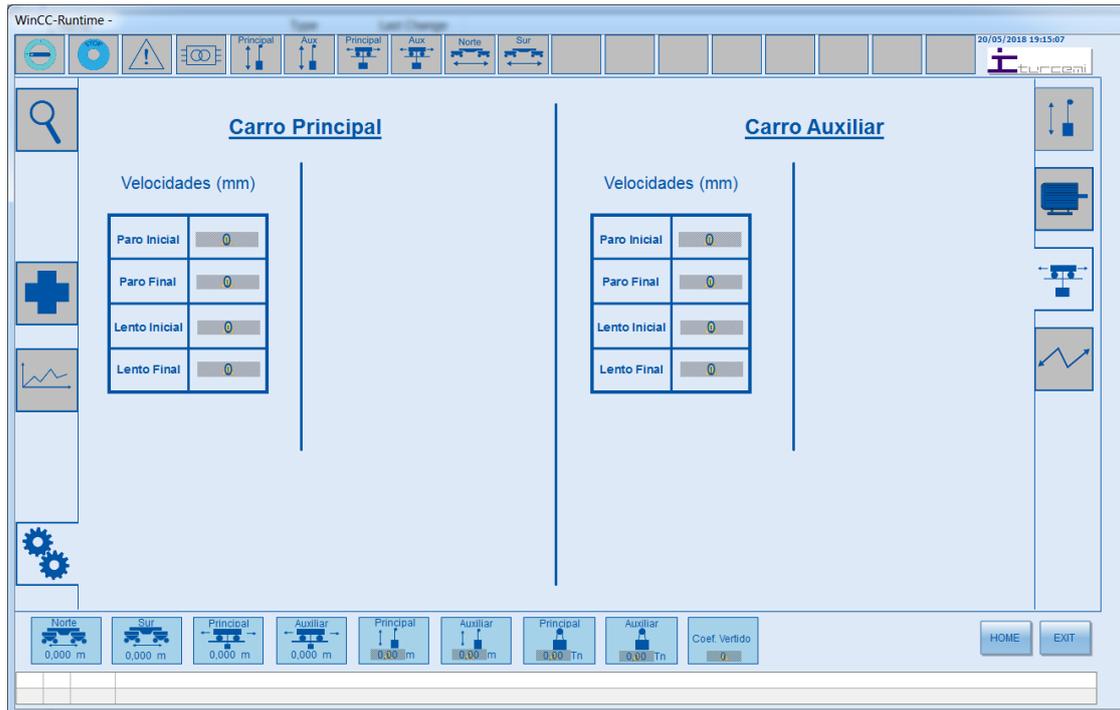


Figura 8.12.- Imagen de configurador de posiciones de paro

8.3. CONTROLES DEL GRUISTA

El puesto del mando de grúa se encuentra formando por una silla de control donde en sus apoyabrazos se encontrará los botones y los joysticks necesarios para el control de la grúa.



Figura 8.14.- Ejemplo de puesto de mando de grúa

En el apoyabrazos izquierdo se encuentran los joysticks encargados de los movimientos X e Y, es decir de los carros y del puente.

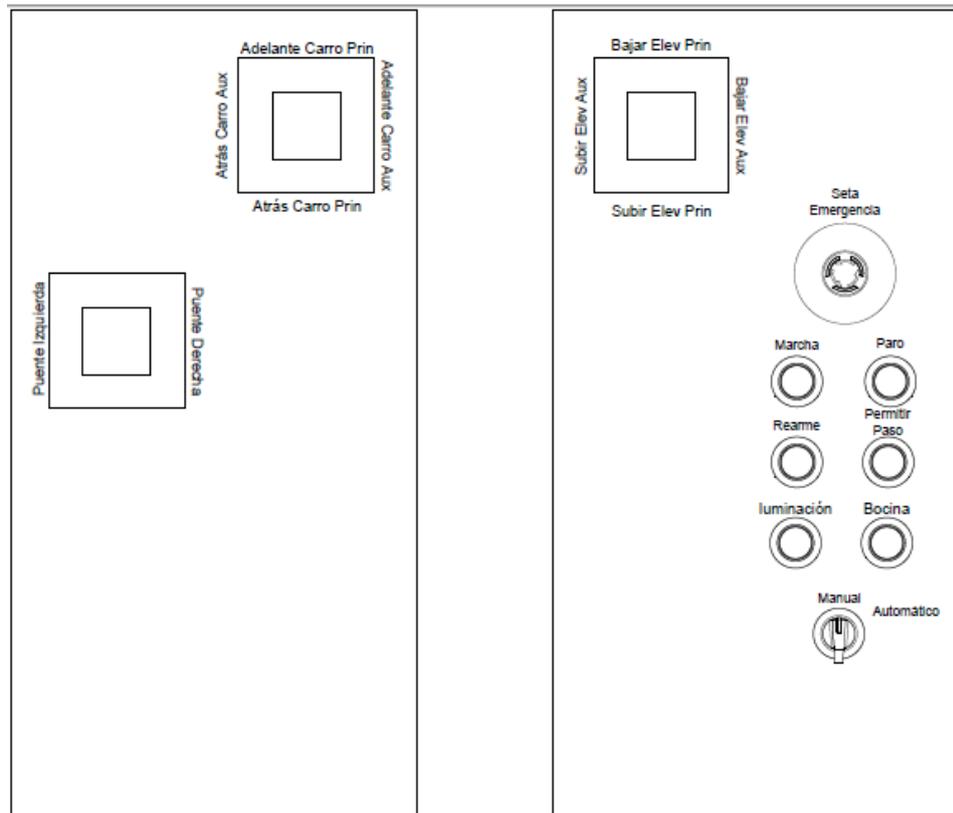


Figura 8.16.- Imagen de los reposabrazos

En el apoyabrazos derecho se encuentra el joystick encargado del movimiento de las elevaciones tanto de la principal como de la auxiliar y los siguientes botones para el control de la grúa:

- Seta de emergencia
- Paro
- Marcha
- Rearme
- Permitir acceso
- Iluminación
- Bocina
- Selector automático manual

Estos botones y joystick están conectados a la remota de la cabina que se encuentra en reposabrazos izquierdo. En los esquemas desarrollados de la ingeniería, que se encuentra como anexo, se puede ver con detalle dicha conexión,

Debido al tamaño limitado del espacio de los reposabrazos no se utiliza una tarjeta de entradas segura para realizar la supervisión de esta. Este tipo de tarjetas garantizan mayores niveles de seguridad teniendo alimentaciones independientes para cada byte. Para aumentar la seguridad se utilizarán dos contactos para una seta, esto quiere decir que ante un fallo de uno de ellos se activaría la parada de emergencia.

9. Cronograma

La realización de este proyecto se realizará por partes y no se sustituirán todas las placas al mismo tiempo por lo tanto se estimará una serie de horas relativas a cada parte dependiendo de la función de cada elemento.

9.1. DISTRIBUCIÓN EN FUNCION DE HORAS

En la siguiente tabla se mostrará un desglose de las actividades que se realizarán por placa y el número de horas que se utilizará para realizarla.

Actividad	Tiempo (h)
Placa PLC	
Ingeniería	80
Programación	80
Puesta en marcha	40
Carro principal	
Ingeniería	80
Programación	80
Puesta en marcha	40
Carro auxiliar	
Ingeniería	80
Programación	80
Puesta en marcha	40
Translación puente 1	
Ingeniería	80
Programación	80
Puesta en marcha	40
Translación puente 2	
Ingeniería	80
Programación	80
Puesta en marcha	40

Elevación principal	
Ingeniería	80
Programación	80
Puesta en marcha	40
Elevación auxiliar	
Ingeniería	80
Programación	80
Puesta en marcha	40
Cabina	
Ingeniería	80
Programación	80
Puesta en marcha	40
Total	1600

Tabla 9.1.- horas previstas para cada actividad

9.2. DISTRIBUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES EN FUNCIÓN DEL TIEMPO

En el siguiente gráfico se mostrará la distribución de los distintos trabajos que se van a realizar situándolos cronológicamente, indicando cuales de los trabajos se realizará antes para que pueda comenzar el siguiente trabajo.

En azul se mostrarán los trabajos de ingeniería y programación de las distintas fases del proyecto y en rojo la puesta en marcha (PEM). Aunque la puesta en marcha se tiene que realizar en 8 horas está marcado una semana debido a que nunca se sabe qué día de esa semana se realizará por motivos de producción.

Además, estas horas extras sirven para realizar pruebas en el taller y modificaciones a posteriori para ajustar bien los parámetros de la grúa.

La tabla está dividida en dos partes la primera va comprendida de la semana 1 a la semana 24 y la segunda parte de la tabla está comprendida entre la semana 25 a la semana 38.

	Semana																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
PLC Ing	█	█	█																					
Plc Prg		█	█	█	█	█																		
PLC PEM						█																		
Car Prin Ing							█	█	█	█														
Car Prin Prg											█	█	█	█	█									
Car Prin PEM															█									
Car Aux Ing							█	█	█	█														
Car Aux Prg											█	█	█	█	█									
Car Aux PEM															█									
Puen Prin Ing																█	█	█						
Puen Prin Prg																					█	█	█	█
Puen Prin PEM																								█
Puen Aux Ing																	█	█	█					
Puen Aux Prg																					█	█	█	█
Puen Aux PEM																								█

	Semana													
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
Elv Prin Ing	■													
Elv Prin Prg				■										
Elv Prin PME									■					
Elv Aux Ing		■												
Elv Aux Prg				■										
Elv Aux PME									■					
Cabina Ing										■				
Cabina Prg										■		■		
Cabina PME														■

El tiempo estimado para acabar con el revamping completo es de 38 semanas si se realizara de continuo, pero por motivos ajenos, se está realizando con más tiempo entre las puestas en marchas de cada parte. Este tiempo no está contemplado ya que depende directamente del cliente y el no dispone de unas fechas definidas para ello.

La única parte que está realizada y finalizada es la instalación del PLC que se cumplió en el plazo calculado.

10. Presupuesto

En base a las horas de trabajo requeridas y a los materiales empleados, se procede a presentar una información general del presupuesto. En la tabla aparecerá de manera general los conceptos del proyecto, no está más detallado ya que al ser un proyecto de larga duración los precios pueden variar o incluso modificarse por dispositivos más nuevos, siempre y cuando entren en el presupuesto aceptado por el cliente.

Concepto	Coste unitario	Mediciones	Coste
Mano de obra	25 €/h	1600 h	40.000 €
Variadores y material complementario	65.173,20 €/ud	1 ud	65.173,20 €
PLC y demás material de control	6.000 €/ud	1 ud	6.000 €
Aparamenta	4.000€/placa	6 placas	24.000 €
Total, del material y de la mano de obra			135.173,2 €
Gastos imprevistos (5%)			6.758,66 €
Beneficios (7%)			9.462,124 €
Total, sin impuestos			15.1393,98 €
IVA 21%			31792,74 €
TOTAL			183.186,72 €

Tabla 10.2.- Presupuesto

El presupuesto de realizar el revamping completo es de *ciento ochenta y tres mil ciento ochenta y seis coma setenta y dos euros*.

Los pagos de este trabajo se realizarán por partes una vez que se realice la instalación y se compruebe el funcionamiento de cada placa.

11. Discusión

En la actualidad únicamente está instalada la placa del PLC con las mejoras que permiten el correcto posicionamiento y el control de los gases. Este retraso en la instalación se debe principalmente a problemas dentro de la factoría y no a un mal funcionamiento con la instalación de la nueva placa.

La instalación de la nueva placa del PLC ha permitido mejorar el proceso productivo, ya que la principal mejora que se realiza con la instalación de la placa del PLC es la toma de datos y a su vez enviarlos al Nivel 2. Con estos datos se puede observar muy detalladamente cuales fueron las causas de una buena tanda de acero o porque una línea de acero tiene defectos. Además de obtener estos datos permite obtener una solución factible para obtener en todos los turnos una buena calidad de acero.

Pero la mejora más importante que se aplicó es la optimización del vertido del arrabio para evitar la emisión de gases contaminantes. Esto se hace, como ya se mencionó con anterioridad, al tomar los distintos datos y a través de un estudio previo, que realizaron con los mismos los encargados de la fábrica, se determinó la velocidad y la inclinación de la cuchara para el vertido del arrabio en el horno.

Con esta actualización se observa una reducción de las humaredas y una mejora de la producción, pero hay que esperar a la obtención de más datos a lo largo del tiempo para poder determinar si la mejora es un éxito y se permite la extensión de estas mejoras a otras grúas de este tipo.

12. Conclusión

Las mejoras que se realizaron en la grúa permiten concluir que son una ventaja para la producción de esta factoría tanto como en la exportación a otras para mejorar la producción y las emisiones de gases contaminantes, esto se traduce en una mejora de los beneficios que se obtienen por tonelada de acero.

Estos cambios que se implementaron en esta grúa es uno de los primeros pasos que se están realizando para poder tener un conocimiento mayor de los procesos productivos para ir progresivamente realizando una robotización completa de las grúas.

Como ya se mencionó no se pudo llevar a cabo el revamping completo de la grúa, pero se espera, que cuando se cambien las distintas placas aumente además de lo ya mencionado, la eficiencia de la maquina debido al mejor control que se va a realizar sobre los motores.

13. Bibliografía

- [1] «wikipediahttps://es.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%BAa_p%C3%B3rtico,» Gruas Portico, [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%BAa_p%C3%B3rtico. [Último acceso: 2018].
- [2] SICK, «SICK España,» [En línea]. Available: <https://www.sick.com/es/es/>. [Último acceso: 2018].
- [3] Procentec, «Procentec,» [En línea]. Available: <https://procentec.com/>. [Último acceso: 2018].
- [4] Jaso, «Jaso Gruas industriales,» Jaso Gruas industriales, [En línea]. Available: <http://jasoindustrial.com/es-es/>.
- [5] T. Weser, «Taim Weser,» Taim Weser, [En línea]. Available: <http://www.taimweser.com/index.aspx>.
- [6] Equipo Técnico del centro de formación de La Toba, Operador de Puente Grúa, Avilés: Grafinsa, 2015.