



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

TRABAJO FIN DE GRADO

Propuesta de mejora del control de una Plataforma Elevadora Móvil de Personal utilizando un Autómata Programable

Alumno: **Carlos Rey Baldoví**

Tutor: Adolfo Hilario Caballero

GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

Convocatoria de defensa: **Junio de 2018**

INDICE DEL DOCUMENTO

1. MEMORIA.....	1
2. ESQUEMAS ELÉCTRICOS.....	74
3. PRESUPUESTO.....	99

MEMORIA

RESUMEN

El siguiente proyecto está basado en la automatización de una Plataforma Móvil de Personal (PEMP) eléctrica, la mejora y actualización del actual sistema de control y seguridades haciendo uso de un autómatas programable.

La plataforma se construye a partir de un vehículo eléctrico industrial al cual se le ensambla un mástil de elevación hidráulica y, a este, se le complementa con una plataforma de trabajo sobre la que está instalada una mesa de altura regulable hidráulicamente.

La máquina debe de cumplir la normativa vigente referente a PEMP, instalaciones eléctricas y los estándares de seguridad establecidos, así como las seguridades complementarias requeridas por la empresa fabricante.

UNE-EN 280:2014+A1

Reglamento electrotécnico de baja tensión (REBT)

PALABRAS ESPECÍFICAS

Autómata programable, PLC, Plataforma Elevadora Móvil de personal

SUMMARY

The following project is about the automation of an Electric Mobile Aerial Work Platform (MAWP), the improvement and update of the current control and security system using a programmable logic controller.

The platform is constructed from an industrial electric vehicle to which is assembled an hydraulic lift mast, and this, is complemented with a working platform on which a hydraulically height-adjustable desk is installed.

The machine must comply with the current regulations regarding PEMP, electrical installations and the established safety standards, as well as the complementary securities required by the manufacturing company.

SPECIFIC WORDS

Programmable logic controller, PLC, Mobile Aerial Work Platform

INDICE DE LA MEMORIA

1	OBJETO	1
2	ANTECEDENTES	2
3	DESTINATARIO.....	3
4	LIMITES Y ALCANCE	4
4.1	Alcance.....	4
4.2	Límites.....	4
5	BIBLIOGRAFÍA	5
6	NORMATIVA	6
7	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	8
7.1	Modo desplazamiento	9
7.2	Modo trabajo	10
7.2.1	Mandos de cabina	10
7.2.2	Mandos de plataforma	12
7.3	Elementos funcionales del sistema	15
7.3.1	Vehículo eléctrico industrial	15
7.3.2	Mástil	16
7.3.3	Plataforma de y mesa de trabajo	16
7.3.4	Pulsador paro de emergencia general	17
7.3.5	Cuadro eléctrico	18
7.3.6	Cuadro de mando de cabina.....	18
7.3.7	Cuadro de mando de plataforma	19
7.3.8	Cuadro eléctrico secundario.....	19
7.3.9	Estabilizadores hidráulicos	19
7.3.10	Bomba hidráulica.....	19
7.3.11	Bloque de válvulas ‘A’	19
7.3.12	Bloque de válvulas ‘B’	20
7.4	Baterías	21
7.5	Equipos a instalar	21
7.6	Dispositivos sensoriales	23
7.6.1	Ubicación	23
7.6.2	Características	24

8	REQUISITOS DEL AUTÓMATA.....	27
8.1	Análisis de las entradas.....	29
8.2	Análisis de las salidas	30
8.2.1	Tipo de salida digital	31
9	SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS QUE FORMAN PARTE DE LA INSTALACIÓN	32
9.1	Características generales del autómata	32
9.2	Características de la fuente de alimentación	34
9.3	Características del presostato de sobrecarga.....	34
9.3.1	Conexión	36
9.3.2	Programación	37
10	INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	38
10.1	Normativa	38
10.1.1	ITC-BT-32: Instalaciones con fines especiales: Maquinas de elevación y transporte.....	38
10.1.2	ITC-BT-36: Instalaciones a muy baja tensión.....	42
10.2	Descripción.....	45
10.2.1	Líneas de alimentación	46
10.2.2	Conductores.....	46
10.2.3	Hardware del Autómata	49
10.2.4	Relés externos	50
10.2.5	Inhabilitación de la tracción del vehículo.....	52
11	SOFTWARE.....	53
11.1	Instalación y configuración del IDE Arduino	53
11.2	Comunicación con el Autómata.....	56
11.3	Programación.....	57
11.3.1	Cabecera	58
11.3.2	Estados iniciales y variables de cambio.....	59
11.3.3	setup().....	60
11.3.4	loop()	60
12	PLIEGO DE CONDICIONES	70
12.1	Condiciones generales	70
12.1.1	Aplicación de normas	70
12.1.2	Desarrollo del proyecto	70
12.1.3	Alteraciones y modificaciones.....	70

12.2	Condiciones Técnicas	70
12.2.1	Líneas de alimentación	70
12.2.2	Caja Principal	71
12.2.3	Caja Intermedia	71
12.2.4	Corte de Emergencia	71
12.2.5	Dispositivos de mando y sensoriales.....	71
12.2.6	Puesta a tierra.....	71
12.3	Condiciones de ejecución	71
12.3.1	Entrega de la máquina.....	72
12.4	Condiciones administrativas	72
12.4.1	Personal	72
12.5	Condiciones de Asistencia Técnica	72
12.5.1	Revisiones periódicas	72
12.5.2	Cobertura horaria	72
12.5.3	Garantía	72

1 OBJETO

El presente documento contempla estudio para la implantación de un nuevo sistema de control y seguridad de una Plataforma Elevadora Móvil de Personal (PEMP), fabricada a partir de la unión entre un vehículo eléctrico y un mástil de elevación hidráulico, haciendo uso de un autómata programable.

Dicho autómata tiene la función de procesar las acciones deseadas por el operario desde los puestos de mando y ejecutarlas o no, en función de las restricciones de seguridad previamente definidas.

2 ANTECEDENTES

La plataforma elevadora móvil de personal (PEMP) es una máquina móvil destinada a desplazar personas hasta una posición de trabajo, con una única y definida posición de entrada y salida de la plataforma; está constituida como mínimo por una plataforma de trabajo con órganos de servicio, una estructura extensible y un chasis. Existen plataformas sobre camión articuladas y telescópicas, autopropulsadas de tijera, autopropulsadas articuladas o telescópicas y plataformas especiales remolcables entre otras.

Las PEMP se dividen en dos grupos principales:

- Grupo A: Son las que la proyección vertical del centro de gravedad (CDG de la carga está siempre en el interior de las líneas de vuelco.
- Grupo B: Son las que la proyección vertical del CDG de la carga puede estar en el exterior de las líneas de vuelco.

En función de sus posibilidades de traslación, se dividen en tres tipos:

- Tipo 1: La traslación solo es posible si la PEMP se encuentra en posición de transporte, es decir, con la plataforma en reposo y los estabilizadores recogidos.
- Tipo 2: La traslación con la plataforma de trabajo en posición elevada solo puede ser mandada por un órgano situado en el chasis.
- Tipo 3: La traslación con la plataforma de trabajo en posición elevada puede ser mandada por un órgano situado en la plataforma de trabajo.

La máquina sobre la que se realiza la propuesta está creada por una empresa especializada en el sector de los trabajos de altura, corresponde con una PEMP del grupo A y tipo 1 (PEMP A1) y se trata de la unión entre un vehículo eléctrico y un mástil de elevación hidráulica. Sobre el chasis, se ensambla una estructura con estabilizadores hidráulicos de doble efecto independientes.

3 DESTINATARIO

La presente propuesta está destinada a la empresa **“CLEM ecologic S.L.”** para su posterior valoración, implantación y venta de la máquina.

4 LIMITES Y ALCANCE

4.1 Alcance

La implementación del sistema propuesto en el presente documento incluye:

- Estandarización de la fabricación y del modelo en cuestión.
- Actualización del sistema de seguridad.
- Aumento de la fiabilidad del sistema.
- Opción de ajustar o modificar maniobras fácilmente.
- Simplificación del montaje.
- Simplificación del sistema eléctrico.
- Disminución del tiempo de fabricación.
- Optimización de recursos físicos.
- Mejora y actualización de la imagen corporativa.

4.2 Límites

El presente proyecto se trata de una obra de reingeniería, una propuesta de mejora y actualización, por este motivo ciertos apartados o sistemas a tener en cuenta no serán modificados. Estos son:

- Los cálculos estructurales de la máquina, los cuales han sido calculados previamente por un departamento externo. No se realizará ninguna modificación estructural en la máquina que pueda afectar a los mismos.
- Se mantendrá y quedará exento de modificaciones el sistema hidráulico; formado por los diferentes bloques de válvulas, bomba hidráulica, tanque, cilindros, su respectivo sistema eléctrico, etc.

5 BIBLIOGRAFÍA

- AENOR (2003) “Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01 a BT 51”
- INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (2015) “Plataformas elevadoras móviles de personal (I): gestión preventiva para su uso seguro”
- SEAS (2012) “Automatismo Eléctrico”

6 NORMATIVA

Para el presente proyecto se ha tenido la normativa vigente que se enuncia a continuación:

- ITC-BT-32: Instalaciones con fines especiales: Maquinas de elevación y transporte.
- ITC-BT-36: Instalaciones a muy baja tensión.
- Norma UNE-EN ISO 12100-1:2004 Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 1: Terminología básica, metodología (ISO 12100-1:2003).
- Norma UNE-EN ISO 12100-2:2004 Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 2: Principios técnicos. (ISO 12100-2:2003).
- Norma UNE-EN ISO 14121-1:2007 Seguridad de las máquinas. Evaluación del riesgo. Parte 1: Principios (ISO 14121-1:2007).
- Norma UNE-EN ISO 13849-1:2015 Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño (ISO 13849-1:2015).
- Norma UNE-EN ISO 13849-2:2012 Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 1: Validación (ISO 13849-1:2012).
- Norma UNE-EN 1088:1996+A2:2008 Seguridad de las máquinas. Dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos. Principios para el diseño y selección.
- Norma UNE-EN ISO 13857:2008 Seguridad de las máquinas. Distancias de seguridad para impedir que se alcancen zonas peligrosas con los miembros superiores e inferiores (ISO 13857:2008).
- Norma UNE-EN 349:1994+A1:2008 Seguridad de las máquinas. Distancias mínimas para evitar el aplastamiento de partes del cuerpo humano. (Versión oficial EN 349:1993).
- Norma UNE-EN 1037:1996 + A1:2008 Seguridad de las máquinas. Prevención de una puesta en marcha intempestiva.
- Norma UNE-EN 954-1:1997 Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño.
- Directiva de seguridad eléctrica (06/95/CE).
- Norma UNE-EN 60204-1: Seguridad de las Máquinas. Equipo eléctrico de las máquinas. Parte 1: Requisitos generales.
- Norma UNE-EN 50272-3:2004. Requisitos de seguridad para las baterías e instalaciones de baterías. Parte 3: Baterías de tracción.
- Norma UNE-EN 61000-6-2:2006 Compatibilidad Electromagnética (CEM). Parte 6. Normas genéricas. Sección 2. Norma genérica de inmunidad en entornos industriales.

- Norma UNE-EN 61000-6-3:2007 Compatibilidad Electromagnética (CEM). Parte 6. Normas genéricas. Sección 3. Norma de emisión en entornos residenciales, comerciales y de industria ligera.

7 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Se propone la implantación de un autómata que gestione la correcta ejecución de las acciones solicitadas por el operario, interpretando las entradas al autómata y activando o no las salidas del mismo en función de si se cumplen o no las seguridades previamente establecidas.

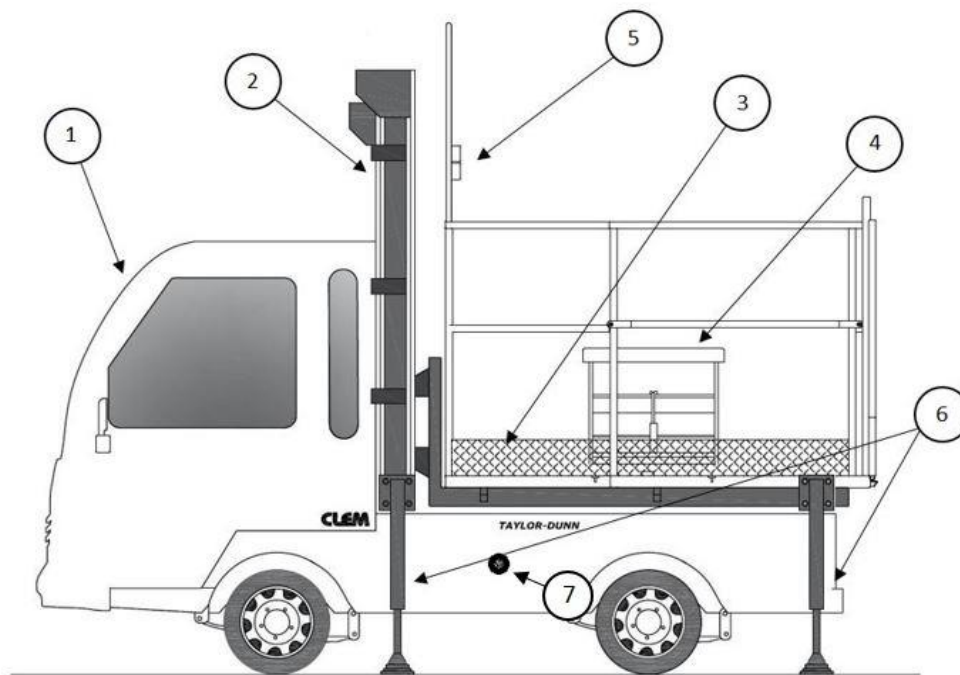
La PEMP sobre la que está basada el proyecto tiene la finalidad de trasladar y posteriormente elevar a los operarios hasta un punto de trabajo desde la plataforma. El equipo se trata de un vehículo eléctrico industrial de la marca Americana Taylor Dunn sobre la que se añade un mástil triplex, es decir, de tres etapas de elevación, con el objetivo de cumplir la altura máxima de trabajo y, a la vez, no sobrepasar la cota máxima con la plataforma recogida. El mástil se complementa con una plataforma la cual en su interior se instala una mesa de trabajo de altura regulable hidráulicamente por sistema de tijera.

Acorde a la ITC-BT-32 'Instalaciones con fines especiales: Maquinas de elevación y transporte', en el apartado 2, párrafo 1:

“La instalación en su conjunto se podrá poner fuera de servicio mediante un interruptor omnipolar general de accionamiento manual, colocado en el circuito principal”

En el costado izquierdo del vehículo se instala un pulsador paro de emergencia principal con enclavamiento por excitación, el cual interrumpe el paso de corriente por la línea de negativos general del sistema (potencia). La línea de excitación del pulsador es un enseriamiento de todos los pulsadores paro de emergencia del sistema, de manera que en caso de accionar alguno de ellos, el contacto del pulsador se abre, interrumpiendo el paso de corriente. El reseteo del mismo únicamente será posible cuando todos los pulsadores paro de emergencia estén extraídos y el selector de llave en la posición de desplazamiento o trabajo.

Se dispone de dos modos de funcionamiento que serán seleccionados, desde la cabina en el panel de control del vehículo, mediante un selector de llave con enclavamiento de 3 posiciones; modo desplazamiento, modo trabajo y modo apagado.



1.	Cabina
2.	Mástil
3.	Plataforma de trabajo
4.	Mesa de trabajo
5.	Mandos de plataforma
6.	Estabilizadores
7.	Paro de emergencia principal

7.1 Modo desplazamiento

Seleccionando el 'modo desplazamiento' con el selector de llave en el panel del vehículo se activa la función de traslación.

El sistema de desplazamiento es el propio del vehículo y se controla desde la cabina, mediante el volante, el pedal de aceleración, el de frenado y el selector de marcha delante y marcha atrás.

Dispone, además, de dos modos de velocidad, encendido y apagado de luces, un pulsador de enclavamiento paro de emergencia, limpiaparabrisas y un display que muestra el estado del vehículo (batería, temperatura, etc.)

La PEMP sobre la que se basa el proyecto es del tipo 1, lo que significa que la traslación únicamente es posible si la máquina se encuentra en modo transporte, por lo que se aplica una restricción de traslación.

El desplazamiento del vehículo únicamente es posible cuando, además de haber seleccionado el modo desplazamiento, la estructura extensible se encuentre totalmente plegada y los estabilizadores estén recogidos. Para ello se instala un final de carrera (FC) que está presionado una vez la plataforma esté totalmente recogida y un presostato en cada estabilizador, 4 en total, que se accionan cuando los estabilizadores están apoyados. Al final de carrera se le hará referencia con el término 'SDESP' y a cada uno de los presostatos como 'P1', 'P2', 'P3' y 'P4', donde el número es el identificativo de cada estabilizador.

7.2 Modo trabajo

Desde el selector de llave podemos seleccionar el modo trabajo, el cual, dispone de dos zonas de mando; los mandos de cabina y los de plataforma. Según la norma ITC-BT-32 en el punto 4.2:

“Cada grúa, aparato de elevación o transporte debe tener uno o más mecanismos de parada de emergencia, en todos los puestos de mando de movimiento. Cuando existen varios circuitos, los mecanismos de parada de emergencia deben ser tales que, con una sola acción, provoquen el corte de toda alimentación apropiada.”

Tanto la zona de mandos del vehículo (salpicadero), como el cuadro de mando y el de plataforma se han instalado pulsadores parada de emergencia que inhabilitan totalmente la electricidad en el sistema y en las líneas de potencia en caso de ser accionados.

7.2.1 Mandos de cabina

Desde los mandos de cabina, Figura 7.1, se accionan los estabilizadores hidráulicos de manera independiente. El cuadro de mandos está dividido en dos zonas, la zona 'A' y la zona 'B'; la zona 'A' es la fila superior, y la zona 'B' es la fila inferior.

En la zona 'A' se encuentran los pulsadores de color negro, son los que accionan la recogida del estabilizador y los inferiores en la zona 'B', de color rojo, la extensión. Cada columna de pulsadores acciona un estabilizador, enumerados del 1 al 4 de izquierda a derecha. Un piloto verde se ilumina cuando los 4 estabilizadores se encuentran apoyados y la maquina nivelada.

El movimiento de los estabilizadores únicamente es posible si la maquina se encuentra en modo trabajo, la estructura extensible está recogida y se está pulsando el botón habilitador (enable), cuya finalidad es evitar el accionamiento de los estabilizadores involuntariamente.

Se hace uso del FC SDESP con el motivo de evitar el accionamiento y provocar la desestabilización de la maquina mientras esta se encuentra elevada y evitar el vuelco.

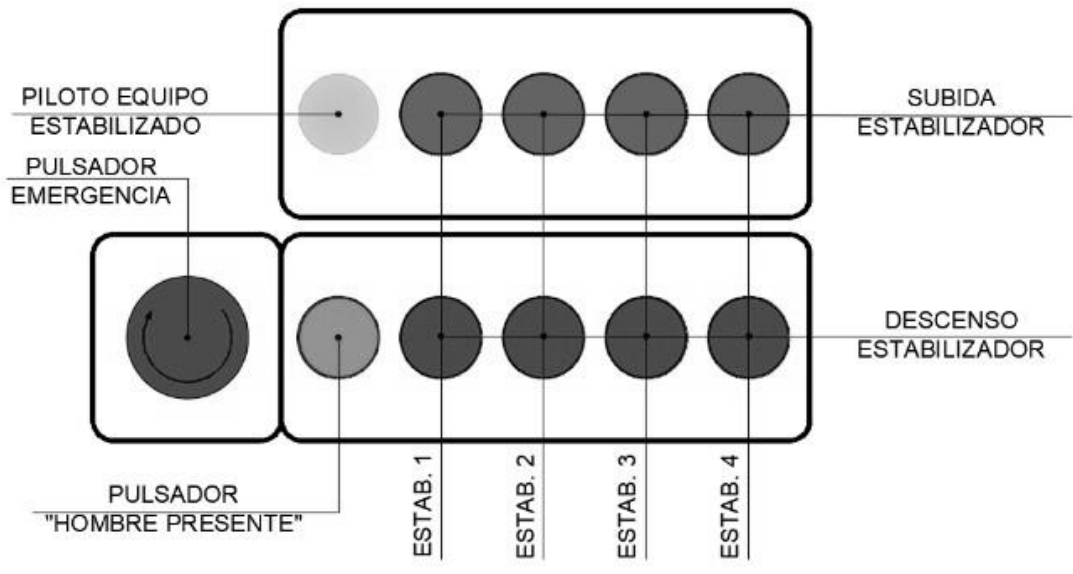


Figura 7.1. Boceto de los mandos de la cabina.



Figura 7.2. Mandos de la cabina.

7.2.2 Mandos de plataforma

El cuadro de mando, Figura 7.3, dispone de 3 columnas de 2 pulsadores, además, está dividido en dos zonas, la zona 'A' y la zona 'B'. La zona 'A' es la fila superior, y la zona 'B' es la fila inferior.

La primera columna acciona el movimiento del mástil, desde el pulsador superior, negro, se acciona la subida y, desde el inferior, rojo, la bajada del mismo.

La segunda columna acciona el movimiento de la mesa de trabajo, desde el pulsador superior, negro, se acciona la subida y, desde el inferior, rojo, la bajada del mismo.

La tercera columna acciona el desplazamiento lateral de la plataforma, desde el pulsador superior, negro, se acciona el desplazamiento a la derecha y, desde el inferior, rojo, el desplazamiento hacia la izquierda.

El movimiento de la estructura extensible, la mesa de trabajo y el desplazamiento lateral de la plataforma únicamente es posible si se cumplen las condiciones de estabilidad.

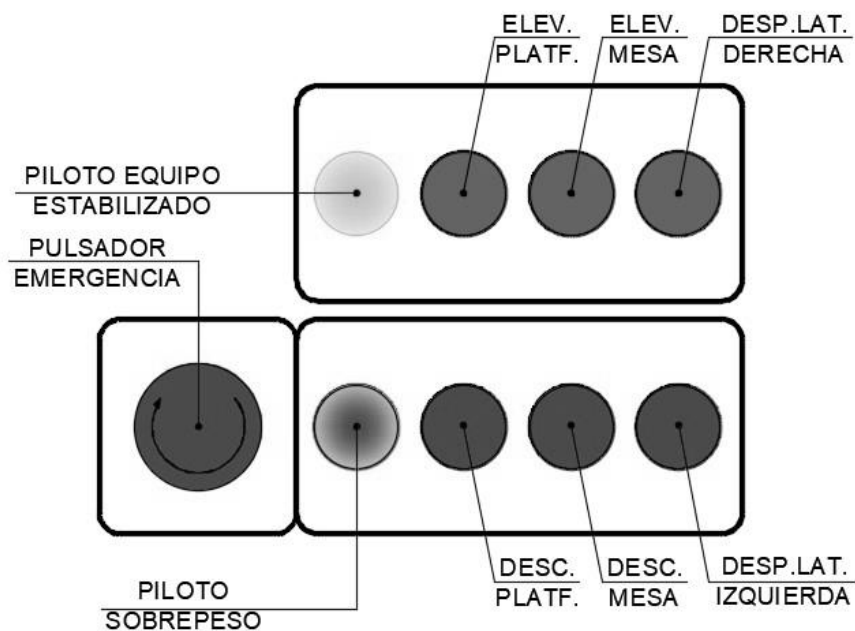


Figura 7.3. Boceto de los mandos de la cabina.



Figura 7.4. Mandos de la plataforma.

Control de Estabilidad

Cualquier movimiento accionado desde la plataforma está sometido a ciertas condiciones de seguridad que se gestionan mediante el autómata. Estas condiciones se han establecido con la finalidad de eliminar el riesgo de accidente mediante la operación del vehículo.

Las condiciones que se aplican a la ejecución de movimientos desde la plataforma son las siguientes:

- El selector de llave debe estar en modo trabajo.
- Cada estabilizador, de manera individual, debe ejercer presión sobre el suelo.
- La inclinación del mástil debe estar dentro del rango permitido (2º).
- No debe existir sobrecarga en la plataforma.

La detección de presión en los estabilizadores se realiza mediante los presostatos instalados en los mismos. El funcionamiento de los presostatos se trata de un contacto eléctrico que conmuta de una posición normalmente cerrada (NC) a una normalmente abierta (NA) al detectar una presión superior a la tarada previamente.

La señal de inclinación proviene de un inclinómetro, TILT, instalado sobre el chasis interior de la máquina, el cual está nivelado en función del mástil. Su funcionamiento consiste en el cierre interno de un contacto eléctrico si la inclinación se encuentra dentro del rango permitido, 2º en nuestro caso.

En caso de que uno o varios de los estabilizadores o el inclinómetro dejen de comunicar, los controles de la plataforma quedarán inhabilitados. Se debe accionar el paro de emergencia y revisar el estado de la maquina; si todo está correcto reseteamos el paro de emergencia y únicamente será posible el descenso hasta la posición de plataforma recogida mientras suena la alarma.

Todos los elementos de seguridad están diseñados para que en el caso de ruptura del elemento, su cable, conector o pérdida de señal, se garantice el máximo grado de seguridad, priorizando la seguridad del operario.

Maniobra de Descenso

Se ha diseñado una maniobra de descenso acorde a una propuesta de maniobra que se realiza en la norma UNE-EN 280:2014+A1; concretamente en el punto 5.4.3 en los párrafos 5 y 6.

El movimiento de descenso de la plataforma de trabajo se detiene automáticamente en el “límite del primer descenso”. El “límite del primer descenso” es la posición donde la distancia vertical de la zona de atrapamiento bajo la plataforma extensible es de 1,5 metros. Durante esta parada el operario debe cerciorarse que no existe ningún elemento o persona bajo la plataforma.

Todo movimiento de descenso posterior a esa zona se realizará después de un tiempo de espera de 3 s. Se instala un final de carrera (**SP**) el cual estará pulsado mientras la plataforma se encuentra dentro o bajo del “límite del primer descenso”. La ejecución de esta maniobra de descenso está diseñada para reducir el riesgo de accidente en las zonas de atrapamiento bajo la plataforma.

Los manguitos hidráulicos del descenso de la estructura extensible están dimensionados para que la plataforma descienda a una velocidad de 0,01 m/s, por lo que no es necesaria la reducción de velocidad del 50% a partir del límite del primer descenso.

Control de Sobrecarga

Acorde a la norma UNE-EN 280:2014+A1; punto 5.4.1.2, apartado a): el sistema de sobrecarga se debe accionar antes de sobrepasar el 120% de la carga nominal. La carga permitida en el presente estudio es de un total de 350kg y el margen de seguridad que se ha establecido es que el sistema de sobrecarga se accione al sobrepasar el 110% de la carga nominal, es decir, a 385kg.

Una vez accionado el sistema de sobrecarga, se anula la subida de la plataforma, suena una alarma intermitente y se enciende un piloto color rojo en los mandos de plataforma. Para la función de sobrepeso se utiliza un presostato digital programable que usa diferentes rangos de presión dependiendo de la etapa del mástil que se está utilizando, a este elemento se le hará referencia con el término “Presostato de sobrecarga” o “Presostato de sobrepeso”.

7.3 Elementos funcionales del sistema

7.3.1 Vehículo eléctrico industrial

Se dispone de un vehículo eléctrico, sobre el cual se va a realizar toda la instalación, de la marca americana Taylor Dunn, modelo BIGFOOT XL de las siguientes características:

Tabla 7.1. Características técnicas del vehículo.

TRABAJO	
Capacidad de carga	1361 kg
Velocidad máxima	29 km/h
Radio de giro	368 cm
Capacidad de arrastre	4536 kg
ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS	
Motor	17 hp, 13 kW, AC
Voltaje del sistema	48 Vdc
Baterías	260 Ah
Controlador	Controlador AC de velocidad de estado sólido con autodiagnóstico

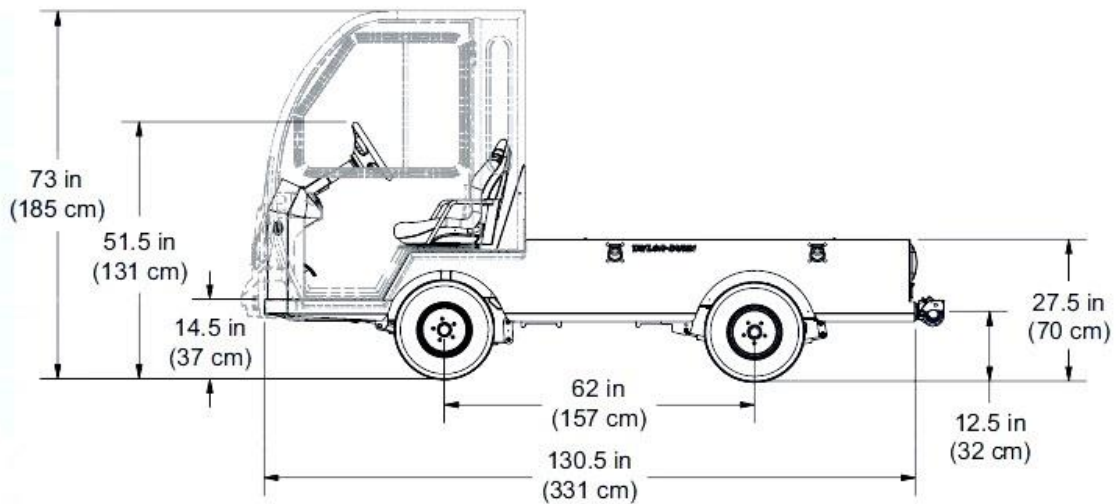
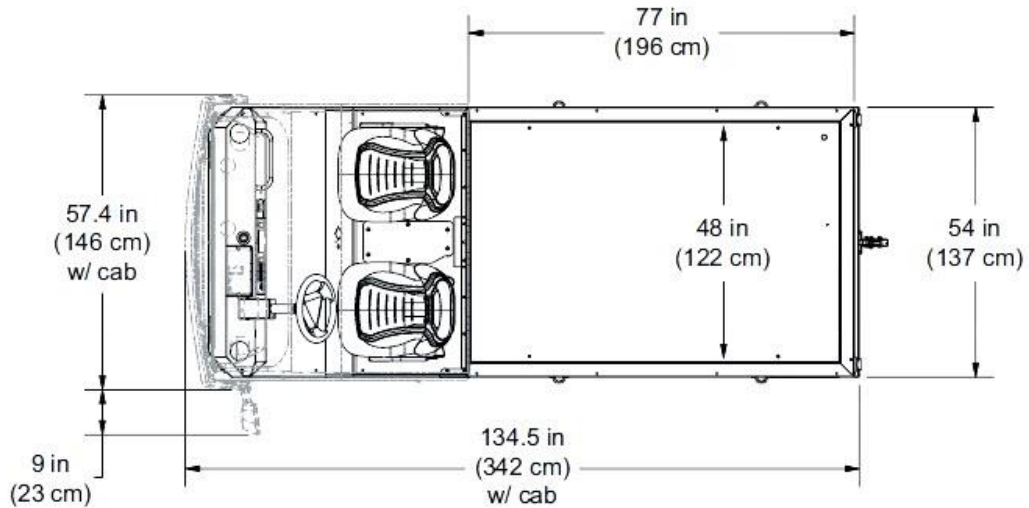


Figura 7.5. Dimensiones del vehículo.

7.3.2 Mástil

Un mástil triplex y desplazador lateral de 15 centímetros. El modelo es el 400 YRM 522 de la marca de carretillas elevadoras Yale, en el cual la elevación se realiza mediante un cilindro de efecto simple y el descenso mediante la electroválvula **VBMA** (válvula bajada mástil) que descarga el aceite hidráulico directamente al tanque. El desplazamiento lateral se realiza mediante un cilindro de doble efecto.

7.3.3 Plataforma de y mesa de trabajo

Plataforma de trabajo sobre la que trabajaran los operarios. Dentro de esta misma cesta, en el centro, se instala una mesa con sistema de elevación por tijera de la marca Bolzoni. La mesa está fabricada bajo demanda y a medida, con un cilindro hidráulico central de efecto simple para la elevación. El descenso de la mesa se realiza mediante la

electroválvula **VBME** (válvula bajada mesa) que descarga el aceite hidráulico directamente al tanque. Se equipa, la mesa, con un sistema perimetral anti-atrapamiento, formado por 4 finales de carrera en serie que se accionan al encontrar resistencia en el descenso de la misma interrumpiendo la maniobra de descenso de la misma. A dichos finales de carrera se les hace referencia con el término “Perimetrales”.

7.3.4 Pulsador paro de emergencia general

Pulsador paro de emergencia, Figura 7.6, que combina las funciones de desconexión manual y de operación como contactor por excitación de bobina. Este pulsador tiene la finalidad de desconectar la línea de negativos de la batería, inhabilitando de manera total el paso de corriente a través de todos los circuitos de la máquina.

La marca y modelo de este pulsador de emergencia es Albright SD150-48V, lo que significa que es capaz de soportar una intensidad de 150 A y la excitación de la bobina es mediante una tensión de 48 V.



Figura 7.6. Pulsador Paro de Emergencia principal.



Figura 7.7. Emplazamiento del pulsador paro de emergencia principal.

7.3.5 Cuadro eléctrico

Cuadro eléctrico principal ubicado en la cabina, entre los asientos del piloto y copiloto. Dará alimentación a los sistemas de control. En su interior se ubicará el PLC, La fuente de alimentación y los demás elementos de protección. Al mismo le llegarán todas las entradas y desde él partirán todas las salidas.

7.3.6 Cuadro de mando de cabina

Cuadro de mando de cabina, situado encima del cuadro eléctrico principal. Desde él se accionan los estabilizadores.

- 2 cuadros de cinco agujeros para pulsadores.
- Cuadro de un agujero para pulsadores.
- 4 pulsadores negros NA.
- 4 pulsadores rojos NA.
- Pulsador verde/transparente NA.
- Piloto verde.
- Paro de emergencia NC.

7.3.7 Cuadro de mando de plataforma

Cuadro de mando de plataforma, situado en la plataforma.

- 2 cuadros de cuatro huecos para pulsadores
- Cuadro de un agujero para pulsadores.
- 3 pulsadores negros NA.
- 3 pulsadores rojos NA.
- Piloto rojo.
- Piloto verde.
- Paro de emergencia NC.

7.3.8 Cuadro eléctrico secundario

Cuadro eléctrico secundario ubicado bajo la plataforma. Se utiliza para unificar las señales de la plataforma en una única manguera que será dirigida al cuadro eléctrico principal.

- Regleteado de conexiones.

7.3.9 Estabilizadores hidráulicos

4 estabilizadores fabricados a partir de cilindros hidráulicos de doble efecto con válvulas anti-retorno pilotadas.

7.3.10 Bomba hidráulica

Bomba hidráulica de 48V 2,0kW, fabricada por la marca MAHLE el modelo 11.212.570. Ubicada en la parte trasera del vehículo, resguardada por el chasis, es la encargada de suministrar aceite hidráulico a los diferentes bloques de válvulas.

- Se enciende al accionar un contactor de potencia (**KBOMBA**) de la marca White Rodgers, modelo 124-115111, el cual funciona a 24Vdc. Dicho contactor permite el paso de corriente al positivo de bomba.

7.3.11 Bloque de válvulas 'A'

Un bloque de válvulas, al cual se le hará referencia con el término "**Bloque de válvulas A**".

- Una Electroválvula de 3 posiciones con dos bobinas (VHP y VLP) de 24Vdc con un consumo de 1,29 A.
Al excitar la bobina VHP (alta presión), el aceite hidráulico pasará por un reductor de presión tarado a una presión a la que se hará referencia con el término 'alta presión' y saldrá por la salida común de la válvula. Esta es la presión necesaria para la activación de los movimientos de elevación del mástil y de la mesa.

Al excitar la bobina VLP (baja presión), el aceite hidráulico pasará por un reductor de presión tarado a una presión inferior a la anterior, a la cual se hará referencia como 'baja presión' y saldrá por la salida común de la válvula. Esta es la presión utilizada para los movimientos de los estabilizadores, ya que para el funcionamiento de los mismos no es necesaria una presión tan elevada y además, se evita el movimiento brusco al estabilizar la máquina.

- 2 electroválvulas de 2 vías y dos posiciones (VSMA y VSME) de 24 Vdc con un consumo de 1,29 A.

La entrada hidráulica de dichas válvulas, es la salida común de las válvulas VHP y VLP.

Al excitar la bobina de la electroválvula VSMA (subida de mástil), el aceite hidráulico es dirigido hacia el cilindro de elevación del mástil. Cómo, al mismo tiempo, habrá sido accionada VHP, el mástil comenzará a subir.

Al excitar la bobina de la electroválvula VSME (subida de mesa), el aceite hidráulico es dirigido hacia el cilindro de elevación de la mesa. Cómo, al mismo tiempo, habrá sido accionada VHP, el mástil comenzará a subir.

7.3.12 Bloque de válvulas 'B'

Un bloque de válvulas, al cual se le hará referencia con el término "**Bloque de válvulas B**".

El bloque de válvulas 'B' está formado por 5 electroválvulas de 4 vías 3 posiciones con dos bobinas cada una de 24Vdc a 1,29 A (VBCx, VSCx, VDD y VDI)

El aceite hidráulico que entra en este bloque, viene de la salida del bloque anterior, bloque de válvulas 'A'.

VBCx (x es el número identificativo de cada estabilizador) son las bobinas las cuales, al excitarlas, dirigen el aceite hacia la cámara superior de los cilindros de los estabilizadores. Al seleccionarlas, también es necesario activar la válvula VLP, por lo que será aceite a baja presión. El movimiento de extensión de los cilindros hace que los estabilizadores bajen y apoyen en el suelo. Una vez apoyados en el suelo la presión en la cámara superior será la que será leída por el presostato que hay en esta para determinar que está apoyado.

VSCx (x es el número identificativo de cada estabilizador) son las bobinas las cuales, al excitarlas, dirigen el aceite hacia la cámara inferior de los cilindros de los estabilizadores. Al seleccionarlas también, es necesaria la activación de la válvula VLP, aceite hidráulico a baja presión. El movimiento de retracción de los cilindros hace que los estabilizadores se despeguen del suelo (momento en que el presostato nos indica que la presión en la cámara superior ha bajado) hasta recogerse completamente.

VDI es la bobina que al excitarla el aceite pasará a una cámara del cilindro del desplazador y hará el movimiento hacia la izquierda. Al excitar esta bobina también es necesaria la activación de VLP, debido a que el movimiento desplazador se realiza mediante aceite hidráulico a baja presión.

VDD es la bobina que al excitarla el aceite pasará a una cámara del cilindro del desplazador y hará el movimiento hacia la derecha. Al excitar esta bobina también es necesaria la activación de VLP, ya que el movimiento desplazador se realiza mediante aceite hidráulico a baja presión.

7.4 Baterías

La alimentación de la maquina en cuestión se realiza a través de 8 baterías de tracción dispuestas en serie. Fabricadas por 'Trojan', concretamente el modelo T-105, cada batería es capaz de suministrar 225 Ah.

7.5 Equipos a instalar

En el siguiente diagrama de flujo, Figura 7.8, se observan las fases de un sistema automatizado.

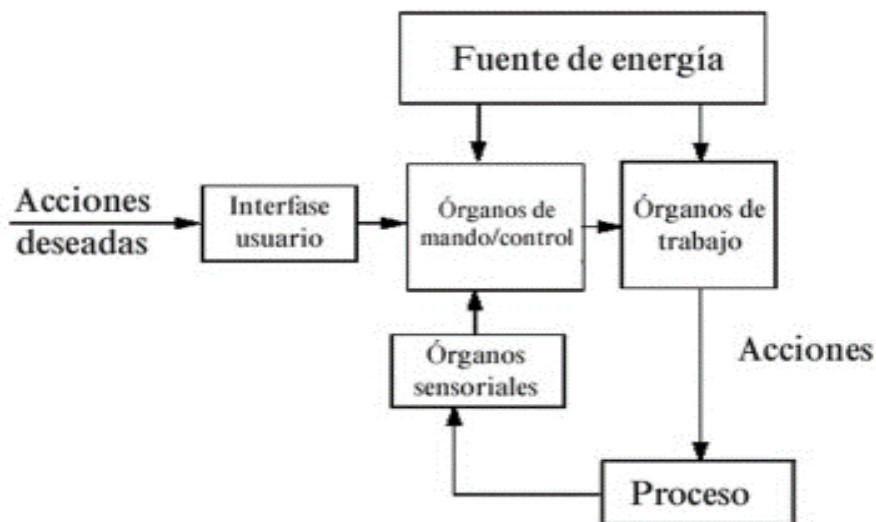


Figura 7.8. Fases de un sistema Automatizado.

La fase "interface del usuario" está formada por aquellos elementos desde los cuales opera el usuario.

La "fuente de energía" es la encargada de suministrar tensión a las diversas fases del sistema.

Los "órganos de mando/control" son los elementos con los cuales se transmite la acción requerida al sistema y hasta los que llega la información retroalimentada del proceso.

En el presente documento, esta fase son los pulsadores ubicados en los puestos de mando, los indicadores luminosos y las alarmas.

Los “órganos de trabajo”, en este caso órgano de trabajo es el autómata. El elemento que interpreta las entradas del sistema y ejecuta unas acciones u otras dependiendo de las mismas.

El “proceso” es resultado que han dado las acciones realizadas por el órgano de trabajo. En el proyecto actual serían, por ejemplo, el movimiento de los estabilizadores o la elevación de la plataforma.

El proceso debe estar controlado por una serie de sensores, en el diagrama esta fase corresponde a los “órganos sensoriales”, que proporcionen información sobre el estado del sistema y del proceso que se está realizando.

Interface del usuario

- Mandos de Plataforma.
- Mandos de cabina.

Fuente de energía

- Fuente de alimentación DC-DC, 48-24 Vdc, 5 A.

Órganos de mando/control

- Pulsadores, pulsadores de emergencia, selectores, indicadores luminosos y sonoros instalados en los puestos de mando.

Órganos de trabajo

- Autómata.

Órganos o Dispositivos sensoriales

- 4 Presostatos en los estabilizadores de 1-16 bar, 24 Vdc.
- 1 Presostato digital para el sistema de sobrecarga.
- 1 Inclinómetro de 0-2º, 24 Vdc.
- 1 Final de carrera para discernir entre plataforma elevada o recogida (SDESP).
- 1 Final de carrera que limite la elevación de la plataforma (SMAX).
- 1 Final de carrera para conocer la etapa de mástil con la cual se está operando (SP).
- 1 Final de carrera para diferencial la zona “límite del primer descenso” (SC).
- 4 finales de carrera en serie para interrumpir el descenso de la mesa de trabajo en caso de encontrar un obstáculo (SPER).

7.6 Dispositivos sensoriales

7.6.1 Ubicación

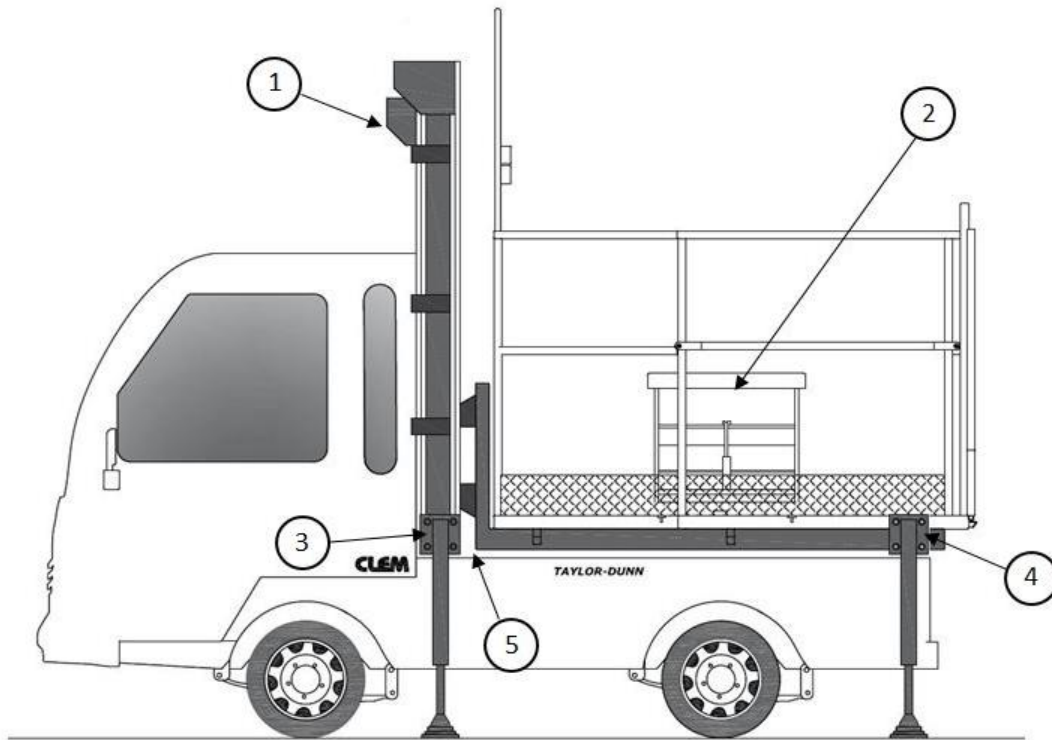


Figura 7.9. Ubicación de los dispositivos sensoriales. Perfil izquierdo.

1. SMAX
2. SPER
3. P4
4. P3
5. SDESP

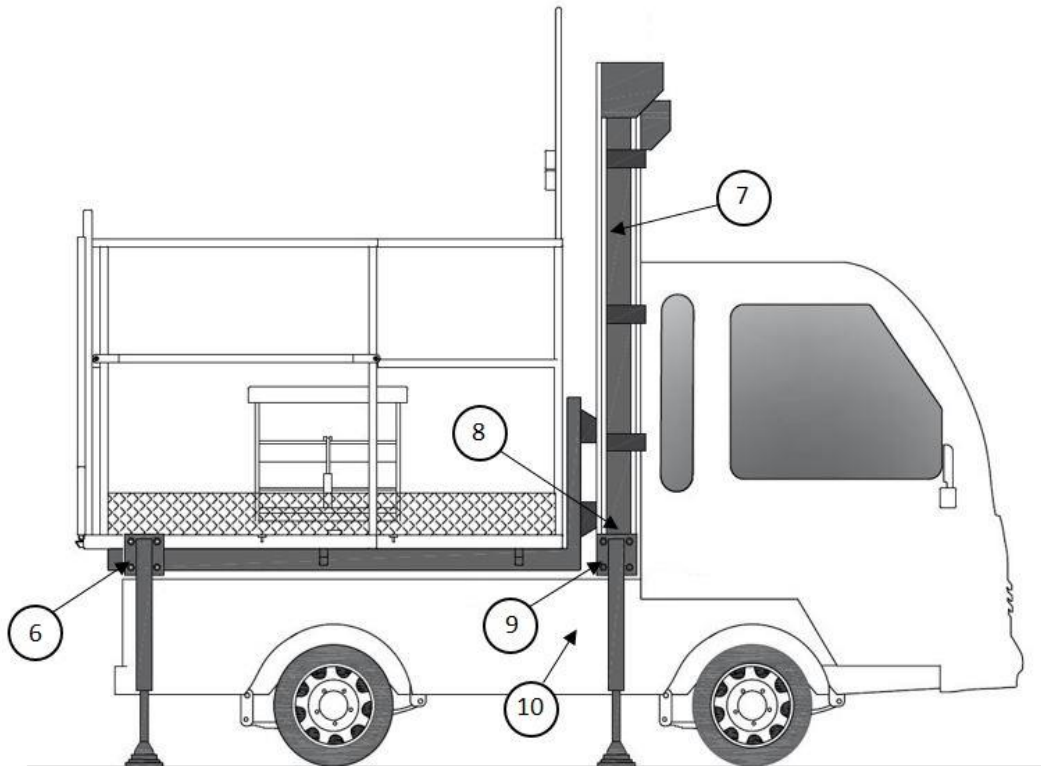


Figura 7.10. Ubicación de los dispositivos sensoriales. Perfil derecho.

6.	P2
7.	SC + SP
8.	PRESOSTATO DIGITAL
9.	P1
10.	STILT (Dentro de la estructura)

7.6.2 Características

FINALES DE CARRERA

Fabricante: Telemecanique

Modelo: XCMD

Final de carrera con dos tipos de contacto, 1 NC y 1 NA. Protección IP67, fabricado en metal con actuación por roldana.

Datos técnicos:

- Dimensiones: 30x50x16 mm
- Peso: 0.185 kg
- Durabilidad eléctrica: 5×10^6 ciclos a 24 Vdc



- Aislamiento: IP67

INCLINÓMETRO

Fabricante: Parker

Modelo: LS60 – 0657

Sensor de nivel de estado sólido en dos ejes X e Y que permite la continuidad si su inclinación es menor a 2°.

Datos técnicos:

- Dimensiones: 90x87x115 mm
- Peso: 0.072 kg
- Durabilidad: 10⁶ ciclos
- Aislamiento: IP67
- Alimentación: 7-48 Vdc
- I. máx.: 1 A



PRESOSTATOS

Fabricante: Tectis

Modelo: S4250

Conmutador de accionamiento por sensor de presión. Histéresis regulable. Usando la conexión NA, detectara si los estabilizadores están apoyados o no.

Datos técnicos:

- Dimensiones: 90x50 mm
- Peso: 0,1 kg
- Aislamiento: IP65
- Rango de presión: 1-16 bar
- I. máx.: 2 A





Figura 7.11. *Estabilizador con su respectivo presostato.*

8 REQUISITOS DEL AUTÓMATA

El sistema se programará mediante salidas y entradas digitales.

A continuación, se presentan las entradas y salidas necesarias para el autómata. Para minimizar las entradas y salidas del autómata, los elementos que no sea necesaria su comunicación con el autómata se conectarán directamente a su actuador.

Los siguientes diagramas son aproximaciones visuales, el resultado final se encuentra en el anexo de esquemas eléctricos.

El pulsador de bajada de mástil (**BMA**), mientras el sistema se halle por encima del límite del primer descenso (SP pulsado), actuará directamente sobre la electroválvula de descenso del mismo (**VBMA**). Cuando el sistema se encuentre dentro de la zona del primer tramo el final de carrera que indica en que zona del mástil se encuentra la plataforma (SP) mandará una señal de entrada al autómata.

Una señal de salida del autómata, ya programado, ejecutará las secuencias de apertura y cierre de la electroválvula pertinente para la correcta realización de las paradas de seguridad.

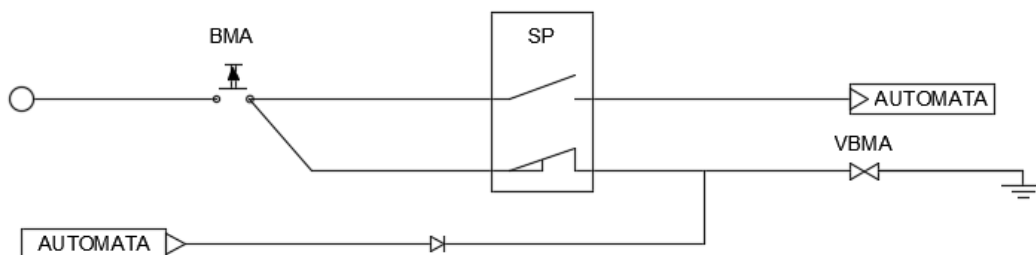


Figura 8.1. Línea de bajada del mástil.

El pulsador de bajada de mesa (**BME**) se enseriará con los finales de carrera perimetrales (**SPER**) usando la conexión NC, de manera que en caso de accionarse los mismos, la bajada de la mesa se detendrá y, a su retorno se conectará la electroválvula de descenso de la mesa (**VBME**).

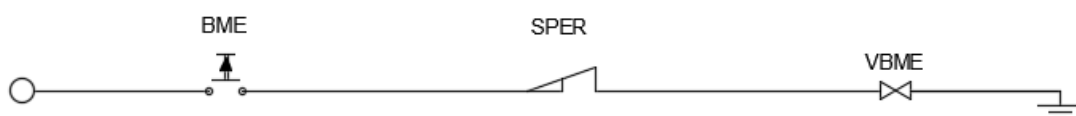


Figura 8.2. Línea de bajada de la mesa.

La señal de subida de mástil (**SMA**) estará enseriada con la conexión NC del final de carrera que marca la elevación máxima del mismo (**SMAX**). El retorno de SMAX será asignado a una entrada del automático.

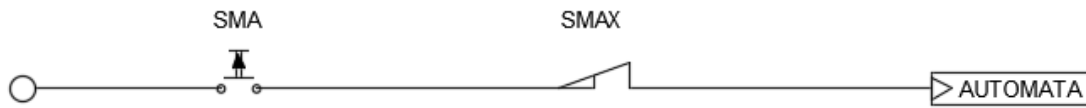


Figura 8.3. Línea de subida del mástil.

La entrada de la automática asignada al presostato de sobrecarga (**PRESOSTATO SOBRECARGA**) deberá estar siempre activa, se utilizará con flanco negativo, de manera que, si la señal del presostato se pierde, el sistema marque sobrepeso y se restrinja la elevación. El presostato digital dispone de dos salidas de señal para configurar dos presiones diferentes.

El final de carrera **SC** tiene la finalidad de distinguir entre la señal de baja o alta presión dependiendo de la etapa de mástil que se está elevando. Cuando se usa la primera etapa SC está pulsado, para la segunda se libera. Para el tercer tramo de mástil el sistema de sobrepeso funciona con la presión de actuación del tramo 2. El diagrama siguiente es una aproximación. La configuración final se debe de analizar ya que, al ser el presostato digital, dispone de modos configurables con presiones variables.

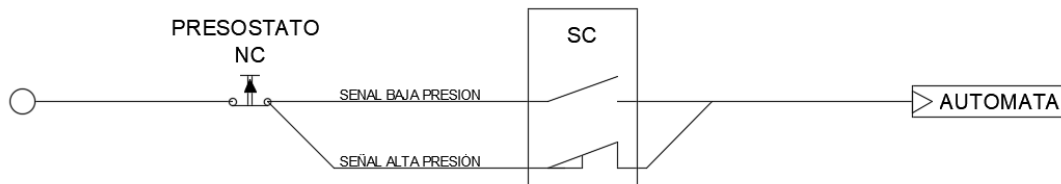


Figura 8.4. Línea del presostato de sobrecarga.

Para realizar el corte de tracción se hará uso de un relé que corte la señal de tracción del vehículo.

8.1 Análisis de las entradas

Tabla 8.1. Entradas del sistema.

ORGANOS DE MANDO/CONTROL			
NUMERACION	NOMBRE DE LA VARIABLE	DESCRIPCION	UBICACION
1	SC1	Subida del calzo 1	Mandos de cabina
2	SC2	Subida del calzo 2	Mandos de cabina
3	SC3	Subida del calzo 3	Mandos de cabina
4	SC4	Subida del calzo 4	Mandos de cabina
5	BC1	Bajada del calzo 1	Mandos de cabina
6	BC2	Bajada del calzo 2	Mandos de cabina
7	BC3	Bajada del calzo 3	Mandos de cabina
8	BC4	Bajada del calzo 4	Mandos de cabina
9	ENABLE	Habilitador hombre presente	Mandos de cabina
10	SMA	Subida de mástil	Mandos de plataforma
11	SME	Subida de mesa	Mandos de plataforma
12	DD	Desplazamiento a la derecha	Mandos de plataforma
13	DI	Desplazamiento a la izquierda	Mandos de plataforma
14	BMA	Bajada mástil + primer tramo	Mandos de plataforma
ORGANOS SENSORIALES			
NUMERACION	NOMBRE DE LA VARIABLE	DESCRIPCION	UBICACION
15	P1	Presostato del calzo 1	Calzo 1
16	P2	Presostato del calzo 2	Calzo 2
17	P3	Presostato del calzo 3	Calzo 3
18	P4	Presostato del calzo 4	Calzo 4
19	PRESOSTATO	Presostato de sobrecarga	Junto al mástil
20	DESPEGUE	FDC Despegue	Bajo el mástil
21	TILT	Inclinómetro	Chasis

En resumen, el sistema necesita **21 entradas digitales** a 24 Vdc.

8.2 Análisis de las salidas

Tabla 8.2. Salidas a EV del sistema.

BLOQUE VALVULAS A		
NUMERACION	NOMBRE DE LA VARIABLE	DESCRIPCION
1	VHP	Electroválvula apertura alta presión
2	VLP	Electroválvula apertura baja presión
3	VSMA	Electroválvula subida de mástil
4	VSME	Electroválvula subida de mesa
BLOQUE VALVULAS B		
NUMERACION	NOMBRE DE LA VARIABLE	DESCRIPCION
5	VSC1	Electroválvula subida del calzo 1
6	VSC2	Electroválvula subida del calzo 2
7	VSC3	Electroválvula subida del calzo 3
8	VSC4	Electroválvula subida del calzo 4
9	VBC1	Electroválvula bajada del calzo 1
10	VBC2	Electroválvula bajada del calzo 2
11	VBC3	Electroválvula bajada del calzo 3
12	VBC4	Electroválvula bajada del calzo 4
13	VDD	Electroválvula desplazamiento a la derecha
14	VDI	Electroválvula desplazamiento a la izquierda

Tabla 8.3. Otras salidas del sistema.

OTRAS SALIDAS		
NUMERACION	NOMBRE DE LA VARIABLE	DESCRIPCION
15	VBMA	Electroválvula bajada del mástil
16	MTR	Corte de tracción
INDICADORES LUMINOSOS Y ALARMAS		
NUMERACION	NOMBRE DE LA VARIABLE	DESCRIPCION
17	LUZ OK	Luz inclinación y estabilizadores correctos
18	SSOBREPESO	Luz y alarma sobrecarga

Resumiendo, el sistema necesita de 18 salidas digitales a 24 Vdc que vienen condicionadas por sus respectivos consumos:

- 14 electroválvulas de los diferentes bloques tienen un consumo individual de 1,29 A.
- La electroválvula de descenso del mástil (VBMA) tiene un consumo de 1,08 A.
- Las salidas restantes están compuestas por indicadores luminosos, alarmas o relés cuyo consumo individual no supera los 0,2 A.

8.2.1 Tipo de salida digital

En el mercado de autómatas actual existen dos tipos de salidas digitales, las salidas tipo transistor y las salidas tipo relé.

Las salidas tipo transistor son salidas de conmutación rápida que pueden alcanzar 100kHz de frecuencia y trabajan con una corriente de 0,5A que proporciona el propio autómata. Generan una caída de tensión de alrededor de 0,7 Vdc.

Las salidas tipo relé, como su propio nombre indica, son salidas que únicamente cierran un circuito externo. El cierre de dicho circuito es mecánicamente, por lo que no permite alta frecuencia de conmutación. La tensión y corriente que soportan viene dado por el fabricante, aunque se puede decir que la gran mayoría trabaja con tensiones de 220 V y 5 A. Estas salidas, al estar compuestas únicamente por un conmutador/interruptor no genera caída de tensión.

9 SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS QUE FORMAN PARTE DE LA INSTALACIÓN

Al partir de una maquina la cual dispone de un sistema de ejecución previamente instalado, únicamente tenemos que elegir los sistemas de automatización, control y la manera en la que los conectamos con el sistema previo y el vehículo.

Dado el análisis de entradas y salidas previamente realizado, y el posterior estudio de las diferentes soluciones el autómata elegido se trata de un PLC de la marca IndustrialShields, el modelo M-DUINO 50RRA+. Se trata de un PLC basado en Arduino, con posibilidad de conectar pantallas HMI y ampliar la instalación mediante módulos de comunicación.

Una de las grandes ventajas que ofrece este autómata es el código abierto el cual permite programar el autómata con un software gratuito y grandes aportes por la comunidad que usa Arduino en la red.

9.1 Características generales del autómata

El controlador lógico programable PLC M-Duino 50 RRA+ ofrece un sistema flexible y adaptable a infinidad de proyectos de automatización debido al amplio abanico de instrucciones. Su CPU consta de un microcontrolador Arduino Mega, una fuente de alimentación integrada y circuito de entrada y relés de salida.

Incorpora un total de 24 entradas digitales, 16 salidas tipo relé y 10 salidas digitales; un puerto ETHERNET y otro USB.

En cuanto a las comunicaciones es capaz de comunicarse mediante los modos I2C, Puerto Serial TTL, puerto RS-232, RS-485, puerto SPI externo, TCP/IP/Modbus TCP/Modbus RTU.

Datos técnicos:

Tabla 9.1. Especificaciones técnicas del Autómata.

Voltaje de alimentación; fusible protección de 2,5 A	12 - 24 Vdc
I máx.	1,5 A
Dimensiones	101x119,5x119,3 mm
Frecuencia del reloj	16 Mhz
Memoria Flash	256 kB
SRAM	8 kB
EEPROM	4 kB

Comunicaciones	I2C - Puerto ETHERNET USB - RS485 - RS232 SPI - (3x) Rx, Tx
An/Dig Input 10bit (0-10 Vdc)	0 - 10 Vdc; Resistencia entrada: 39 kohm; Tierra aislada
Entrada digital aislada (24Vdc)	5 - 24Vdc; I min: 2 - 12 mA; AISLAMIENTO galvánico
Entrada aislada interrupción HS (24Vdc)	5 - 24Vdc; I min: 2 - 12 mA; AISLAMIENTO galvánico
Salida analógica 8bit (0-10 Vdc)	0 - 10Vdc; I máx.: 40 mA; Tierra aislada
Salida analógica aislada (24 Vdc)	5 - 24Vdc; I máx.: 0,3 A; AISLAMIENTO galvánico
Salida Relé aislada	220 Vac; I máx.: 5 A; AISLAMIENTO galvánico
Salida aislada PWM (24 Vdc)	5 - 24Vdc; I máx.: 0,3 A; AISLAMIENTO galvánico

Descripción externa:

La nomenclatura para diferenciar las zonas se basa en el alfabeto, siendo 'A' la primera placa y 'D' la última. Se representa la nomenclatura en la imagen siguiente:

- Las entradas de la zona 'B' se nombran como IO.X, siendo 'X' cualquier numero acorde a la placa. Las salidas se nombran como Q0.X y los relés como R0.X.
- Las entradas de la zona 'C' se nombran como IO.X, siendo 'X' cualquier numero acorde a la placa. Las salidas se nombran como Q0.X y los relés como R0.X.
- Las entradas de la zona 'D' se nombran como IO.X, siendo 'X' cualquier numero acorde a la placa. Las salidas se nombran como Q0.X y los relés como R0.X.

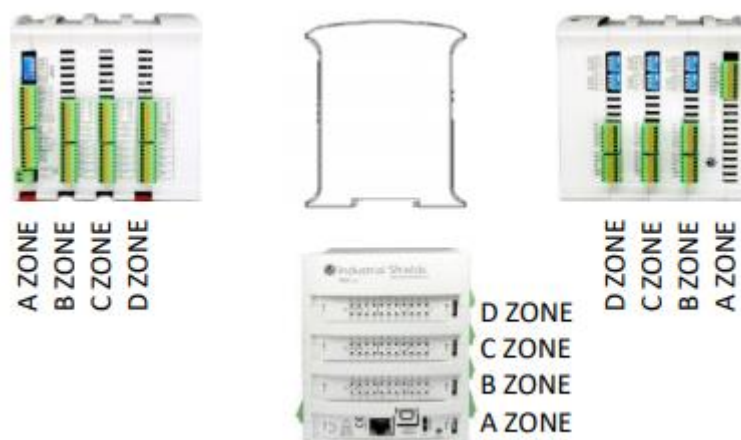


Figura 9.1. Zonas del Autómata.

9.2 Características de la fuente de alimentación

El transformador QUINT DC/DC modifica el nivel de tensión, refresca la tensión en el extremo de líneas largas o se encargan del diseño de sistemas de alimentación independientes mediante aislamiento galvánico.

Protección por fusible y con control funcional preventivo, es decir, que se interrumpe el paso de corriente si se supera el valor nominal de la misma.

Fabricante: Phoenix Contact

Modelo: QUINT-PS 48/24/5



Transformador de tensión en corriente continua de 48 a 24 V con un máximo suministro de corriente de 5 A.

Datos técnicos:

- Dimensiones: 130x125x32 mm
- Aislamiento: IP20
- Tensión de entrada: 30 Vdc – 60 Vdc
- Tensión de salida: 24 Vdc \pm 1%
- I. nominal: 5 A

9.3 Características del presostato de sobrecarga

El presostato Parker SCP SD 400 combina las funciones de un interruptor de presión, sensor de presión y un display.

Esto quiere decir que hace las funciones de manómetro, conmutación de salidas y salida analógica.

Es un equipo robusto, compacto y fácil de operar. Dispone de múltiples modos de operación y dos salidas conmutadas para diferentes presiones, el cual se usará en el presente proyecto.



SCPSD-xxx-04-x7
2 switching outputs;
M12x1; 4-pole

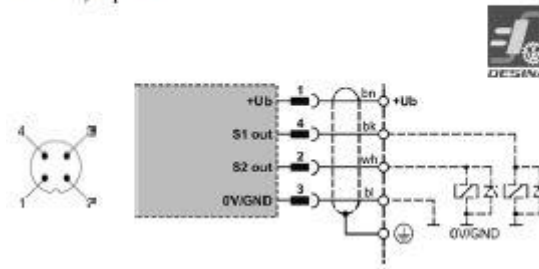


Figura 9.2. Conexiones del presostato.

Las conexiones +Ub y 0V/GND son las conexiones de alimentación y negativo respectivamente.

Las salidas S1 y S2 se configurarán para medir la presión en el primer y segundo tramo del mástil respectivamente y por flaco descendente, de manera que, en caso de no sobrepasar la presión asignada estarán proporcionando una señal de 24 Vdc.

Se utiliza un presostato de dos señales a diferentes presiones debido a que al utilizar el primer tramo del mástil, el cilindro únicamente está elevando la plataforma y el primer tramo, mientras que al utilizar el segundo tramo, el cilindro carga el peso de la plataforma, primer y segundo tramo.



Figura 9.3. Presostato de sobrecarga.

9.3.1 Conexión

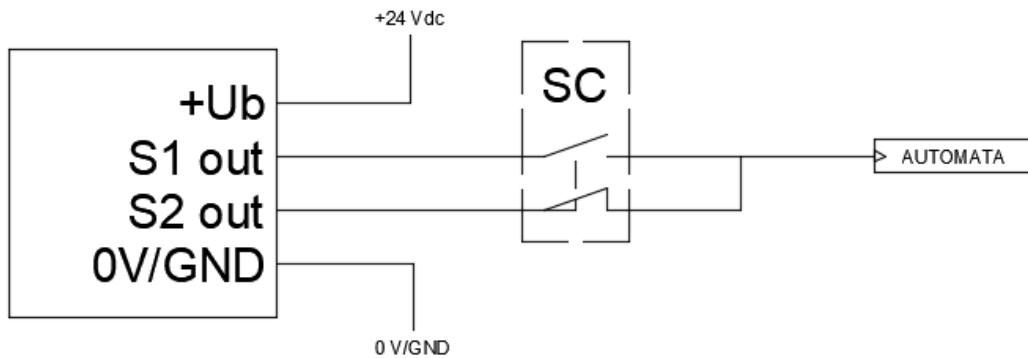


Figura 9.4. Diagrama del presostato de sobrecarga.

En el diagrama,

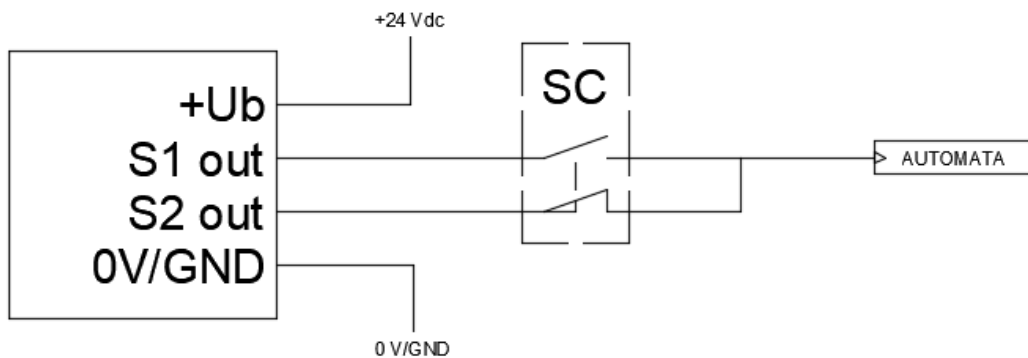


Figura 9.4. Diagrama del presostato de sobrecarga. , se puede observar la manera en la que se conectará el presostato con su entrada asignada al PLC mediante el FC CAMBIO DE ETAPA (SC).

Durante el primer tramo o etapa del mástil, SC estará pulsado, de manera que, si S1 se encuentra dentro del rango de presión permitido, el PLC estará recibiendo 24 Vdc. En caso contrario, el PLC no recibiría la señal de presencia del presostato y se activaría la alarma de sobrepeso.

Para el segundo tramo del mástil, SC estará liberado, de manera que, si S2 se encuentra dentro del rango de presión permitido, el PLC estará recibiendo 24 Vdc. En caso contrario, el PLC no recibiría la señal de presencia del presostato y se activaría la alarma de sobrepeso.

Se configura de la anterior manera para evitar, si en algún momento el presostato se desactiva, que se opere la maquina sin garantizar la seguridad del sistema de sobrecarga.

9.3.2 Programación

El sistema de sobrecarga se acciona una vez sobrepasado al 10% la carga nominal permitida (400 Kg), es decir, al cargar sobre la plataforma en 440 kg.

Para ello se han ajustado los parámetros S1 y S2 del presostato de 50 a 53 bares y de 70 a 73 bares respectivamente.

Dichos parámetros corresponden a las presiones en el cilindro de elevación del mástil para distintos tramos de elevación. Cuando se esté trabajando con la primera etapa del mástil, sólo se atenderá a la presión S1, mientras que si se trabaja con la segunda y tercera, se atenderá la presión S2.

10 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

10.1 Normativa

Toda la instalación eléctrica del sistema se ha realizado acorde a la normativa vigente cuyo ámbito de aplicación corresponde con la del presente proyecto:

- ITC-BT-32: Instalaciones con fines especiales: Maquinas de elevación y transporte.
- ITC-BT-36: Instalaciones a muy baja tensión.

10.1.1 ITC-BT-32: Instalaciones con fines especiales: Maquinas de elevación y transporte

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

Esta instrucción trata de los requisitos particulares de los sistemas de instalación del equipo eléctrico de grúas, aparatos de elevación y transporte y otros equipos similares tales como escaleras mecánicas, cintas transportadoras, puentes rodantes, cabrestantes, andamios eléctricos, etc.

2. REQUISITOS GENERALES

La instalación en su conjunto se podrá poner fuera de servicio mediante un interruptor omnipolar general de accionamiento manual, colocado en el circuito principal. Este interruptor deberá estar situado en lugares fácilmente accesibles desde el suelo, en el mismo local o recinto en el que esté situado el equipo eléctrico de accionamiento y será fácilmente identificable mediante un rótulo indeleble.

Las canalizaciones que vayan desde el dispositivo general de protección al equipo eléctrico de elevación o de accionamiento deberán estar dimensionadas de manera que el arranque del motor no provoque una caída de tensión superior al 5 %.

Únicamente en el caso de que las máquinas destinadas exclusivamente al transporte de mercancías no dispongan de jaulas para el transporte, se permitirá la instalación de interruptores suspendidos de la extremidad de la canalización móvil.

Las canalizaciones móviles de mando y señalización se podrán colocar bajo la misma envolvente protectora de las demás líneas móviles, incluso si pertenecen a circuitos diferentes, siempre que cumplan las condiciones establecidas en la Instrucción ITC-BT-20.

En las instalaciones en el exterior para servicios móviles se utilizarán cables flexibles con cubierta de policloropeno o similar según UNE 21.027 o UNE 21.150.

Los ascensores, las estructuras de todos los motores, máquinas elevadoras, combinadores y cubiertas metálicas de todos los dispositivos eléctricos en el interior de las cajas o sobre ellas y en el hueco, se conectarán a tierra.

Se considerarán conectados a tierra los equipos montados sobre elementos de estructura metálica del edificio si dicha estructura ha sido conectada previamente a tierra y satisface las siguientes prescripciones:

- *su continuidad eléctrica está asegurada, ya sea por construcción, ya sea por medio de conexiones apropiadas, de manera que estén protegidas contra deterioros mecánicos, químicos o electroquímicos.*
- *su conductibilidad debe ser adecuada a este uso*
- *sólo podrá ser desmontada si se han previsto medidas compensatorias*
- *ha sido estudiada y adaptada para este uso*

La estructura metálica de la caja soportada por los cables elevadores metálicos que pasen por poleas o tambores de la máquina elevadora se considerarán conectados a tierra con la condición de ofrecer toda garantía en las conexiones eléctricas entre ellos y tierra. Si esto no se cumpliera se instalará un conductor especial de protección. Las vías de rodadura de toda grúa de taller estarán unidas a un conductor de protección.

Los locales, recintos, etc. en los que esté instalado el equipo eléctrico de accionamiento, sólo deberán ser accesibles a personas cualificadas. Cuando sus dimensiones permitan penetrar en él, deberán adoptarse las disposiciones relativas a las instalaciones en locales afectos a un servicio eléctrico según lo establecido en la ITC-BT-30. En estos lugares se colocará un esquema eléctrico de la instalación.

3. PROTECCIÓN PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD

3.1. Protección contra los contactos directos

En los sistemas colectores y conjunto de anillos colectores, los cables y barras colectoras, así como los montajes de las vías de rodadura deben estar encerrados o alejados, de forma que cualquiera que tenga acceso a las zonas correspondientes de la instalación, por ejemplo, los pasillos de las guías de deslizamiento o los pasillos de la viga portagrúa, incluyendo los puntos de acceso, tenga protección frente al contacto directo con las partes en tensión, de acuerdo con el apartado 2 de la ITC-BT-24.

En las áreas donde sólo se admite el acceso de personas con formación específica, debe existir una protección por puesta fuera de alcance por alejamiento, para el caso de los cables o barras colectoras, de acuerdo con el apartado 2.4 de la ITC-BT-24. En este caso, el límite del volumen de accesibilidad inferior a la superficie susceptible de ocupación por personas, finaliza en los límites de dicha superficie.

La protección mediante la colocación fuera del alcance está pensada únicamente para evitar el contacto accidental con las partes en tensión.

Los cables y barras colectoras deben estar dispuestos o protegidos de forma que incluso con una carga oscilante no puedan entrar en contacto con el aparejo de izar ni con ningún cable de control, cadenas de accionamiento, elementos similares que sean conductores eléctricos.

3.2. Protección contra sobreintensidades

El equipo eléctrico se protegerá mediante uno o más dispositivos automáticos de protección que actúen en caso de una sobreintensidad provocada por sobrecarga o

cortocircuito. Este requisito no es aplicable a equipos diseñados para resistir sobreintensidades por sí mismos.

El funcionamiento de los dispositivos de protección contra sobreintensidades para los accionadores de los frenos mecánicos producirá la desconexión simultánea de los accionadores del movimiento correspondiente.

Los dispositivos protectores contra temperatura excesiva que incluyen elementos sensibles a la temperatura (por ejemplo, resistencias dependientes de la temperatura o contactos bimetálicos) y que están montados en o sobre los devanados del motor en combinación con un contactor, no pueden considerarse como una protección suficiente contra una corriente de cortocircuito.

4. SECCIONAMIENTO Y CORTE

4.1. Corte por mantenimiento mecánico

Los interruptores deben ser de corte omnipolar y deberá tener los medios necesarios para impedir toda puesta en tensión de las instalaciones de forma imprevista.

En el lado de la alimentación de los anillos colectores o barras, debe instalarse un interruptor que permita el aislamiento y desconexión de todos los conductores de línea de la instalación y el conductor neutro. Las instalaciones eléctricas de grúas y aparatos de elevación y transporte, deben estar equipadas con un interruptor de desconexión que permita que la instalación eléctrica quede desconectada durante el mantenimiento y reparación.

Los conjuntos de aparamenta deben ser capaces de quedar desconectados. Esta desconexión debe incluir circuitos de potencia y control.

Los medios de corte deben estar situados en las proximidades de los conjuntos de aparamenta.

Las partes activas de los conjuntos de aparamenta que por motivos de seguridad o mantenimiento deben permanecer en servicio después de la apertura, deben estar marcadas con una etiqueta que indique que están con tensión y protegidas contra un contacto directo no intencionado.

Si los circuitos después de los interruptores de desconexión pasan a través de los anillos o barras colectoras, éstos deben estar protegidos contra el contacto directo con un grado de protección de al menos IP2X.

Puede prescindirse de los interruptores de desconexión de mantenimiento si los interruptores de emergencia especificados en el apartado 4.2 están conectados a la entrada de la alimentación de la instalación.

En el caso de una única grúa puede prescindirse del interruptor de desconexión al cumplir esta función el interruptor situado en la alimentación de la instalación de la grúa.

4.2. Corte y parada de emergencia

Cada grúa, aparato de elevación o transporte debe tener uno o más mecanismos de parada de emergencia, en todos los puestos de mando de movimiento. Cuando existen varios circuitos, los mecanismos de parada de emergencia deben ser tales que, con una sola acción, provoquen el corte de toda alimentación apropiada.

Los medios de corte de emergencia deben actuar lo más directamente posible sobre los conductores de alimentación apropiados.

Debe evitarse la reconexión del suministro después del corte de emergencia mediante enclavamientos mecánicos o eléctricos. La reconexión solamente puede ser posible desde el dispositivo de control desde el cual se realizó el corte de emergencia.

Cada grúa debe tener un dispositivo para la parada de emergencia accionado desde el suelo.

Cuando la parada de emergencia así lo permita, el corte de emergencia puede realizarse mediante el accionamiento de un interruptor situado en el punto de alimentación de la instalación, si es de corte en carga y está situado en una posición donde quede fácilmente accesible.

Las grúas controladas desde el suelo y los aparatos de elevación deben pararse automáticamente cuando esté desconectado el mecanismo de control de funcionamiento.

5. APARAMENTA

5.1. Interruptores

Los interruptores deberán cumplir la UNE-EN 60.947-2 e instalarse en posiciones que permitan que los ensayos funcionales, se realicen sin peligro.

Están también permitidos los contactores como interruptores. Los contactores no deben utilizarse para seccionamiento.

5.2. Interruptores en el lado de la alimentación de la instalación

Debe ser posible aislar los anillos del colector y las barras o cables del suministro principal antes del punto de conexión de la grúa, mediante interruptores en el lado del suministro de la instalación para reparaciones y mantenimientos.

Los conectores y tomas de corriente conformes a UNE-EN 60.309-1 pueden usarse para este fin.

Cuando un anillo colector o barra está alimentado a través de varios interruptores en paralelo por el lado de la alimentación de la instalación, éstos deben estar enclavados de manera que se desconecten todos simultáneamente aun cuando solamente uno de ellos esté funcionando. Solamente debe ser posible poner en servicio un anillo colector accesible o barra desde un lugar tal que el anillo colector o barra quede a la vista.

Los interruptores en el lado de la alimentación de la instalación o sus mecanismos de control deben tener un dispositivo de protección contra el cierre intempestivo o no autorizado.

En el caso de grúas y aparatos de elevación en lugares de edificación, el interruptor principal de la máquina puede ser utilizado como interruptor del lado de la alimentación de la instalación. El requisito de que este interruptor pueda tener protección contra el cierre intempestivo o no autorizado se considera como satisfecho si hay otras medidas que prevengan la puesta en servicio del aparato de elevación, p.ej. bloqueo por llave o candado.

6. DISPOSICIÓN DE LA TOMA DE TIERRA Y CONDUCTORES DE PROTECCIÓN

Cuando la alimentación se suministra a través de cables colectores, barras colectoras o conjuntos de anillos colectores, el conductor de protección debe tener un anillo colector individual o una barra colectoras, cuyos soportes sean claramente visibles y distinguibles de aquellos de los anillos o barras colectoras activos.

En lugares donde haya gases corrosivos, humedad o polvo, deben tomarse medidas especiales en los anillos, barras o carriles colectores utilizados como conductores de protección.

Los conductores de protección no deben transportar ninguna corriente cuando funcionen normalmente. No tienen que instalarse mediante soportes deslizantes sobre aislantes. Los aparatos de elevación deben conectarse a los conductores de protección no admitiéndose ruedas o rodillos para su conexión. Los colectores para conductores de protección que no serán intercambiables con los demás colectores.

10.1.2 ITC-BT-36: Instalaciones a muy baja tensión

1. GENERALIDADES

A los efectos de la presente instrucción se consideran tres tipos de instalaciones a muy baja tensión: Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS); Muy Baja Tensión de Protección

(MBTP) y Muy Baja Tensión Funcional (MBTF).

Las instalaciones a Muy Baja Tensión de Seguridad comprenden aquellas cuya tensión nominal no excede de 50 V en c.a. ó 75 V en c.c, alimentadas mediante una fuente con aislamiento de protección, tales como un transformador de seguridad conforme a la norma UNE-EN 60742 o UNE-EN 61558-2-4 o fuentes equivalentes, cuyos circuitos disponen de aislamiento de protección y no están conectados a tierra. Las masas no deben estar conectadas intencionadamente a tierra o a un conductor de protección.

Las instalaciones a Muy Baja Tensión de Protección comprenden aquellas cuya tensión nominal no excede de 50 V en c.a. ó 75 V en c.c, alimentadas mediante una fuente con aislamiento de protección, tales como un transformador de seguridad conforme a la norma UNE-EN 60742 o UNE-EN 61558-2-4 o fuentes equivalentes, cuyos circuitos disponen de aislamiento de protección y, por razones funcionales, los circuitos y/o las masas están conectados a tierra o a un conductor de protección. La puesta a tierra de los circuitos puede ser realizada por una conexión adecuada al conductor de protección del circuito primario de la instalación.

Las instalaciones a Muy Baja Tensión Funcional comprenden aquellas cuya tensión nominal no excede de 50 V en c.a. ó 75 V en c.c, y que no cumplen los requisitos de MBTS ni de MBTP. Este tipo de instalaciones bien, están alimentadas por una fuente sin aislamiento de protección, tal como fuentes con aislamiento principal, o bien sus circuitos no tienen aislamiento de protección frente a otros circuitos. La protección contra los choques eléctricos de este tipo de instalaciones deberá realizarse conforme a lo establecido en la ITC-BT-24, para circuitos distintos de MBTS o MBTP.

2. REQUISITOS GENERALES PARA LAS INSTALACIONES A MUY BAJA TENSIÓN DE

SEGURIDAD (MBTS) Y MUY BAJA TENSIÓN DE PROTECCIÓN (MBTP)

2.1. Fuentes de alimentación

Estas instalaciones deben estar alimentadas mediante una fuente que incorpore:

- *un transformador de aislamiento de seguridad conforme a la UNE-EN 60.742. Para el caso de la MBTP, el transformador puede ser con aislamiento principal con pantalla de separación entre primario y secundario puesta a tierra, siempre que exista un sistema de protección en el circuito primario por corte automático de la alimentación o*
- *una fuente corriente que asegure un grado de protección equivalente al del transformador de seguridad anterior (por ejemplo, un motor-generador con devanados con separación equivalente) o*
- *una fuente electroquímica (pilas o acumuladores), que no dependa o que esté separada con aislamiento de protección de circuitos a MBTF o de circuitos de tensión más elevada, o*
- *otras fuentes que no dependan de la MBTF o circuitos de tensión más elevada, por ejemplo, grupo electrógeno.*
- *determinados dispositivos electrónicos en los cuales se han adoptado medidas para que, en caso de primer defecto, la tensión de salida no supere los valores correspondientes a Muy Baja Tensión.*

Cuando la intensidad de cortocircuito en los bornes del circuito de utilización de la fuente de energía sea inferior a la intensidad admisible en los conductores que forman este circuito, no será necesario instalar en su origen dispositivos de protección contra sobreintensidades.

2.2. Condiciones de instalación de los circuitos

La separación de protección entre los conductores de cada circuito MBTS o MBTP y los de cualquier otro circuito, incluidos los de MBTF, debe ser realizada por una de las disposiciones siguientes:

- *La separación física de los conductores*
- *Los conductores de los circuitos de muy baja tensión MBTS o MBTP, deben estar provistos, además de su aislamiento principal, de una cubierta no metálica.*
- *Los conductores de los circuitos a tensiones diferentes, deben estar separados entre sí por una pantalla metálica conectada a tierra o por una vaina metálica conectada a tierra.*
- *Un cable multiconductor o un agrupamiento de conductores, pueden contener circuitos a tensiones diferentes, siempre que los conductores de los circuitos MBTS o MBTP estén aislados, individual o colectivamente, para la tensión más alta que tienen que soportar.*

Las tomas de corriente de los circuitos de MBTS y MBTP deben satisfacer las prescripciones siguientes:

- *Los conectores no deben poder entrar en las bases de toma de corriente alimentadas por otras tensiones.*

- *Las bases deben impedir la introducción de conectores concebidos para otras tensiones; y*
- *Las bases de enchufe de los circuitos MBTS no deben llevar contacto de protección, las de los circuitos MBTP si pueden llevarlo.*
- *Los conectores de los circuitos MBTS, no deben poder entrar en las bases de enchufe MBTP.*
- *Los conectores de los circuitos MBTP, no deben poder entrar en las bases de enchufe MBTS.*

A todos los efectos, un circuito MBTF se considera siempre como circuito de tensión diferente.

No es necesario en este tipo de instalaciones seguir las prescripciones fijadas en la instrucción ITC-BT-19 para identificación de los conductores ni seguir las prescripciones de la instrucción ITC-BT-06 para los requisitos de distancia de conductores al suelo y la separación mínima entre ellos.

Los cables enterrados se situarán entre dos capas de arena o de tierra fina cribada, de 10 a 15 centímetros de espesor.

Cuando los cables no presenten una resistencia mecánica suficiente, se colocarán en el interior de conductos que los protejan convenientemente.

Para las instalaciones de alumbrado, la caída de tensión entre la fuente de energía y los puntos de utilización, no será superior al 5 %.

3. REQUISITOS PARTICULARES PARA LAS INSTALACIONES A MUY BAJA TENSIÓN DE SEGURIDAD (MBTS)

Las partes activas de los circuitos de MBTS no deben ser conectadas eléctricamente a tierra, ni a partes activas, ni a conductores de protección que pertenezcan a circuitos diferentes.

Las masas no deben conectarse intencionadamente ni a tierra, ni a conductores de protección o masas de circuitos diferentes, ni a elementos conductores. No obstante, para los equipos que, por su disposición, tengan conexiones francas a elementos conductores, la presente medida sigue siendo válida si puede asegurarse que estas partes no pueden conectarse a un potencial superior a 50V en corriente alterna o 75V en corriente continua.

Por otro lado, si hay masas de circuitos MBTS que son susceptibles de ponerse en contacto con masas de otros circuitos, la protección contra los choques eléctricos ya no se basa en la medida exclusiva de protección para MBTS, sino en las medidas de protección correspondientes a estas últimas masas.

Cuando la tensión nominal del circuito es superior a 25V en corriente alterna o 60V en corriente continua sin ondulación, debe asegurarse la protección contra los contactos directos mediante uno de los métodos siguientes:

- *Por barreras o envolventes que presenten como mínimo un grado de protección IP2X; o IP XXB según UNE 20.324.*
- *Por un aislamiento que pueda soportar una tensión de 500 voltios durante un minuto.*

Para tensiones inferiores a las anteriores no se requiere protección alguna contra contactos directos, salvo para determinadas condiciones de influencias externas.

La corriente continua sin ondulación es aquella en la que el porcentaje de ondulación no supera el 10% del valor eficaz.

4. REQUISITOS PARTICULARES PARA LAS INSTALACIONES A MUY BAJA TENSIÓN DE PROTECCIÓN (MBTP)

La protección contra los contactos directos debe quedar garantizada:

- *Por barreras o envolventes que presenten como mínimo un grado de protección IP2X; o IP XXB según UNE 20.324.*
- *Por un aislamiento que pueda soportar una tensión de 500 voltios durante un minuto.*

No obstante, no se requiere protección contra los contactos directos para equipos situados en el interior de un edificio en el cual las masas y los elementos conductores, simultáneamente accesibles, estén conectados a la misma toma de tierra y si la tensión nominal no es superior a:

- *25V eficaces en corriente alterna o 60V en corriente continua sin ondulación, siempre y cuando el equipo se utilice únicamente en emplazamientos secos, y no se prevean contactos francos entre partes activas y el cuerpo humano o de un animal.*
- *6V eficaces en corriente alterna o 15V en corriente continua sin ondulación, en los demás casos.*

10.2 Descripción

Otro de los objetivos de este proyecto es la simplificación del sistema eléctrico y su cableado con la finalidad de que dichas tareas se realicen en un periodo de tiempo más reducido.

Para ello se han especificado diversos tipos de conductores en función de la tensión e intensidad que circula por ellos.

- Para la línea de 24 Vdc que transmite la lógica del autómata se han utilizado conductores de 0,5 mm² de sección.
- Para las líneas de 48 Vdc y 24 Vdc, provenientes del sistema eléctrico de serie del vehículo y de la toma intermedia de baterías respectivamente, se han utilizado conductores de 1,5 mm² de sección.

Para limitar el paso de corriente excesiva por los conductores se han restringido, mediante programación del autómata, el uso de varias funciones simultaneas; como, por ejemplo, la manipulación de los estabilizadores.

10.2.1 Líneas de alimentación

Se han diferenciado 2 líneas de alimentación del sistema en función de la carga asociada a las mismas. En la Hoja 1: ALIMENTACIÓN' del esquema eléctrico se visualiza el nacimiento de ambas líneas.

- Una línea de 24 Vdc (24 Vdc (F)) la cual se encarga de la alimentación de los sistemas de control y PLC. Esta línea esta suministrada por la fuente de alimentación.
- Otra línea de 24 Vdc que provienen desde una toma intermedia de la batería y protegida con un fusible de 10 A. Desde esta línea (24 Vdc (B)) se ramifican otras 4 líneas.
 - Línea subida de estabilizadores. Protegida con un fusible de 5 A (FSC), esta línea se encarga de la alimentación de las electroválvulas asociadas a la subida o retracción de los estabilizadores hidráulicos.
 - Línea de bajada de estabilizadores. Protegida con un fusible de 5 A (FBC), esta línea se encarga de la alimentación de las electroválvulas asociadas a la bajada o extensión de los estabilizadores hidráulicos.
 - Línea de acción. Protegida con un fusible de 5 A, esta línea se encarga de la alimentación de las demás electroválvulas (VHP, VLP, VSMA, VDD y VDI) y el contactor de la bomba (KBOMBA).
 - Línea de llave. Esta línea alimenta un relé cuyo contacto activa la entrada del autómatas asociada a la detección del modo trabajo.

La línea 24Vdc (F) está generada por la fuente de alimentación DC-DC, la cual se alimenta con 48 Vdc obtenidos del sistema de serie de la máquina desde el selector de llave. Es necesario el encendido del autómatas tanto en el modo de trabajo como en el de desplazamiento, por lo que en todo momento, excepto en el modo OFF, se suministran 48 Vdc a la fuente.

10.2.2 Conductores

La instalación se ha dividido en 7 conductores principales, los cuales comunican las diferentes zonas de mando, los elementos de control y actuación con la caja principal en la que se encuentra el PLC.

- **Conductor 'A' (18G0,5):** Parte desde la caja principal de conexiones hasta la caja intermedia ubicada bajo la plataforma. Se ha elegido estas dimensiones de conductor para hacerlo coincidir con la garganta de las poleas de latiguillos instaladas.
- **Conductor 'B' (18G0,5):** Parte desde la caja principal hasta el hueco bajo los asientos. Esta manguera conduce las señales de los dispositivos sensoriales y de control hasta el autómatas.
- **Conductor 'C' (18G1,5):** Parte desde la caja principal hasta el hueco bajo los asientos. Este conductor está asignado a las salidas del autómatas, es decir, las electroválvulas, contactor, etc.

- **Conductor 'D' (8G0,5):** Parte desde la caja principal hasta la zona 'A' del cuadro de mandos de la cabina. Las señales asociadas a este conductor son y con su número identificativo son:
 - D.1 24 Vdc (F)
 - D.2 Subida del estabilizador 1 (SC1)
 - D.3 Subida del estabilizador 2 (SC2)
 - D.4 Subida del estabilizador 3 (SC3)
 - D.5 Subida del estabilizador 4 (SC4)
 - D.6 Luz indicadora de máquina apoyada y estabilizada (Luzok)
 - D.7 N.A.
 - D.T 0 Vdc (F)
- **Conductor 'E' (10G0,5):** Parte desde la caja principal hasta la zona 'B' del cuadro de mandos de la cabina. Las señales asociadas a este conductor son y con su número identificativo son:
 - E.1 24 Vdc (F)
 - E.2 Bajada del estabilizador 1 (BC1)
 - E.3 Bajada del estabilizador 2 (BC2)
 - E.4 Bajada del estabilizador 3 (BC3)
 - E.5 Bajada del estabilizador 4 (BC4)
 - E.6 Paro de emergencia
 - E.7 Retorno Paro de emergencia
 - E.8 N.A.
 - E.9 Pulsador habilitador (ENABLE)
 - E.T 0 Vdc (F)
- **Conductor 'F' (10G0,5):** Parte desde la caja intermedia hasta la zona 'A' del cuadro de mandos de la cabina. Las señales asociadas a este conductor son y con su número identificativo son:
 - F.1 24 Vdc (F)
 - F.2 Subida del mástil (SMA)
 - F.3 Subida de la mesa de trabajo (SME)
 - F.4 Desplazador derecha (DD)
 - F.5 Luz indicadora de máquina apoyada y estabilizada (Luzok)
 - F.T 0 Vdc (F)
- **Conductor 'G' (8G,5):** Parte desde la caja intermedia hasta la zona 'A' del cuadro de mandos de la cabina. Las señales asociadas a este conductor son y con su número identificativo son:
 - G.1 24 Vdc (F)
 - G.2 Subida del mástil (SMA)
 - G.3 Subida de la mesa de trabajo (SME)
 - G.4 Desplazador izquierda (DI)
 - G.5 Luz indicadora de máquina apoyada y estabilizada (Luzok)
 - G.6 Paro de emergencia
 - G.7 Retorno Paro de emergencia
 - G.T 0 Vdc (F)

Los conductores 'A', 'B' y 'C' están formados por 18 hilos. La referencia de los hilos del mismo no se realiza mediante números sino mediante un código de colores. El primer color representa el color de fondo, mientras que el segundo, el de las franjas:

- Marrón (BN)
- Marrón-Negro (BN-BK)
- Marrón-Rojo (BN-RD)
- Azul (BU)
- Azul-Negro (BU-BK)
- Azul-Rojo (BU-RD)
- Rojo (RD)
- Rojo-Negro (RD-BK)
- Rojo-Azul (RD-BU)
- Negro (BK)
- Negro-Azul (BU-BK)
- Negro-Rojo (BK-RD)
- Amarillo (YL)
- Amarillo-Negro (YL-BK)
- Amarillo-Naranja (YL-OR)
- Naranja (OR)
- Naranja-Negro (OR-BK)
- Naranja-Rojo (OR-RD)

Para los diferentes conductores, las señales transmitidas por los mismos en función del color son las siguientes:

CONDUCTOR 'A'

- A.BN +24 Vdc(F)
- A.BU 0 Vdc(F)
- A.YL SMA
- A.YL-BK BMA a EV
- A.BU-BK BMA a Autómata
- A.OR SME
- A.BK DD
- A.BK-BU DI
- A.RD-BU Señal Luzok
- A.BU-RD Señal Presostato Sobrecarga
- A.OR.RD S1 Presostato
- A.OR-BK S2 Presostato
- A.RD Paro de Emergencia
- A.RD-BK Retorno Paro de Emergencia

CONDUCTOR 'B'

- B.BN +24 Vdc(F)
- B.BU 0 Vdc(F)
- B.BN-BK P1
- B.BU-BK P2
- B.RD-BK P3
- B.YL-BK P4
- B.OR TILT
- B.OR-BK SDESP
- B.BK-BU S1 Presostato
- B.BK-RD S2 Presostato
- B.RD Paro de Emergencia

- B.RD-BU Retorno Paro de Emergencia

CONDUCTOR 'C'

- C.OR-BK KBOMBA
- C.BN VHP
- C.BU VLP
- C.BN-BK VSC1
- C.BU-BK VSC2
- C.RD-BK VSC3
- C.YL-BK VSC4
- C.BN-RD VBC1
- C.BU-RD VBC2
- C.BK-RD VBC3
- C.OR-RD VBC4
- C.RD VSMA
- C.YL-OR VBMA
- C.RD-BU VSME
- C.BK VDD
- C.BK-BU VDI

10.2.3 Hardware del Autómata

Cada señal de entrada o de salida del autómata se debe asignar a un pin del mismo. Esta asignación se ha realizado con el criterio de intentar usar un cableado simétrico e intuitivo con la finalidad de un fácil reconocimiento del conductor en caso de reparación o modificación.

En la siguiente tabla se enuncian las diferentes señales de entradas y salidas junto al pin asociado del autómata.

La tabla se ha dividido en dos columnas principales, Entradas y salidas, y en función de las zonas 'B', 'C' o 'D' del Autómata.

Tabla 10.1. Pines del autómata.

ENTRADAS		ZONA D	SALIDAS	
I2.0	PRESOSTATO		Q2.7	-
I2.1	SDESP		Q2.6	-
I2.2	STILT		Q2.5	-
I2.3	SKEY		Q2.4	-
I2.4	-		Q2.3	-
I2.5	SMA		Q2.2	-
I2.6	SME		Q2.1	-
I2.7	P1		Q2.0	-
I2.8	P2			
I2.9	P3			

I2.10	P4	
I2.11	-	
I2.12	-	

I1.0	ENABLE	ZONA C	R1.1	MTR
I1.1	BC1		R1.2	KBOMBA
I1.2	BC2		R1.3	VLP
I1.3	BC3		R1.4	VDD
I1.4	BC4		R1.5	VBC4
I1.5	DD		R1.6	VBC3
			R1.7	VBC1
			R1.8	VBC2

I0.0	BMA	ZONA B	R0.1	VSME
I0.1	SC1		R0.2	VSMA
I0.2	SC2		R0.3	VHP
I0.3	SC3		R0.4	VDI
I0.4	SC4		R0.5	VSC4
I0.5	DI		R0.6	VSC3
			R0.7	VSC1
			R0.8	VSC2
			Q0.0	ALARMA
			Q0.1	luzok
			Q0.2	KVBMA

10.2.4 Relés externos

Ha sido necesaria la instalación de dos relés sobre carril DIN para la ejecución de las maniobras de bajada del mástil y de selección del modo de trabajo.

RELÉ DE MANIOBRA DE BAJADA (KBMA)

Para la maniobra de bajada se ha instalado un relé cuya excitación proviene de la salida 'Q0.2' del autómatas.

El autómatas activará o no dicho relé cuando se ejecute la maniobra de descenso. Cabe recordar que la maniobra de descenso tiene una secuencia de pausas de seguridad una vez la plataforma se encuentra bajo el límite del primer descenso.

Antes de dicho límite el pulsador actúa directamente sobre la electroválvula de descenso del mástil.

En el siguiente diagrama,

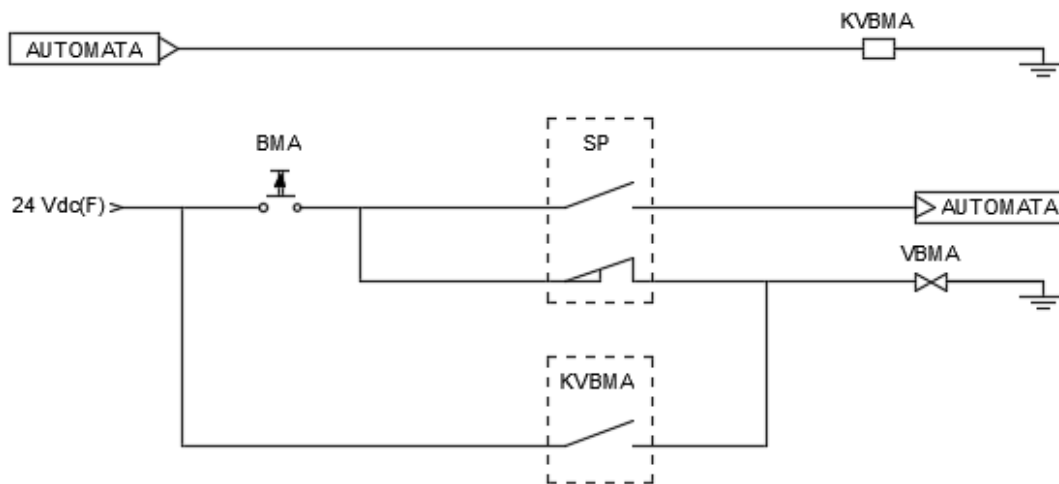


Figura 10.1.1. Diagrama de la maniobra de descenso.

, se representa de manera visual el cableada de la maniobra de bajada con el relé instalado y el final de carrera que diferencia entre la zona anterior y posterior al límite del primer descenso. Esta figura sustituye a la Figura 8.1.

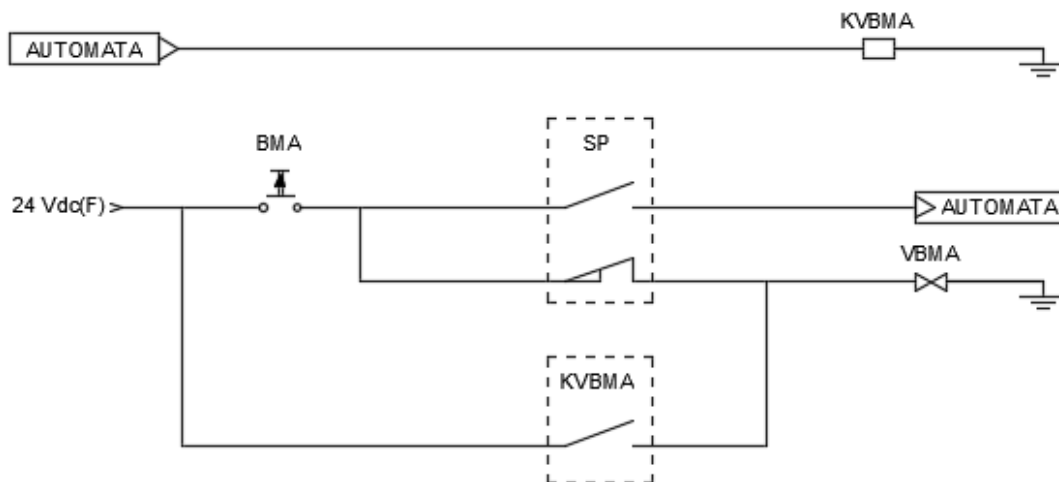


Figura 10.1.1. Diagrama de la maniobra de descenso.

RELÉ DE MODO DE TRABAJO (KKEY)

Para la selección del modo de trabajo se precisa de un relé cuya activación se realiza mediante la línea de alimentación '24 Vdc(B)', cabe recordar que esta línea es la que alimenta todas las salidas a electroválvulas y que únicamente conduce la corriente cuando la llave se encuentra en el modo de trabajo.

Es necesaria la intervención del relé ya que el PLC funciona en la línea de alimentación '24 Vdc(F)'.

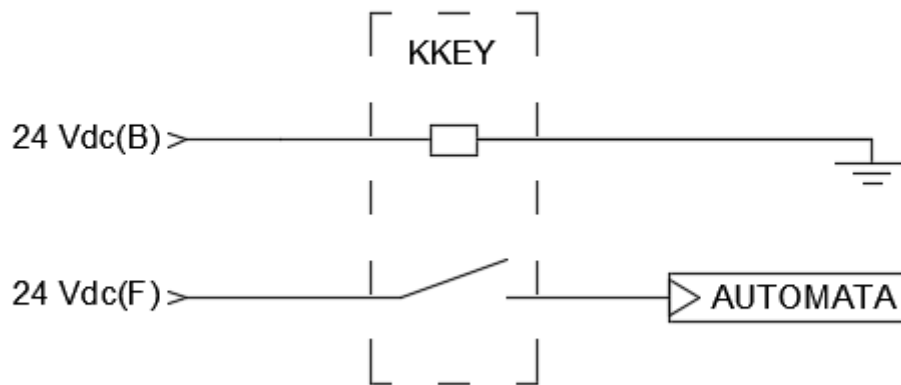


Figura 10.1.2. Diagrama relé modo trabajo.

10.2.5 Inhabilitación de la tracción del vehículo

Para el inhabilitamiento de la tracción del vehículo acorde a las seguridades establecidas (estabilizador/es apoyado/s, plataforma elevada y/o selector de llave en modo trabajo) es necesario, en un punto del sistema de serie del vehículo, interrumpir la señal de tracción.

Para ello se ha utilizado el sistema de seguridad del asiento del conductor. Este sistema inhabilita el desplazamiento del vehículo, mediante una célula de carga instalada bajo el asiento del conductor, si este no está ocupado.

Dicha señal ha sido asociada a una salida de relé del autómata que realiza las interrupciones oportunas.

En la Hoja 24 del documento 'ESQUEMAS ELÉCTRICOS' se encuentra parte del esquema eléctrico del vehículo. En la fila E y columna 7 (24/E.7), se puede observar el punto en el que se ha realizado la instalación del relé.

11 SOFTWARE

Utilizamos, para la programación del autómatas, el software gratuito IDE de Arduino.

El IDE de Arduino contiene un editor de texto en el que escribir el sketch de programación, una consola de error y un área con menús y botones de acciones más comunes.

Además, incorpora un monitor serie, es decir, una pantalla desde la que podemos recibir y enviar información del y al Autómata.

Otra de las alternativas más conocidas para programación de Arduino es la utilización del software de pago Microsoft Visual Studio y un complemento del mismo que permite la programación de Arduino. Visual Studio ofrece un entorno de programación completo y totalmente personalizable, con infinitas opciones, tabulaciones y relleno de funciones automáticas.

11.1 Instalación y configuración del IDE Arduino

Desde la página oficial de Arduino se puede descargar el IDE accediendo a la sección SOFTWARE/DOWNLOADS.

<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>

Una vez descargado e instalado el ejecutable comienza la configuración del IDE para el Autómata o placa requerida. En nuestro caso, el fabricante del autómatas proporciona una 'board' para cada PLC que ha fabricado.

Una 'board' es la placa sobre la que se programa. Aunque se podría programar directamente sobre el microcontrolador Arduino Mega, necesitaríamos la asociación entre los pines de Arduino y los del Autómata.

Descargando e instalando la 'board' este paso es automático y, además, cada pin ya está configurado como salida o como entrada y no será necesaria su configuración en el sketch.

Desde interface del IDE, accediendo a 'ARCHIVO/PREFERENCIAS' en la sección 'Gestor de URLs Adicionales de tarjetas' se introduce la URL proporcionada por el fabricante para la gestión de sus boards.

http://apps.industrialshields.com/main/arduino/boards/package_industrialshields_index.json

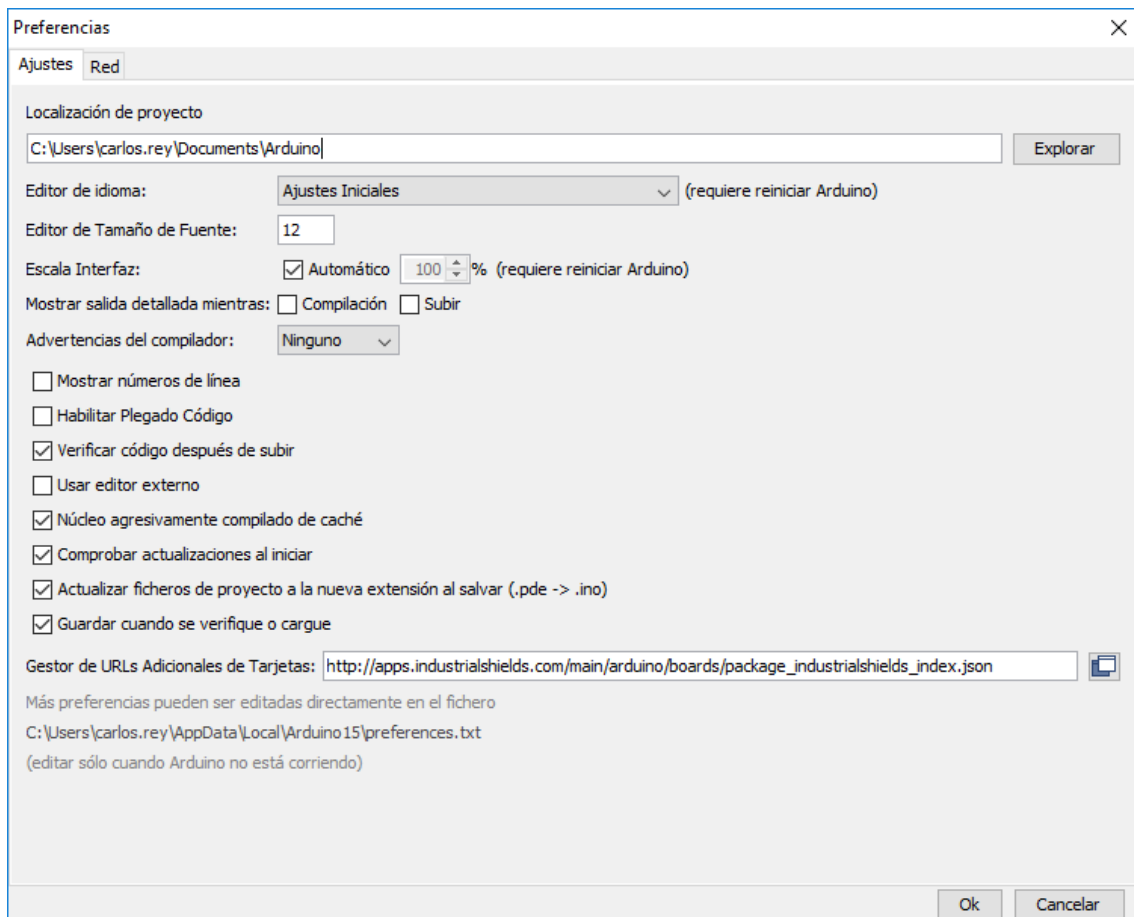


Figura 11.1. Gestor del URL de las boards..

A partir de este paso ya se puede instalar la board que corresponda al Autómata, en nuestro caso, 5ORRA+.

Para ello se accede a 'HERRAMIENTAS/PLACA/GESTOR DE PLACAS', una vez dentro, en la barra de búsqueda se escribe el fabricante, se selecciona el único resultado y al botón de instalar, quedando de la siguiente manera.

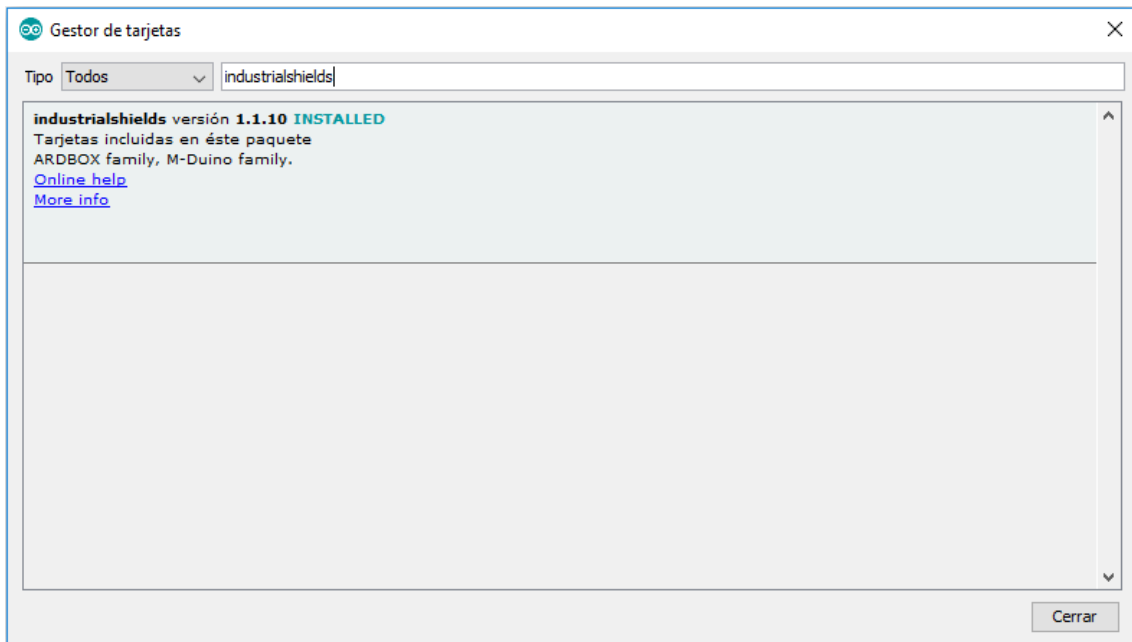


Figura 11.2. Instalación de las boards.

Instaladas ya, las boards, queda habilitada la selección de las placas del fabricante 'IndustrialShields' en el apartado 'Herramientas/Placa' donde seleccionamos "M-duino family". El siguiente paso es seleccionar el modelo "M-duino 50RRA +" desde el apartado 'Herramientas/IndustrialShields'.

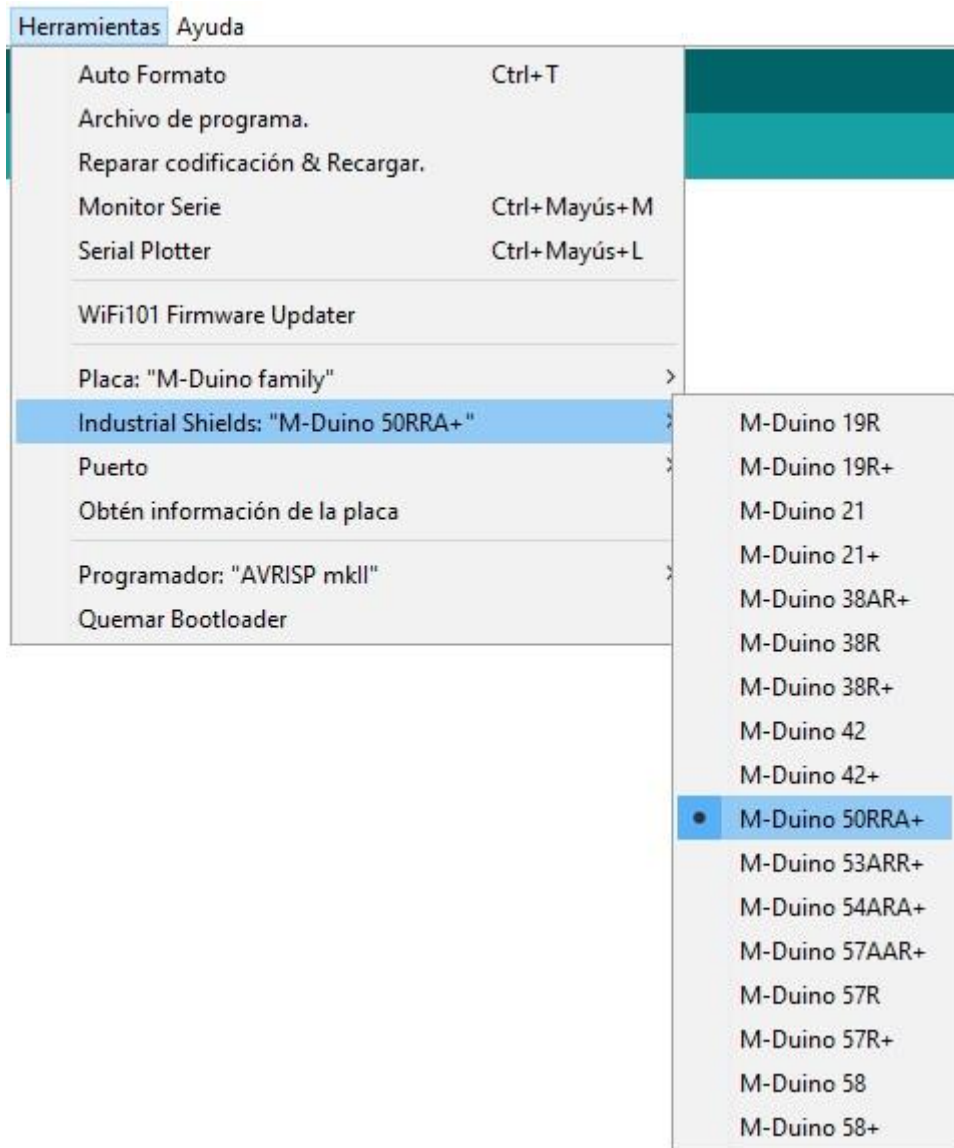


Figura 11.3. Selección de la board.

11.2 Comunicación con el Autómata

La comunicación autómata-ordenador que se ha elegido para la realización de este proyecto es USB, haciendo uso de un cable USB tipo 'A' macho por un extremo y USB tipo 'B' macho por el otro.



Figura 11.4. *Cable de comunicación con el autómata.*

11.3 Programación

La estructura básica de un sketch de Arduino está compuesta, obligatoriamente, por dos partes. Estas dos partes, contienen las declaraciones, estamentos y/o instrucciones del programa.

- `setup()`
- `loop()`

Existe una parte adicional en la cabecera donde se incluyen comentarios acerca del programa y donde se asignan las variables a sus respectivos pines y su estado inicial, que será la variable de cambio de estado.

La parte '`setup()`' es la parte en la que se configura el programa. Esta parte únicamente se ejecuta una vez por cada encendido, apagado o reset del autómata. Esta es en la parte en la que se configuraría cada pin como entrada o como salida dependiendo del uso. En nuestro caso, esta acción no es necesaria ya que la board instalada configura previamente cada pin como salida o como entrada.

La función bucle '`loop()`' contiene el código del programa, aquel que se ejecutará cíclicamente (lectura de entradas, activación de salidas, etc.).

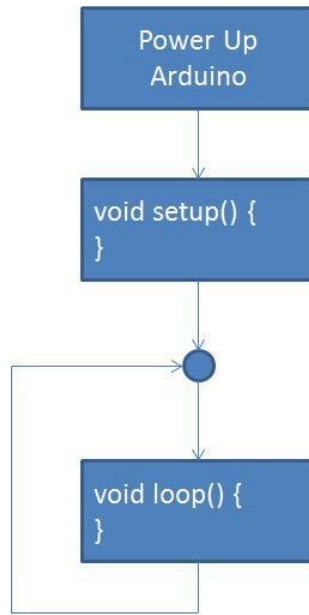


Figura 11.5. Diagrama del sketch en Arduino.

El lenguaje de programación de Arduino está basado en C++ y, aunque se usen comandos diferentes en uno y en otro, en Arduino se pueden seguir usando funciones estándar de C++.

11.3.1 Cabecera

Descripción y datos

Descripción del sketch con el nombre del sketch, la fecha y hora de creación y el nombre del autor.

```

/*
Name:      Sketch_TFG.ino
Created:   04/05/2018 2:50:10
Author:    carlos.rey
*/
  
```

Asignación de pines

Creación nombres a las variables y asignación a sus respectivos pines de entrada o de salida.

```

const int VLP = R1_3;           //valvula baja presion
const int VHP = R0_3;           //valvula alta presion
const int KBOMBA = R1_2;        //contactor bomba

const int SMA = I2_5;           //subida mastil
const int BMA = I0_4;           //bajada mastil
const int SME = I2_6;           //subida tijera
  
```

```

const int DI = I0_5;           //desplazamiento izquierda
const int DD = I1_5;           //desplazamiento derecha

const int enable = I1_0;       //habilitador calzos
const int PES01 = I2_0;        //SOBREPESO
const int SDESP = I2_1;        //FC despegue
const int STILT = I2_2;        //inclinometro
const int SKEY = I2_3;         //entrada llave

const int P1 = I2_7;           //presostato calzo 1
const int P2 = I2_8;           //presostato calzo 2
const int P3 = I2_9;           //presostato calzo 3
const int P4 = I2_10;          //presostato calzo 4

//pulsadores subida calzos
const int SC1 = I0_1;
const int SC2 = I0_2;
const int SC3 = I0_3;
const int SC4 = I0_4;

//pulsadores bajada calzos
const int BC1 = I1_1;
const int BC2 = I1_2;
const int BC3 = I1_3;
const int BC4 = I1_4;

//valvulas calzos
const int VSC1 = R0_7;         //valvula subida calzo 1
const int VSC2 = R0_8;         //valvula subida calzo 2
const int VSC3 = R0_6;         //valvula subida calzo 3
const int VSC4 = R0_5;         //valvula subida calzo 4

const int VBC1 = R1_7;         //valvula bajada calzo 1
const int VBC2 = R1_8;         //valvula bajada calzo 2
const int VBC3 = R1_6;         //valvula bajada calzo 3
const int VBC4 = R1_5;         //valvula bajada calzo 4

const int VSMA = R0_2;         //valvula subida mastil
const int VSME = R0_1;         //valvula subida tijera

const int VDI = R0_4;          //valvula desplazamiento izquierda
const int VDD = R1_4;          //valvula desplazamiento derecha
const int MTR = R1_1;          //presencia asiento

const int ALARMA = Q0_0;       //señales de sobrecarga
const int luzok = Q0_1;        //calzos y tilt ok
const int KVBMA = Q0_2;       //Rele a VBMA

unsigned long tiempo;          //variable tiempo
long stoptime = 2500;          //tiempo de parada

```

11.3.2 Estados iniciales y variables de cambio

Definición de los estados iniciales y variables de cambio. Estas variables son las necesarias para almacenar el estado de las entradas.

```

//variables de cambio

//presostatos calzos
int sP1 = 0;
int sP2 = 0;
int sP3 = 0;
int sP4 = 0;

//subida calzos
int sSC1 = 0;
int sSC2 = 0;
int sSC3 = 0;
int sSC4 = 0;

//bajada calzos
int sBC1 = 0;
int sBC2 = 0;
int sBC3 = 0;
int sBC4 = 0;

//LLAVE
int sKEY = 0;

//mastil y tijera
int sSMA = 0;
int sBMA = 0;
int sSME = 0;

//desplazador izq. der.
int sDI = 0;
int sDD = 0;

int sSDESP = 0;           //FC despegue
int senable = 0;         //cambio habilitador
int sSTILT = 1;          //inclinometro
int SPES01 = 1;          //SOBREPESO
int santBMA = 0;         //estado anterior BMA

```

11.3.3 setup()

En el setup inicializamos el puerto serial. Este nos servirá para conocer el bucle en el que se encuentra el programa en cada momento.

```

void setup() {
    Serial.begin(9600);
}

```

11.3.4 loop()

Las funciones de nuestro autómeta se han programado mediante bucles dependiendo de las entradas activas.

- INICIO
- NIVELACIÓN
- PLATAFORMA
- SOBREPESO
- TRACCIÓN

Todos los bucles se han estructurado de la siguiente manera:

1. Escritura por el puerto serie del bucle en el que se encuentra el programa
2. Lectura de las entradas
3. Condiciones internas

INICIO

En el bucle de inicio, primeramente, se muestra por el puerto serial el nombre del bucle.

El siguiente paso es la lectura de estados de los componentes sensoriales y de control; tales como el inclinómetro para conocer la inclinación, el FC de despegue para saber si la estructura extensible está elevada, etc.

Por último, desactivamos todas las salidas. Esta acción es a modo de seguridad, ya que, en el modo de inicio, ninguna salida tiene que estar activada.

La lectura de elementos realizada, servirá para decidir en qué bucle de los siguientes continuará el programa.

```
void loop() {

    //escritura del estado en el serial
    Serial.println("INICIO");

    //lectura de elementos
    sSDESP = digitalRead(SDESP); //lectura del FC despegue
    senable = digitalRead(enable); //lectura del habilitador
    sSTILT = digitalRead(STILT); //lectura del inclinometro
    sSME = digitalRead(SME); //lectura pulsador subida tijera
    sSKEY = digitalRead(SKEY); //lectura modo del equipo
    SPES01 = digitalRead(PES01); //lectura presostato

    sP1 = digitalRead(P1);
    sP2 = digitalRead(P2);
    sP3 = digitalRead(P3);
    sP4 = digitalRead(P4);

    //escritura
    digitalWrite(luzok, LOW);
    digitalWrite(MTR, LOW);
    digitalWrite(ALARMA, LOW);
    digitalWrite(luzok, LOW);

    digitalWrite(KBOMBA, LOW);
    digitalWrite(KVBMA, LOW);
    digitalWrite(VHP, LOW);
}
```

```
digitalWrite(VLP, LOW);
digitalWrite(VDD, LOW);
digitalWrite(VDI, LOW);
digitalWrite(VSC1, LOW);
digitalWrite(VSC2, LOW);
digitalWrite(VSC3, LOW);
digitalWrite(VSC4, LOW);
digitalWrite(VBC1, LOW);
digitalWrite(VBC2, LOW);
digitalWrite(VBC3, LOW);
digitalWrite(VBC4, LOW);
```

NIVELACIÓN

Para entrar en el bucle Nivelación se tiene que cumplir que la plataforma esté recogida, la llave en modo de trabajo y el habilitador de estabilizadores pulsado.

Una vez dentro del bucle se escribe por el puerto serial el nombre del bucle, se leen los estados de los elementos que condicionan el bucle, los presostatos de los estabilizadores y se inhabilita la tracción con la salida 'MTR'.

El siguiente paso es la lectura de los pulsadores que ejecutan la subida y bajada de los estabilizadores. Si el estado de alguno de los pulsadores está activo, se deben de ejecutar 3 acciones:

- Habilitar la bomba del circuito hidráulico.
- Apertura del circuito de baja presión.
- Apertura de la electroválvula pertinente; VSCx, si se quiere recoger el estabilizador y VBCx, si se desea apoyar. Siendo 'x' el número del calzo (1, 2, 3 o 4).

Si los 4 estabilizadores detectan presión se enciende la luz que indica que se puede elevar la máquina.

```
while (sDESP == HIGH && senable == HIGH && sSKEY == HIGH) {

    Serial.println("NIVELACION");

    sSKEY == digitalRead(SKEY);
    senable = digitalRead(enable);
    sSTILT = digitalRead(STILT);

    sP1 = digitalRead(P1);
    sP2 = digitalRead(P2);
    sP3 = digitalRead(P3);
    sP4 = digitalRead(P4);

    digitalWrite(MTR, LOW);

    if (senable == HIGH && sDESP == HIGH) {
        //lectura del estado de las entradas
        sSC1 = digitalRead(SC1);
        sSC2 = digitalRead(SC2);
        sSC3 = digitalRead(SC3);
```

```

sSC4 = digitalRead(SC4);

sBC1 = digitalRead(BC1);
sBC2 = digitalRead(BC2);
sBC3 = digitalRead(BC3);
sBC4 = digitalRead(BC4);

//

if (sSC1 == HIGH) {
    digitalWrite(KBOMBA, HIGH);
    digitalWrite(VLP, HIGH);
    digitalWrite(VSC1, HIGH);
    digitalWrite(VSC2, LOW);
    digitalWrite(VSC3, LOW);
    //digitalWrite(VSC4, LOW);
    digitalWrite(VBC1, LOW);
    digitalWrite(VBC2, LOW);
    digitalWrite(VBC3, LOW);
    digitalWrite(VBC4, LOW);
}
else if (sSC2 == HIGH) {
    digitalWrite(KBOMBA, HIGH);
    digitalWrite(VLP, HIGH);
    digitalWrite(VSC2, HIGH);
    digitalWrite(VSC1, LOW);
    //digitalWrite(VSC3, LOW);
    digitalWrite(VSC4, LOW);
    digitalWrite(VBC1, LOW);
    digitalWrite(VBC2, LOW);
    digitalWrite(VBC3, LOW);
    digitalWrite(VBC4, LOW);
}
else if (sSC3 == HIGH) {
    digitalWrite(KBOMBA, HIGH);
    digitalWrite(VLP, HIGH);
    digitalWrite(VSC3, HIGH);
    digitalWrite(VSC1, LOW);
    //digitalWrite(VSC2, LOW);
    digitalWrite(VSC4, LOW);
    digitalWrite(VBC1, LOW);
    digitalWrite(VBC2, LOW);
    digitalWrite(VBC3, LOW);
    digitalWrite(VBC4, LOW);
}
else if (sSC4 == HIGH) {
    digitalWrite(KBOMBA, HIGH);
    digitalWrite(VLP, HIGH);
    digitalWrite(VSC4, HIGH);
    //digitalWrite(VSC1, LOW);
    digitalWrite(VSC2, LOW);
    digitalWrite(VSC3, LOW);
    digitalWrite(VBC1, LOW);
    digitalWrite(VBC2, LOW);
    digitalWrite(VBC3, LOW);
    digitalWrite(VBC4, LOW);
}
else if (sBC1 == HIGH) {

```

```

        digitalWrite(KBOMBA, HIGH);
        digitalWrite(VLP, HIGH);
        digitalWrite(VBC1, HIGH);
        digitalWrite(VSC1, LOW);
        digitalWrite(VSC2, LOW);
        digitalWrite(VSC3, LOW);
        digitalWrite(VSC4, LOW);
        digitalWrite(VBC2, LOW);
        digitalWrite(VBC3, LOW);
        //digitalWrite(VBC4, LOW);
    }
    else if (sBC2 == HIGH) {
        digitalWrite(KBOMBA, HIGH);
        digitalWrite(VLP, HIGH);
        digitalWrite(VBC2, HIGH);
        digitalWrite(VSC1, LOW);
        digitalWrite(VSC2, LOW);
        digitalWrite(VSC3, LOW);
        digitalWrite(VSC4, LOW);
        digitalWrite(VBC1, LOW);
        //digitalWrite(VBC3, LOW);
        digitalWrite(VBC4, LOW);
    }
    else if (sBC3 == HIGH) {
        digitalWrite(KBOMBA, HIGH);
        digitalWrite(VLP, HIGH);
        digitalWrite(VBC3, HIGH);
        digitalWrite(VSC1, LOW);
        digitalWrite(VSC2, LOW);
        digitalWrite(VSC3, LOW);
        digitalWrite(VSC4, LOW);
        digitalWrite(VBC1, LOW);
        //digitalWrite(VBC2, LOW);
        digitalWrite(VBC4, LOW);
    }
    else if (sBC4 == HIGH) {
        digitalWrite(KBOMBA, HIGH);
        digitalWrite(VLP, HIGH);
        digitalWrite(VBC4, HIGH);
        digitalWrite(VSC1, LOW);
        digitalWrite(VSC2, LOW);
        digitalWrite(VSC3, LOW);
        digitalWrite(VSC4, LOW);
        //digitalWrite(VBC1, LOW);
        digitalWrite(VBC2, LOW);
        digitalWrite(VBC3, LOW);
    }
    else if (sP1 == HIGH && sP2 == HIGH && sP3 == HIGH && sP4
== HIGH && sSTILT == HIGH)
    {
        digitalWrite(luzok, HIGH);
        digitalWrite(KBOMBA, LOW);
        digitalWrite(VHP, LOW);
        digitalWrite(VLP, LOW);
        digitalWrite(VSC1, LOW);
        digitalWrite(VSC2, LOW);
        digitalWrite(VSC3, LOW);
        digitalWrite(VSC4, LOW);
        digitalWrite(VBC1, LOW);
    }

```

```

        digitalWrite(VBC2, LOW);
        digitalWrite(VBC3, LOW);
        digitalWrite(VBC4, LOW);
    }
    else {
        digitalWrite(luzok, LOW);
        digitalWrite(KBOMBA, LOW);
        digitalWrite(VHP, LOW);
        digitalWrite(VLP, LOW);
        digitalWrite(VSC1, LOW);
        digitalWrite(VSC2, LOW);
        digitalWrite(VSC3, LOW);
        digitalWrite(VSC4, LOW);
        digitalWrite(VBC1, LOW);
        digitalWrite(VBC2, LOW);
        digitalWrite(VBC3, LOW);
        digitalWrite(VBC4, LOW);
    }
}
else
{
    digitalWrite(KBOMBA, LOW);
    digitalWrite(VHP, LOW);
    digitalWrite(VLP, LOW);
    digitalWrite(VSC1, LOW);
    digitalWrite(VSC2, LOW);
    digitalWrite(VSC3, LOW);
    digitalWrite(VSC4, LOW);
    digitalWrite(VBC1, LOW);
    digitalWrite(VBC2, LOW);
    digitalWrite(VBC3, LOW);
    digitalWrite(VBC4, LOW);
}
}
}

```

PLATAFORMA

Para entrar en el modo plataforma los estabilizadores deben estar apoyados, el inclinómetro con una desviación menor de 2º y la llave en modo trabajo.

Una vez dentro del bucle se muestra el nombre del bucle por el puerto serie y se almacena en una variable el tiempo de entrada al bucle. Este valor se utiliza para calcular la pausa de 3 segundos necesaria en la maniobra de descenso.

Se leen los estados de los elementos que condicionan el bucle y los pulsadores de subida y bajada de la plataforma, subida y bajada de la mesa de trabajo y desplazamiento lateral.

Si el pulsador de subida de plataforma está pulsado:

- Activar salida bomba.
- Activar salida EV alta presión.
- Activar EV subida de mástil.

Si el pulsador de descenso de plataforma esta pulsado:

- Espera de 2500 ms
- Activación del relé que activa la EV descenso de mástil.

*Recordar que esta acción únicamente se realiza cuando la plataforma se encuentra durante el primer tramo de operación.

Si el pulsador de subida de mesa esta pulsado:

- Activar salida bomba.
- Activar salida EV alta presión.
- Activar EV subida de mesa.

Si el pulsador de descenso de mesa está pulsado:

- Activar la salida EV descenso de mesa.

Si los pulsadores de desplazamiento están pulsados:

- Activar salida bomba.
- Activar salida EV baja presión.
- Activar EV desplazamiento hacia la izquierda o hacia la derecha en función del pulsador activo.

Para la correcta realización de las pausas de seguridad en la maniobra de descenso se ha hecho uso de dos medidas de tiempo, una de entrada al bucle y otra en el momento en el que se pulsa el botón de bajada de la plataforma. Una vez el tiempo en el que se ha pulsado el botón es menor al tiempo que se ha entrado en el bucle sumado al tiempo de retardo asignado, la maquina comienza a descender.

Además se han añadido un contador para conocer si se mantiene pulsado el botón de bajada y evitar las pausas innecesarias.

Se puede dar el caso en que se desee nivelar la maquina pero esta cumpla las condiciones del bucle Plataforma y además, la plataforma esté recogida. En este caso, el sistema entraría en el modo Plataforma y sería necesario salir del mismo.

Esta salida del bucle se realiza mediante la función 'break' al leer el pulsador habilitador de estabilizadores. De esta manera, el sistema sale del bucle Plataforma y entra en Nivelación.

```
while (sSTILT == HIGH && sP1 == HIGH && sP2 == HIGH && sP3 == HIGH && sP4 ==
HIGH && sSKEY == HIGH && SPES01 == HIGH)
{
    Serial.println("PLATAFORMA");
    tiempo = millis();

    sSMA = digitalRead(SMA);
    sSME = digitalRead(SME);
    sDD = digitalRead(DD);
    sDI = digitalRead(DI);
    sSTILT = digitalRead(STILT);
```

```

SPES01 = digitalRead(PES01);
sSKEY = digitalRead(SKEY);
senable = digitalRead(enable);
sBMA = digitalRead(BMA);

sP1 = digitalRead(P1);
sP2 = digitalRead(P2);
sP3 = digitalRead(P3);
sP4 = digitalRead(P4);

digitalWrite(luzok, HIGH);
digitalWrite(MTR, LOW);

//SUBIDA BAJADA

if (sSMA == HIGH && SPES01 == HIGH) {
    Serial.println("MASTIL");
    digitalWrite(VHP, HIGH);
    digitalWrite(KBOMBA, HIGH);
    digitalWrite(VSMA, HIGH);
    digitalWrite(ALARMA, LOW);
}

else if (sBMA == HIGH) {
    while (millis() < tiempo + stoptime)
    {
        Serial.println("PARADA");

        sBMA = digitalRead(BMA);

        if (santBMA != 0 || sBMA == LOW)
        {
            break;
        }
        digitalWrite(KVBMA, LOW);
    }

    digitalWrite(KVBMA, HIGH);

    santBMA++;
}

else if (sSME == HIGH) {
    Serial.println("MESA");
    digitalWrite(VHP, HIGH);
    digitalWrite(KBOMBA, HIGH);
    digitalWrite(VSME, HIGH);
}

else if (sDD == HIGH) {
    Serial.println("DD");
    digitalWrite(VHP, HIGH);
    digitalWrite(KBOMBA, HIGH);
    digitalWrite(VDD, HIGH);
}

```

```

else if (sDI == HIGH) {
    Serial.println("DI");
    digitalWrite(VHP, HIGH);
    digitalWrite(KBOMBA, HIGH);
    digitalWrite(VDI, HIGH);
}

else if (senable == HIGH) {
    break;
}
else {
    digitalWrite(KBOMBA, LOW);
    digitalWrite(VLP, LOW);
    digitalWrite(VHP, LOW);
    digitalWrite(VSMA, LOW);
    digitalWrite(KVBMA, LOW);
    digitalWrite(VSME, LOW);
    digitalWrite(VDD, LOW);
    digitalWrite(VDI, LOW);
    santBMA = 0;
}
}

```

SOBREPESO

El sistema de sobrecarga se activa cuando la entrada de sobrecarga asignada al PLC no detecta señal.

Este sistema solo se acciona cuando la presión es superior a la configurada en el presostato de sobrecarga y cuando la plataforma se encuentra elevada. Una vez se ha activado el modo de sobrecarga, el sistema muestra por el puerto serie el bucle en el que se encuentra, realiza la lectura de los elementos que condicionan el bucle y bloquea la elevación y activa las alarmas de sobrecarga.

El reseteo del sistema de sobrecarga se realiza al descender la plataforma hasta la posición de reposo y retirar el exceso de peso. La maniobra de descenso en modo sobrecarga tiene la misma ejecución que sin estar en modo sobrecarga, es decir, libre hasta el límite del primer tramo y, a partir de ahí, todo movimiento de descenso debe de tener un retardo de seguridad de 2500 ms.

```

//SOBREPESO

if (SPES01 == LOW) {
    while (sSDESP == LOW)
    {
        Serial.println("SOBREPESO");

        sSDESP = digitalRead(SDESP);
        sBMA = digitalRead(BMA);
        tiempo = millis();

        digitalWrite(ALARMA, HIGH);
        digitalWrite(luzok, LOW);
        digitalWrite(VHP, LOW);
    }
}

```

```

digitalWrite(KBOMBA, LOW);
digitalWrite(VSMA, LOW);

if (sBMA == HIGH) {
  while (millis() < tiempo + stoptime)
  {
    Serial.println("PARADA");

    sBMA = digitalRead(BMA);

    if (santBMA != 0 || sBMA == LOW)
    {
      break;
    }
    digitalWrite(KVBMA, LOW);
  }
  digitalWrite(KVBMA, HIGH);

  santBMA++;
}
else
{
  digitalWrite(KVBMA, LOW);
  santBMA = 0;
}
}
digitalWrite(ALARMA, LOW);
}

```

El bucle del modo tracción está condicionado por los estabilizadores y la plataforma, que deben estar recogidos y la llave en posición de transporte.

TRACCIÓN

Una vez dentro del bucle, el sistema muestra por el puerto serie el modo en el que se encuentra trabajando, realiza la lectura de los elementos que condicionan el bucle y activa la salida que habilita la tracción del vehículo.

```

//MODO TRACCION

while (sP1 == LOW && sP2 == LOW && sP3 == LOW && sP4 == LOW && sSDESP ==
HIGH && sSKEY == LOW)
{
  Serial.println("TRACCION");

  sSKEY = digitalRead(SKEY);
  sP1 = digitalRead(P1);
  sP2 = digitalRead(P2);
  sP3 = digitalRead(P3);
  sP4 = digitalRead(P4);
  sSDESP = digitalRead(SDESP);

  digitalWrite(MTR, HIGH);
}
}

```

12 PLIEGO DE CONDICIONES

12.1 Condiciones generales

12.1.1 Aplicación de normas

El presente pliego de condiciones establece las condiciones sobre la instalación del autómatas y su cableado correspondiente, con la finalidad de garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento.

El proyecto actual cumple la normativa vigente correspondiente y exigible en este ámbito de aplicación.

12.1.2 Desarrollo del proyecto

El desarrollo del proyecto corresponde a la interpretación técnica de sus respectivos documentos. Estará a cargo el director del proyecto, quien tendrá la máxima autoridad en la ejecución del mismo

Para las actividades cuya ejecución no sea posible mediante la mano del fabricante se hará uso de contratistas. El contratista está obligado a recurrir al director de proyecto ante cualquier duda o aclaración necesaria. Cualquier error o mala ejecución del proyecto por parte del contratista correrá a cargo del mismo.

12.1.3 Alteraciones y modificaciones

Únicamente el director del proyecto tiene la potestad de modificar el proyecto acorde a su criterio, siempre que se cumpla la normativa y las modificaciones no varíen el presupuesto del mismo.

Queda completamente prohibida la modificación de la instalación documentada sin el previo consentimiento del director del proyecto.

12.2 Condiciones Técnicas

12.2.1 Líneas de alimentación

Todas las líneas de alimentación deberán estar protegidas mediante fusibles del amperaje establecido en el proyecto.

Los conductores utilizados para alimentar las electroválvulas a 24 Vdc, con un consumo de 1,29 A tendrán una sección mínima de 1,5 mm².

Los conductores utilizados para alimentar el PLC, sus entradas y salidas tendrán una sección mínima de 0,5 mm².

Los códigos de colores deben de ser respetados y acorde a lo que se ha establecido en el proyecto.

La caída de tensión máxima en las líneas no puede ser superior al 5%.

12.2.2 Caja Principal

Los mecanismos de funcionamiento y de protección van alojados en el interior del cuadro, montados sobre carril DIN.

Todos los conductores estarán etiquetados con el nombre del mismo.

12.2.3 Caja Intermedia

Las conexiones se realizarán haciendo uso de terminales montados sobre carril DIN.

12.2.4 Corte de Emergencia

La totalidad de los pulsadores de emergencia tienen que interrumpir el suministro eléctrico en la máquina.

12.2.5 Dispositivos de mando y sensoriales

Los elementos de mando y sensores instalados serán de la denominación establecida en el proyecto, pudiéndose sustituir por otros de denominación diferente únicamente si las características técnicas se ajusten a las exigidas en el proyecto.

12.2.6 Puesta a tierra

Todos los elementos del sistema estarán fijados al chasis del vehículo, el cual, mediante una cadena, siempre estará en contacto con el suelo.

12.3 Condiciones de ejecución

La ejecución del proyecto tuvo lugar entre los meses de Febrero a Abril del año 2018, ambos incluidos.

Inspecciones de trabajo pueden ser programadas por el fabricante y el comprador de la máquina con una antelación de una semana.

12.3.1 Entrega de la máquina

Una vez finalizada la máquina, esta será entregada al comprador por un equipo formado por el gerente de la compañía fabricante, el director del proyecto, el programador y un técnico electricista.

12.4 Condiciones administrativas

12.4.1 Personal

La persona o personas que realicen el montaje deben disponer de los permisos y cualificaciones necesarias para la ejecución, puesta a punto y puesta en marcha de la máquina.

12.5 Condiciones de Asistencia Técnica

12.5.1 Revisiones periódicas

Cada 6 meses serán necesarias revisiones por parte del equipo técnico de la empresa fabricante para realizar las comprobaciones de seguridad, funcionamiento y el mantenimiento de la máquina.

En caso de que una revisión sea desfavorable, el técnico deberá informar del estado de la máquina y, si es necesario, inmovilizarla hasta que se ejecute una orden de reparación apropiada.

12.5.2 Cobertura horaria

El horario de las revisiones y asistencia técnica son de Lunes a Viernes, entre las 8 y las 18 horas.

Cualquier trabajo fuera de esas horas correrá a cargo del comprador con los precios acordados en el contrato.

12.5.3 Garantía

La garantía no cubrirá el deterioro por mal uso o modificaciones realizadas sin el consentimiento de la empresa fabricante.

13 RESULTADO FINAL

La propuesta sobre la instalación de un autómata programable que gestione las seguridades y los controles de la maquina fue aceptada, su construcción llevada a cabo y su posterior venta efectiva.

El resultado final ha sido lo que se esperaba; se ha creado un modelo de maquina estandarizado y un proceso de fabricación definido para las próximas fabricaciones.

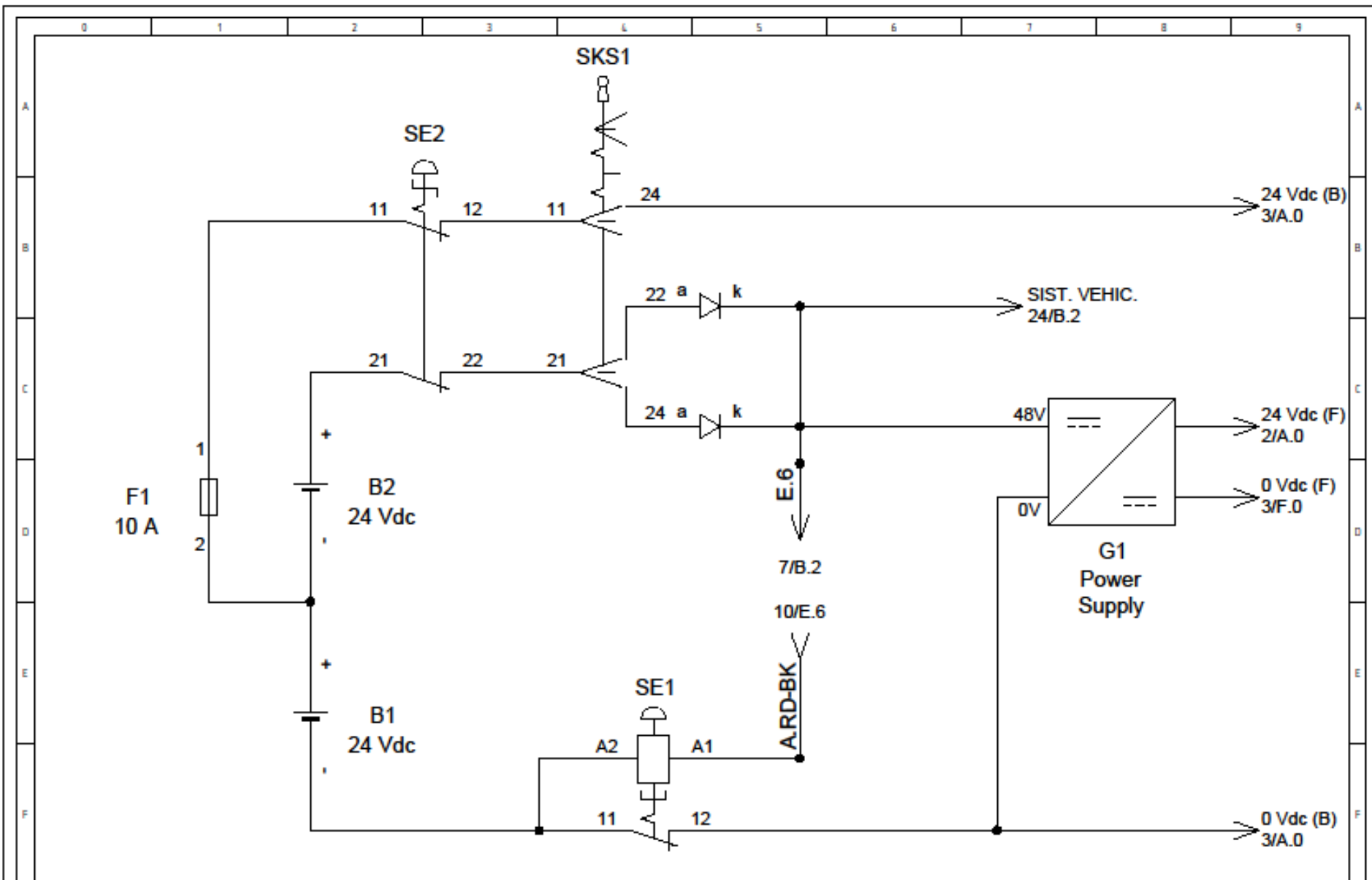
Se valorará la opción de implementar un Autómata con más salidas y entradas o módulos de comunicaciones con la finalidad de poder ampliar las prestaciones; añadiendo, por ejemplo, un SCADA o 'pantalla de operador' donde se visualicen el estado de los componentes (presostatos apoyados o no, máquina elevada, desnivelada, etc.).

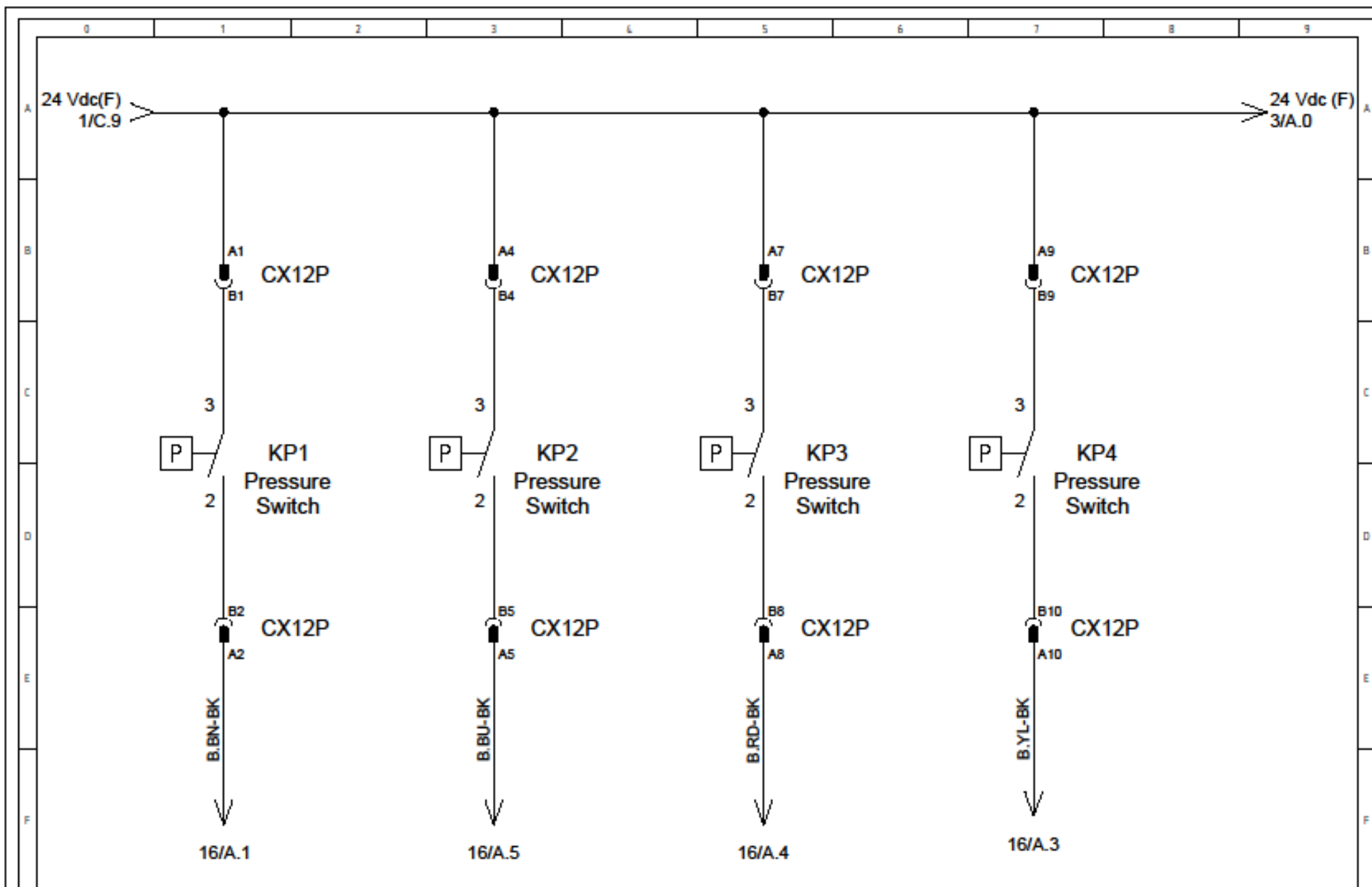
Se procede a realizar, además, una propuesta para mejorar del sistema de mandos mediante un bus de comunicaciones I2C con la finalidad de minimizar los conductores hacia la plataforma de trabajo.

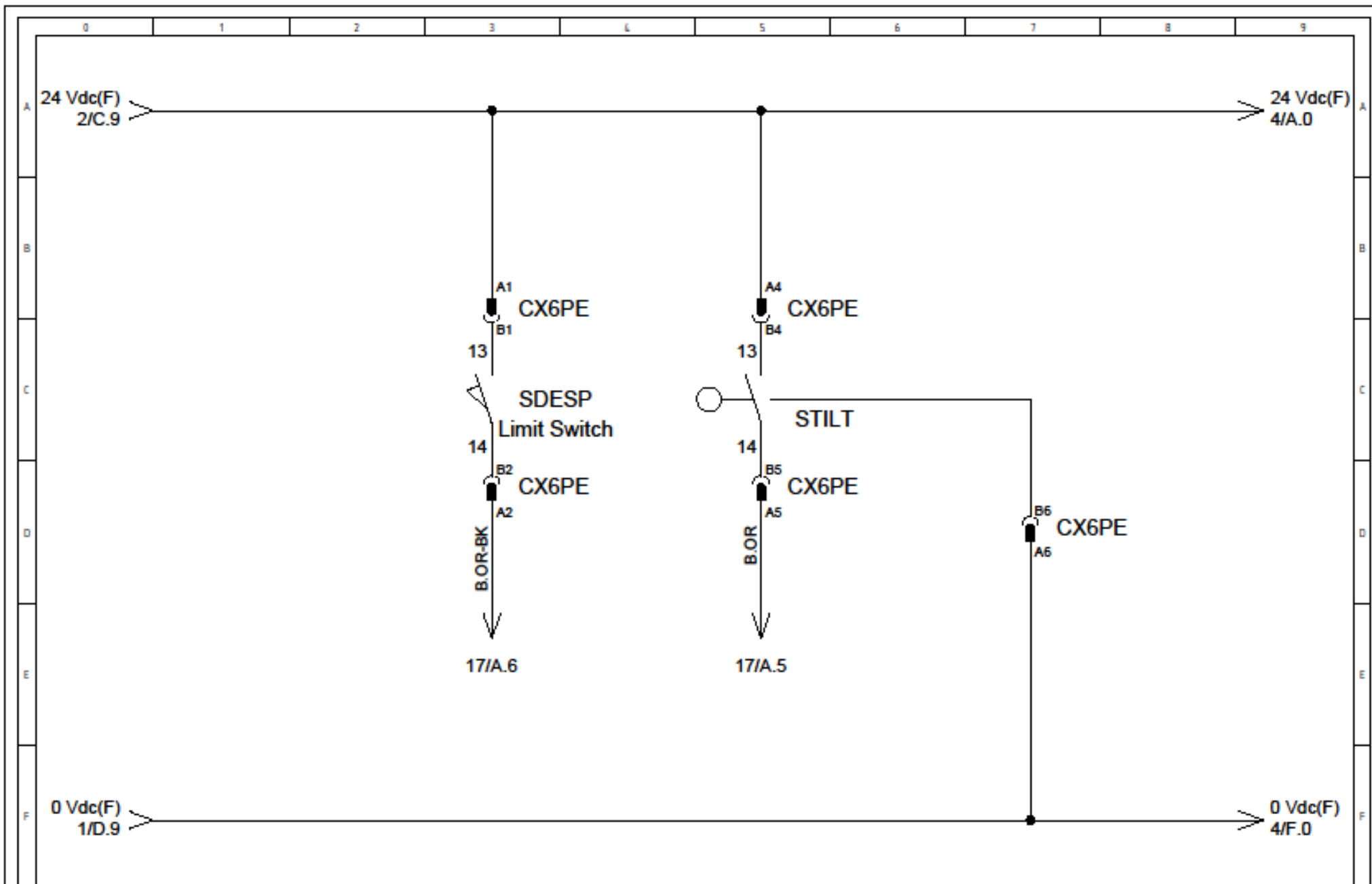


Figura 13.1. Resultado final de la Plataforma Elevadora Móvil de Personal.

ESQUEMAS ELÉCTRICOS





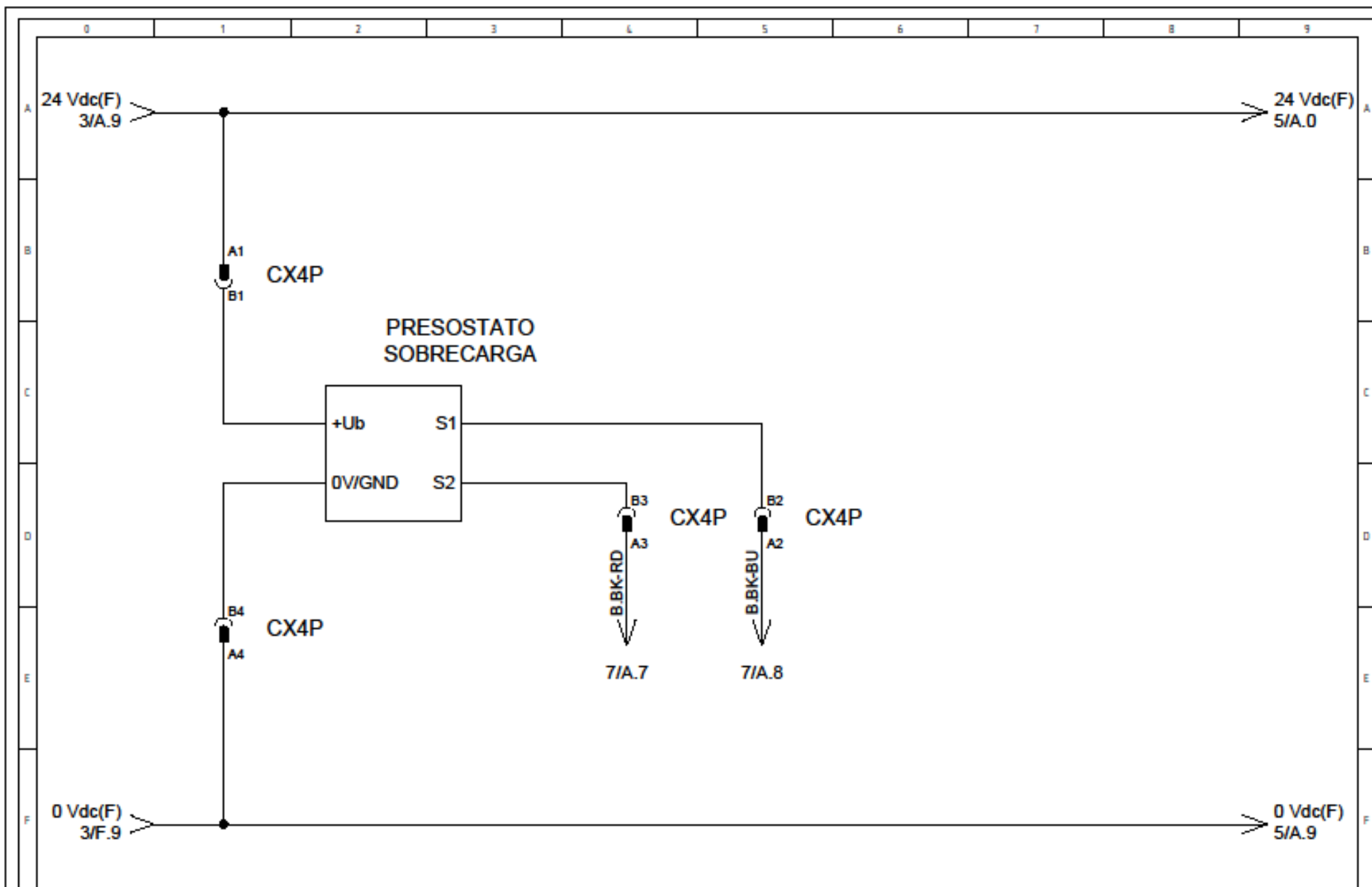


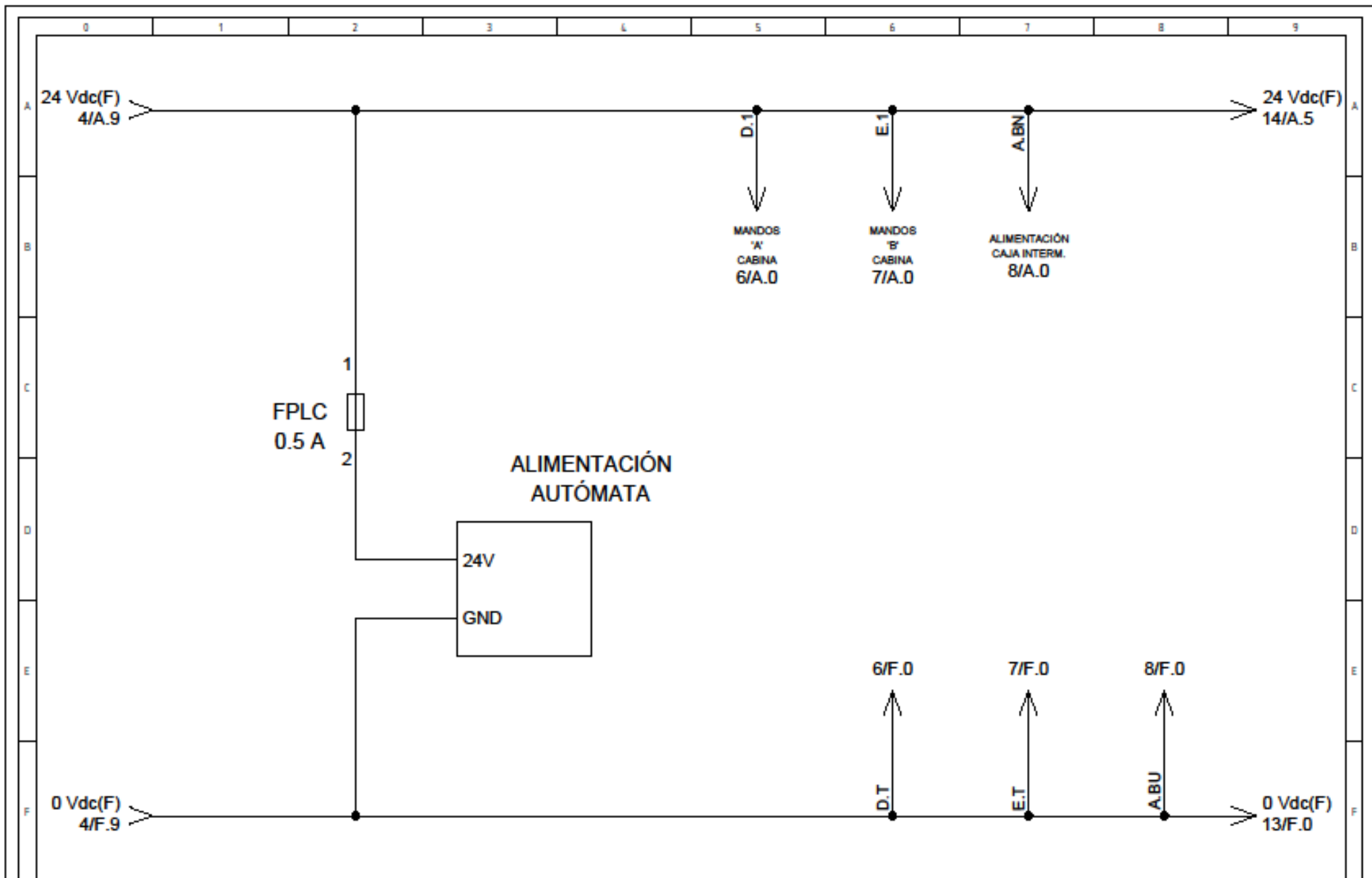
DISENADO:	CRB	INDICE	REVIS.	MODIFICACION	DEL.
VERIFICADO:	JBC				
FECHA DE CREACION:	22/05/2018				

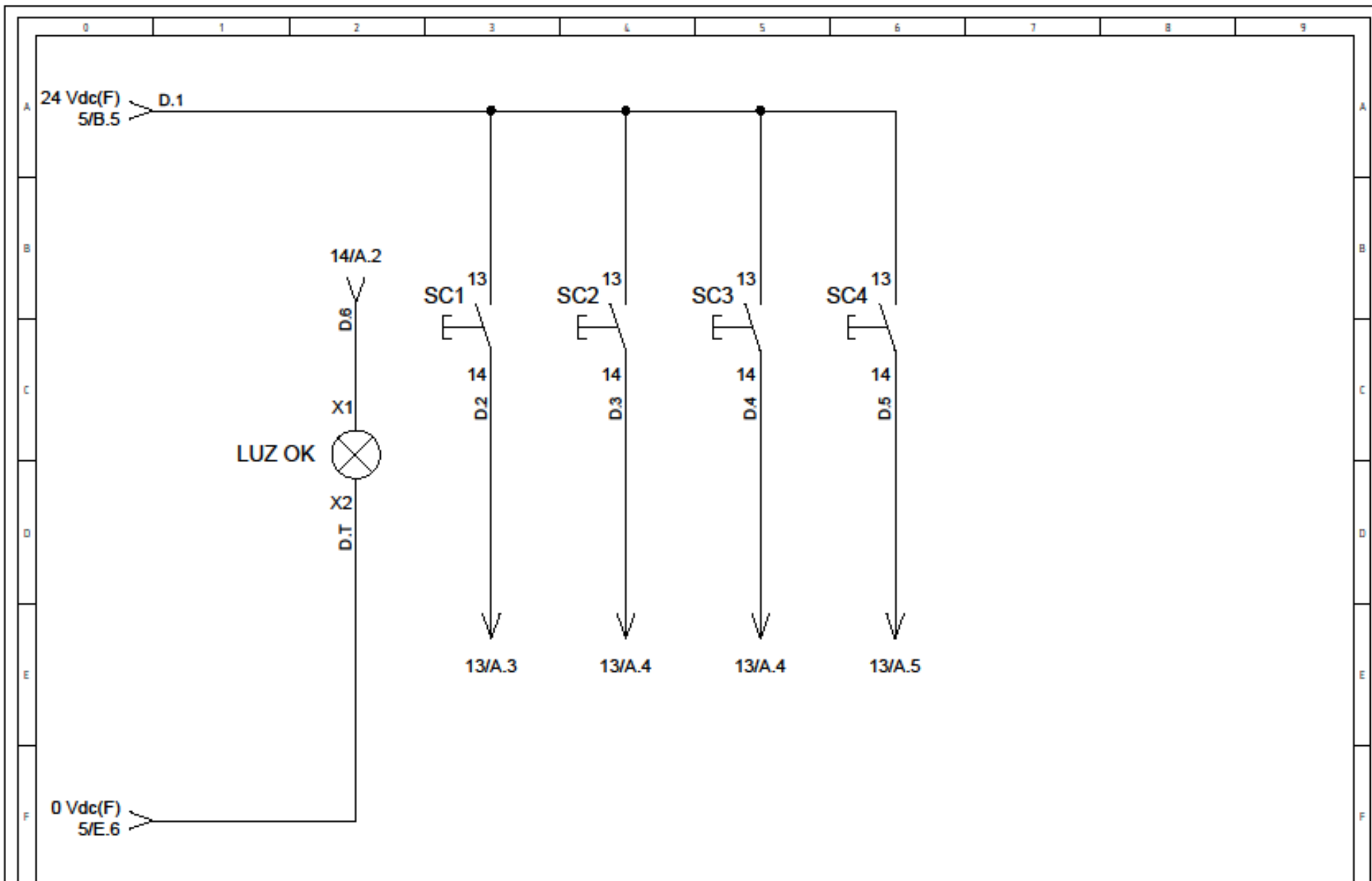
Propuesta de mejora del control de una Plataforma Elevadora Móvil de Personal utilizando un Autómata Programable

PERIFERICOS

Hoja:
3



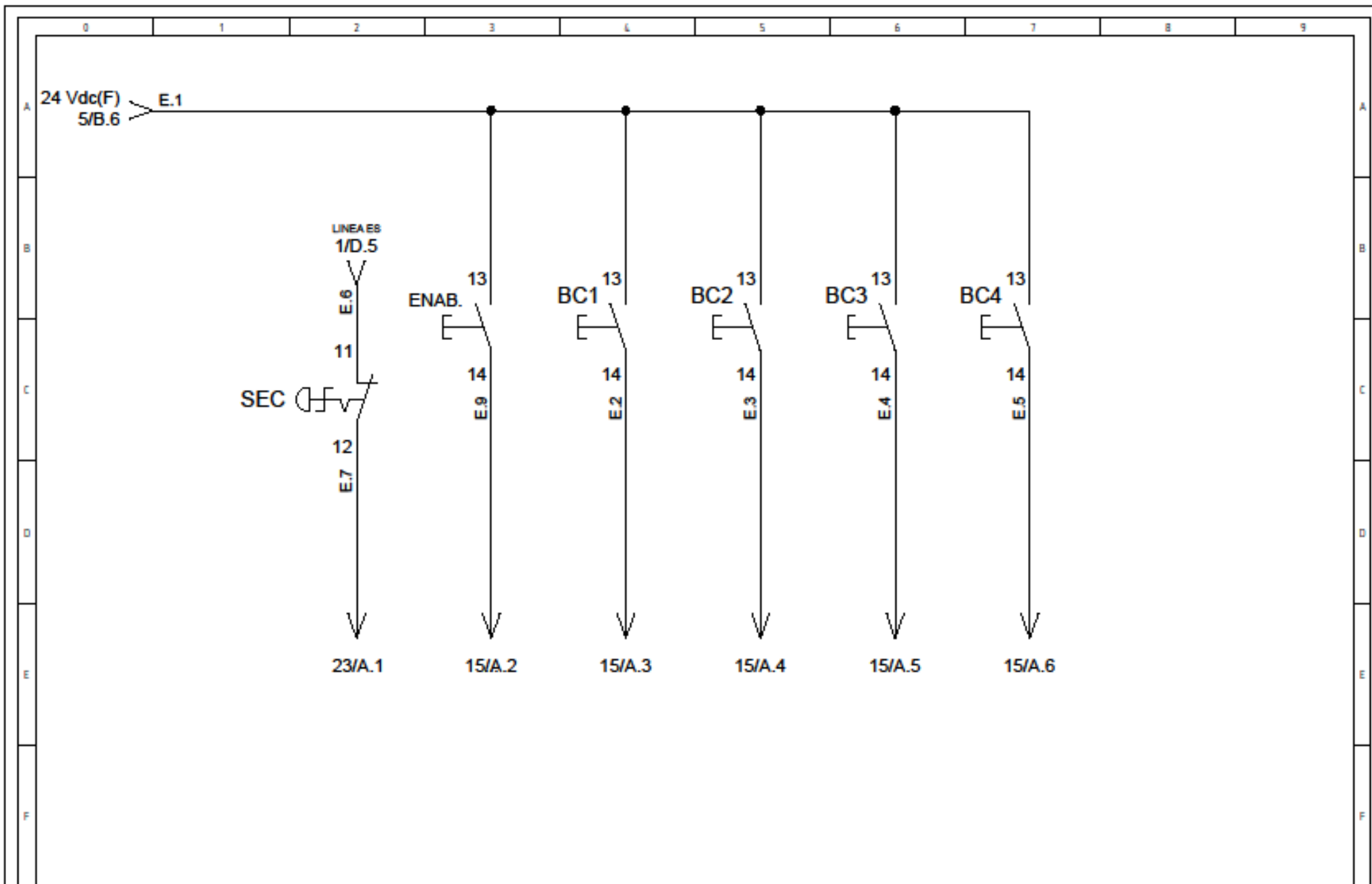




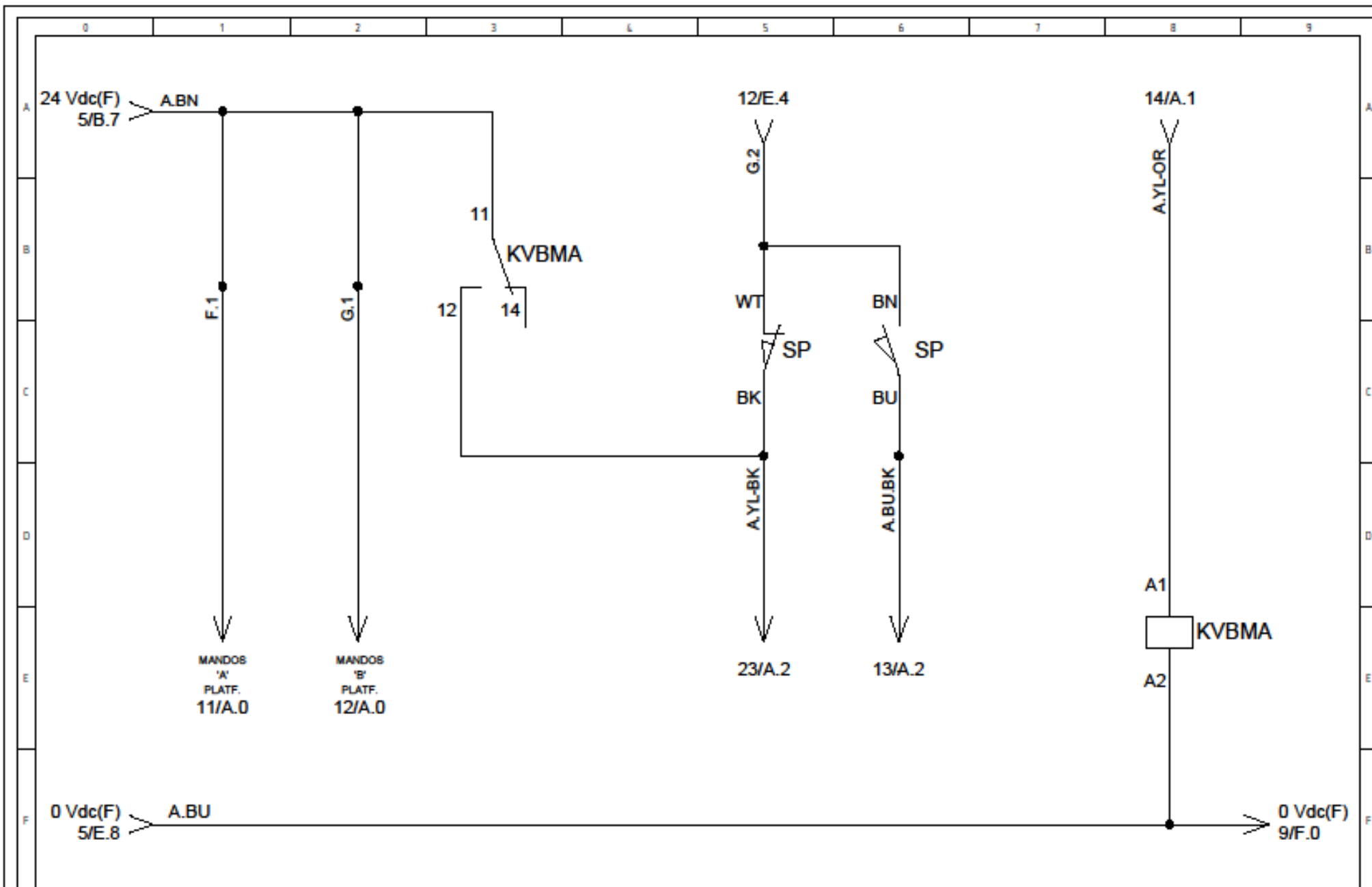
DISEÑADO: CRB VERIFICADO: JBC FECHA DE CREACIÓN: 22/05/2018	ÍNDICE FECHA MODIFICACIÓN DEL.
--	---

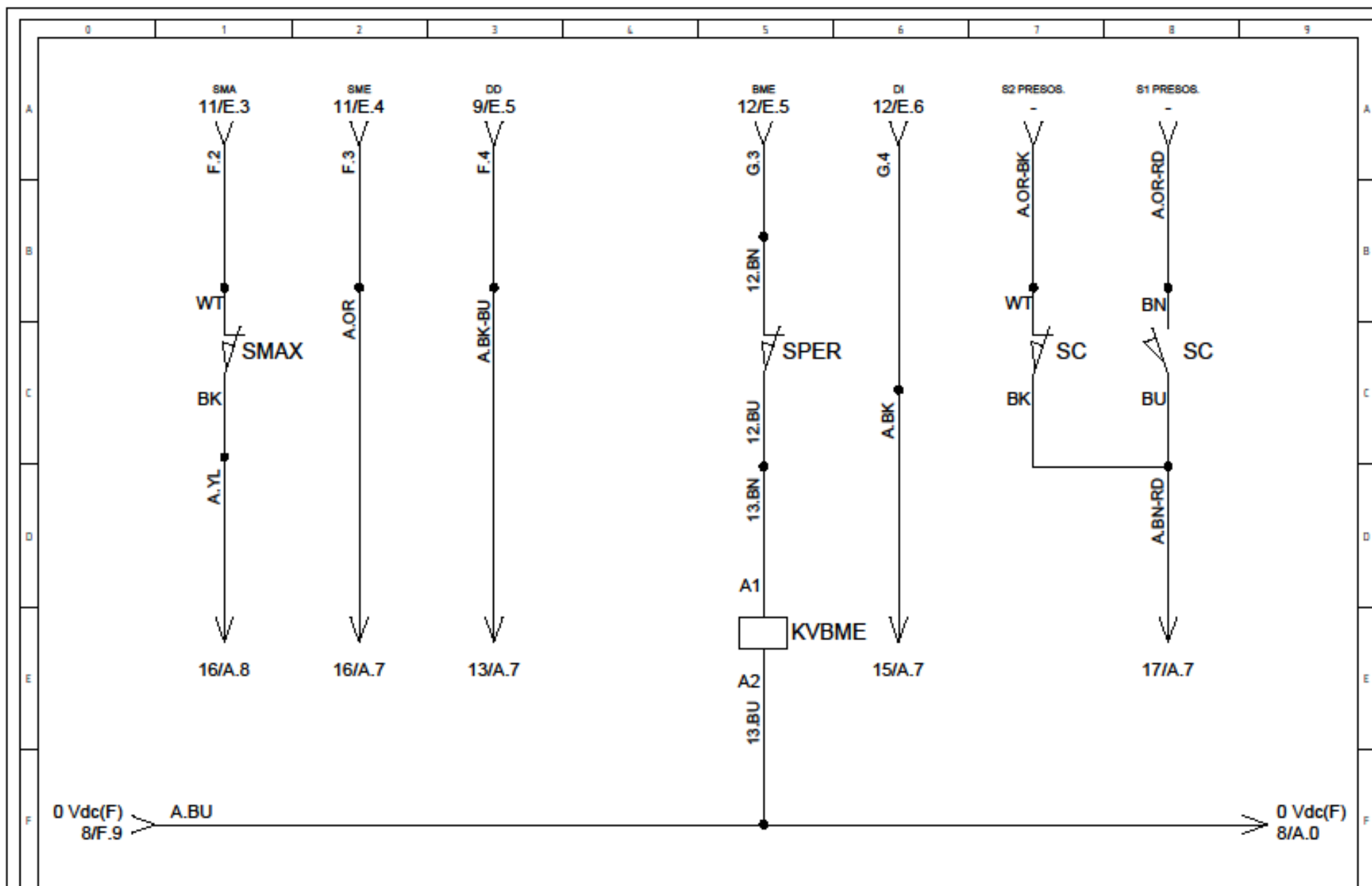
Propuesta de mejora del control de una Plataforma Elevadora Móvil de Personal utilizando un Autómata Programable

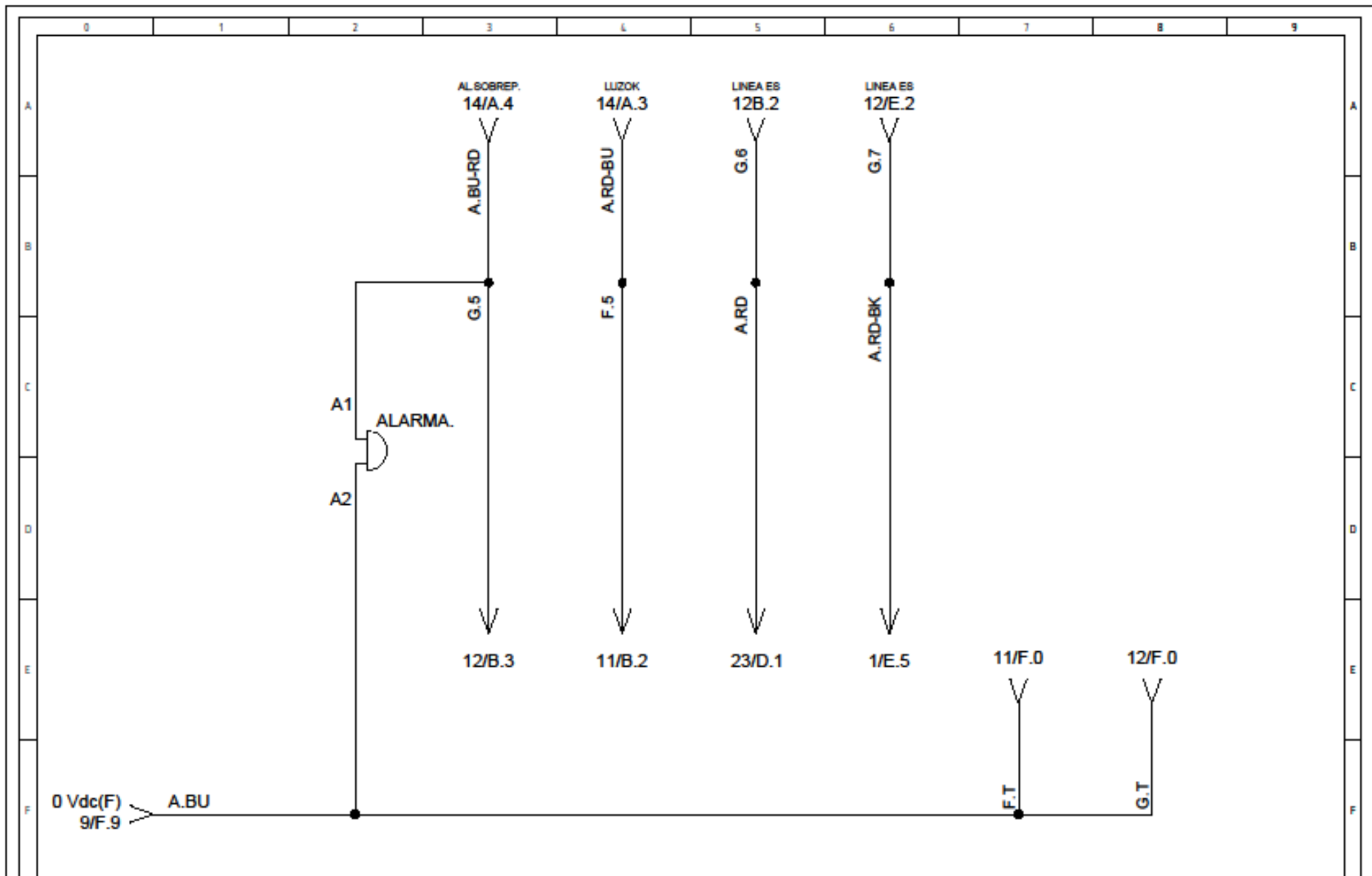
MANDOS 'A' CABINA



DISEÑADO: CRB VERIFICADO: JBC FECHA DE CREACIÓN: 22/05/2018	ÍNDICE FECHA MODIFICACIÓN DISEÑ.
--	---





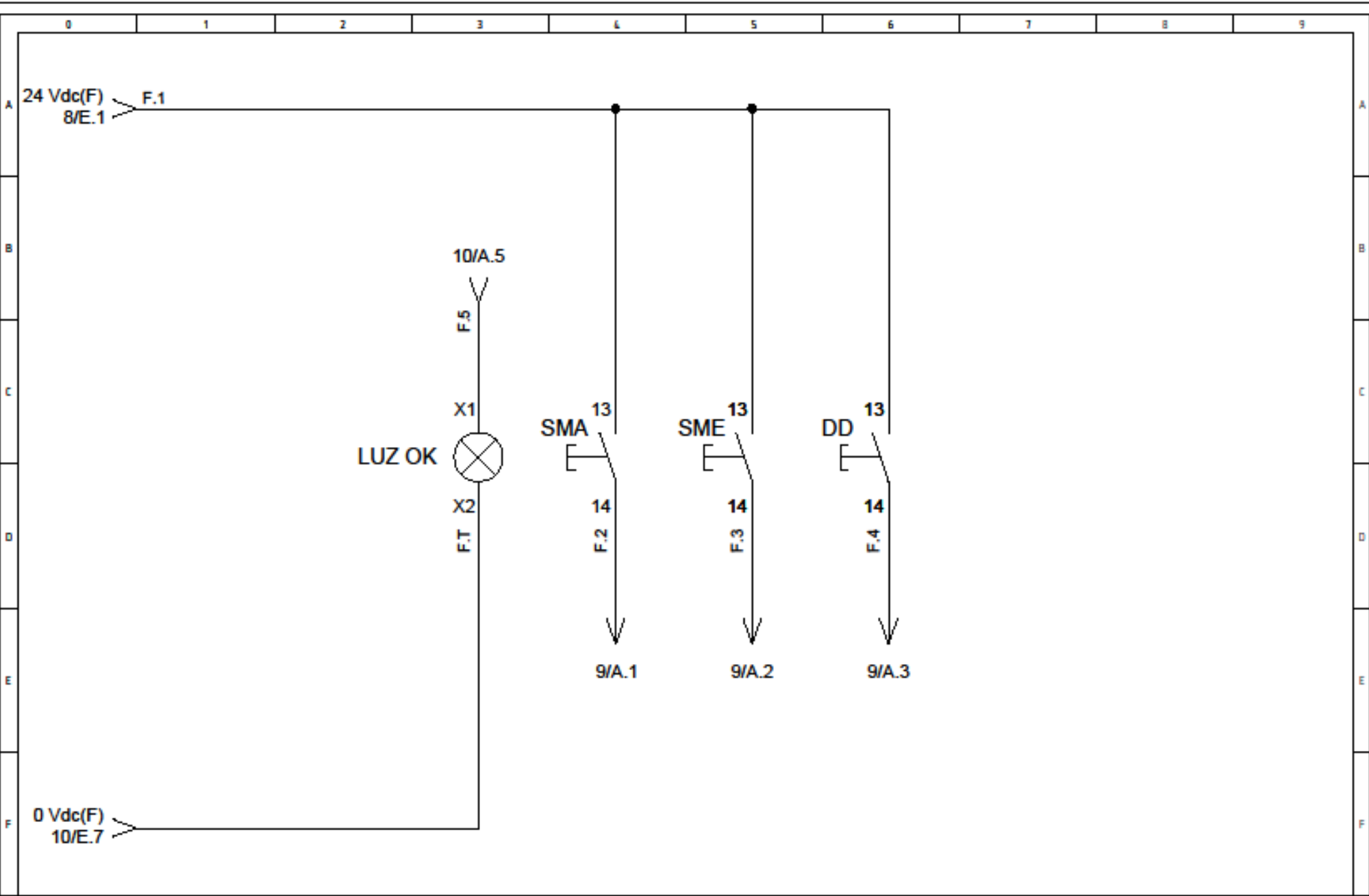


DESEÑADO:	CRB	INDICE	FECHA	MODIFICACIÓN	DISEÑ.
VERIFICADO:	JBC				
FECHA DE CREACIÓN:	22/05/2018				

Propuesta de mejora del control de una Plataforma Elevadora Móvil de Personal utilizando un Autómata Programable

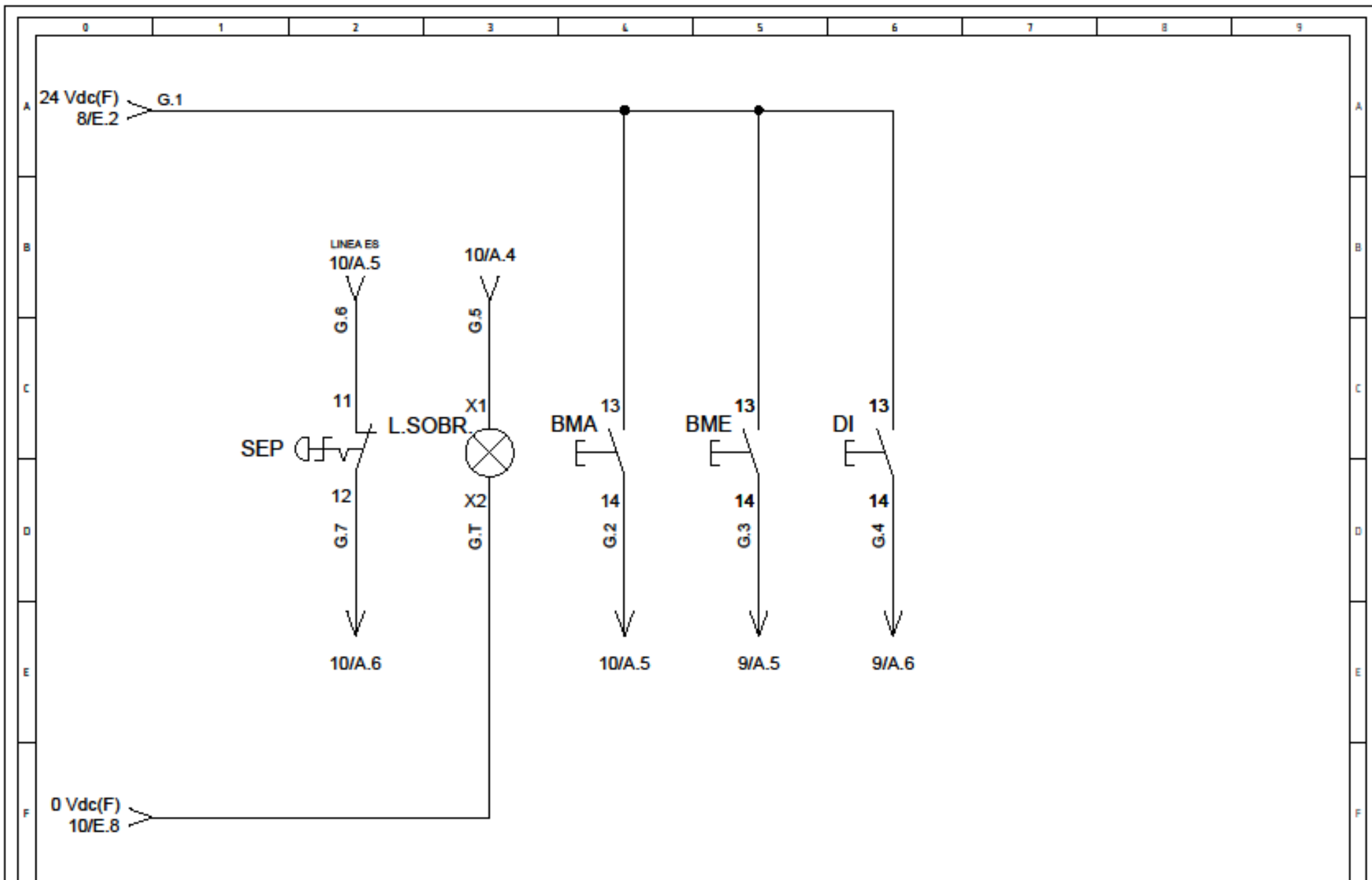
CAJA INTERMEDIA

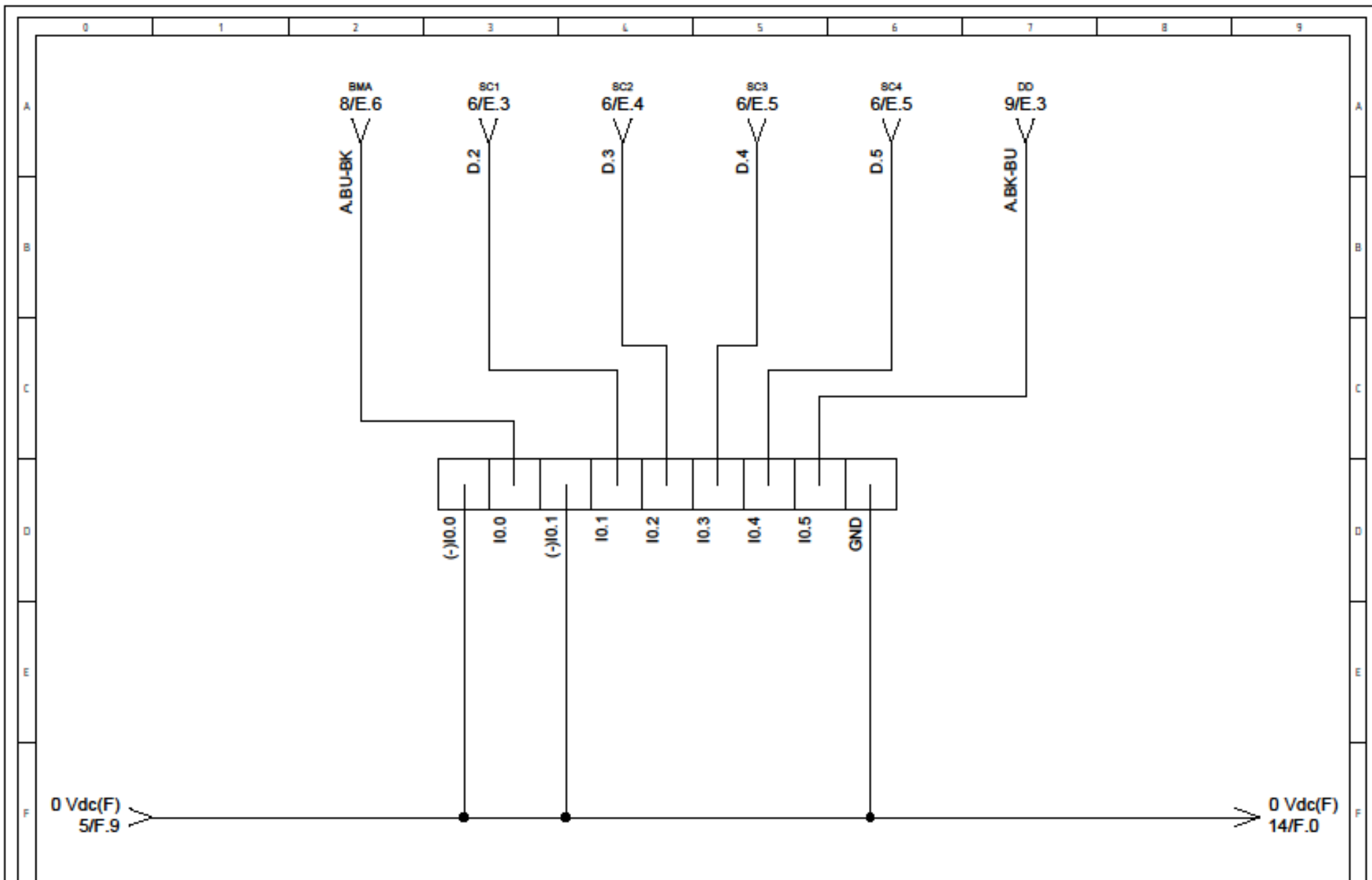
Hoja:
10

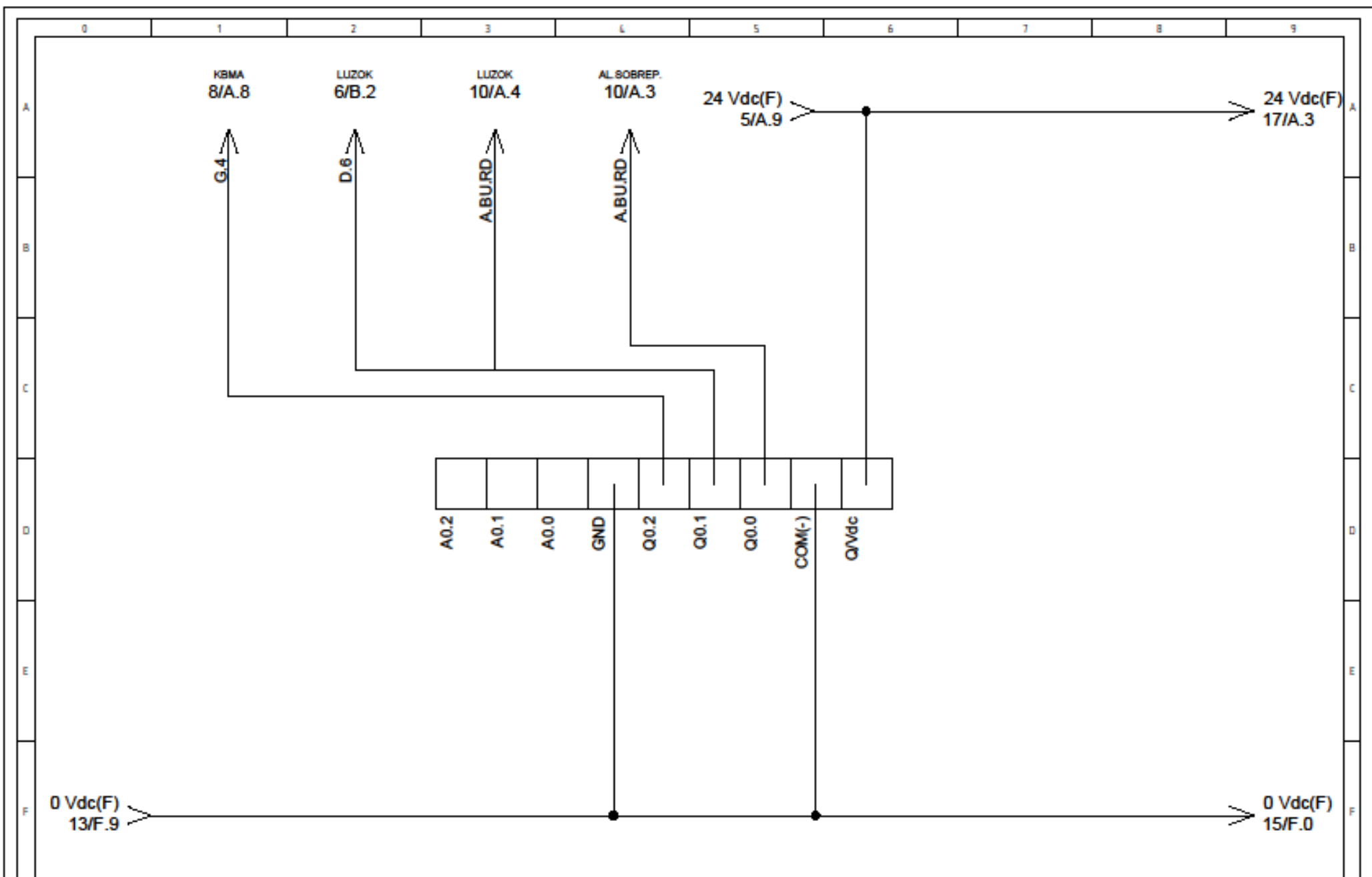


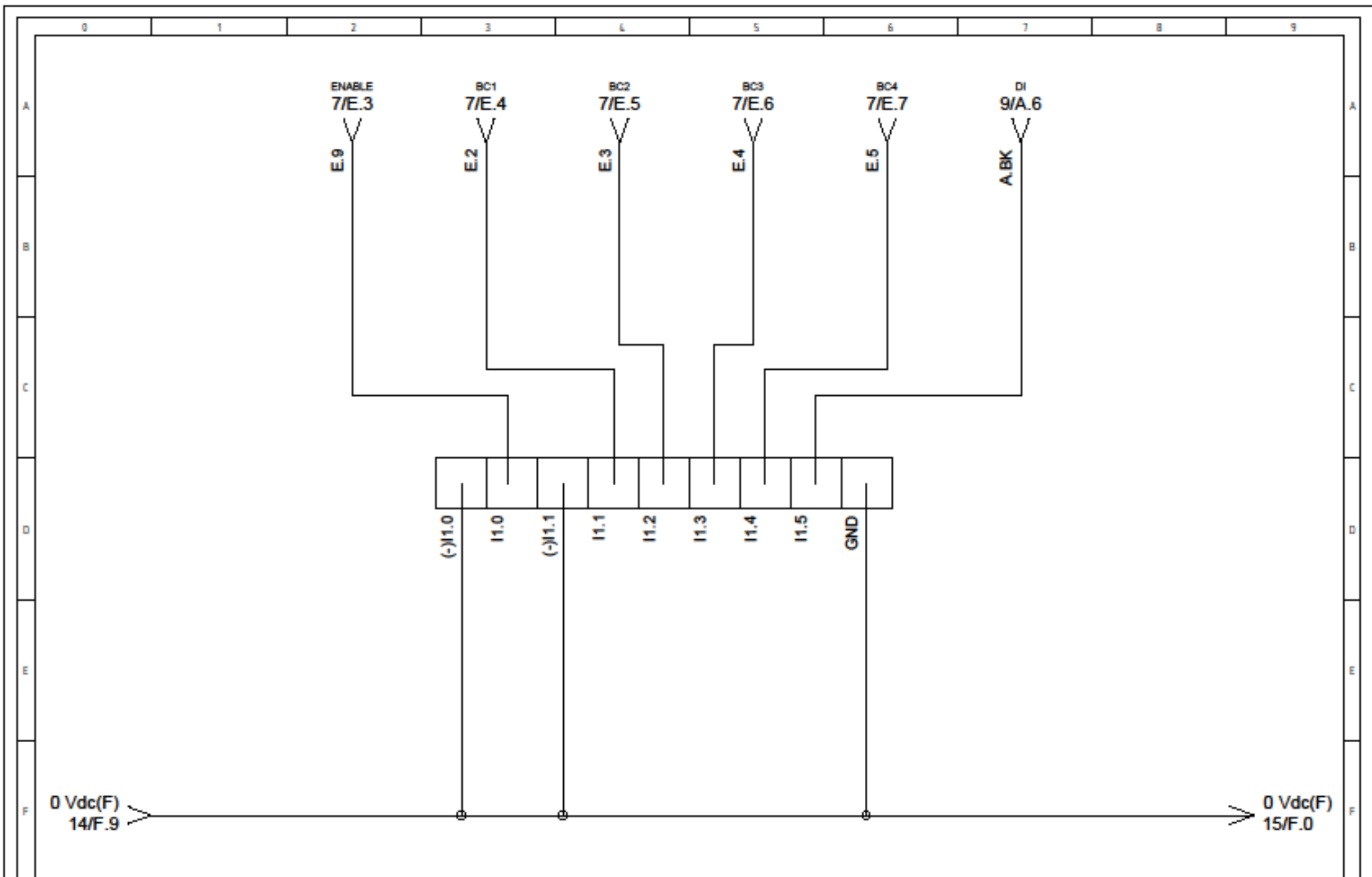
DIBUJADO:	CRB	INDICE	REDA	MODIFICACIÓN	DES.
VERIFICADO:	JBC				
FECHA DE CREACIÓN:	22/05/2018				

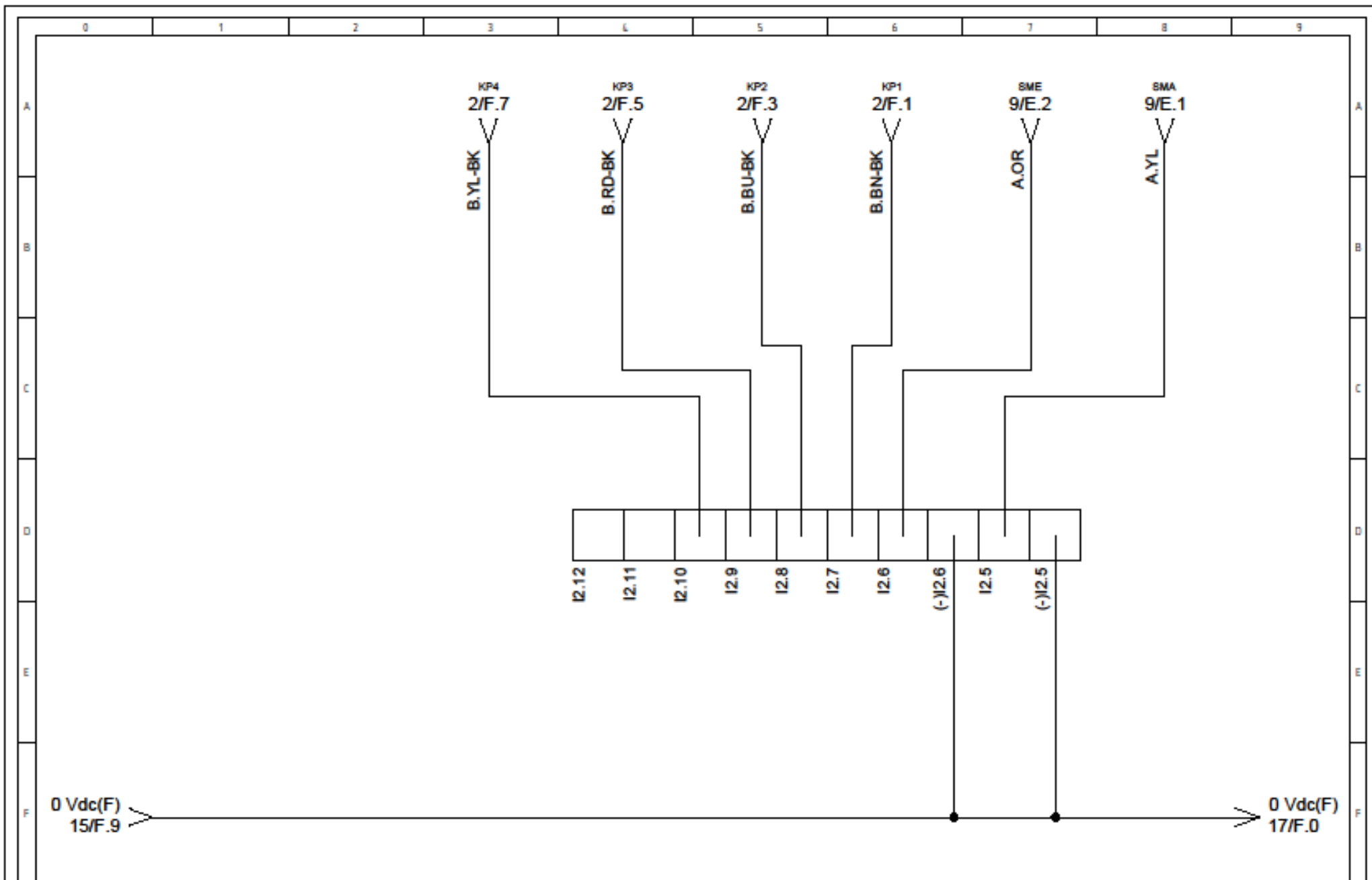
Propuesta de mejora del control de una Plataforma Elevadora Móvil de Personal utilizando un Automata Programable



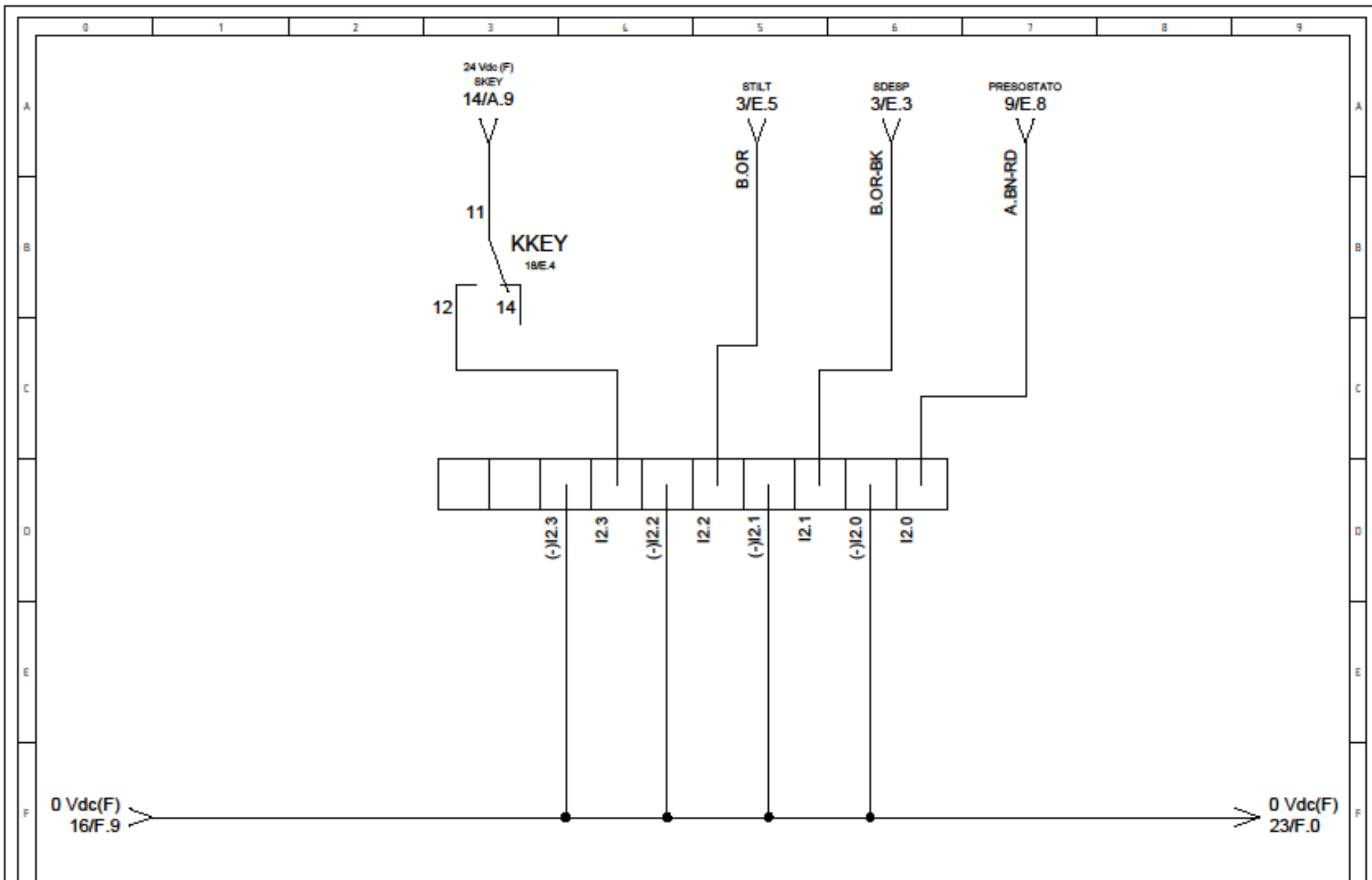




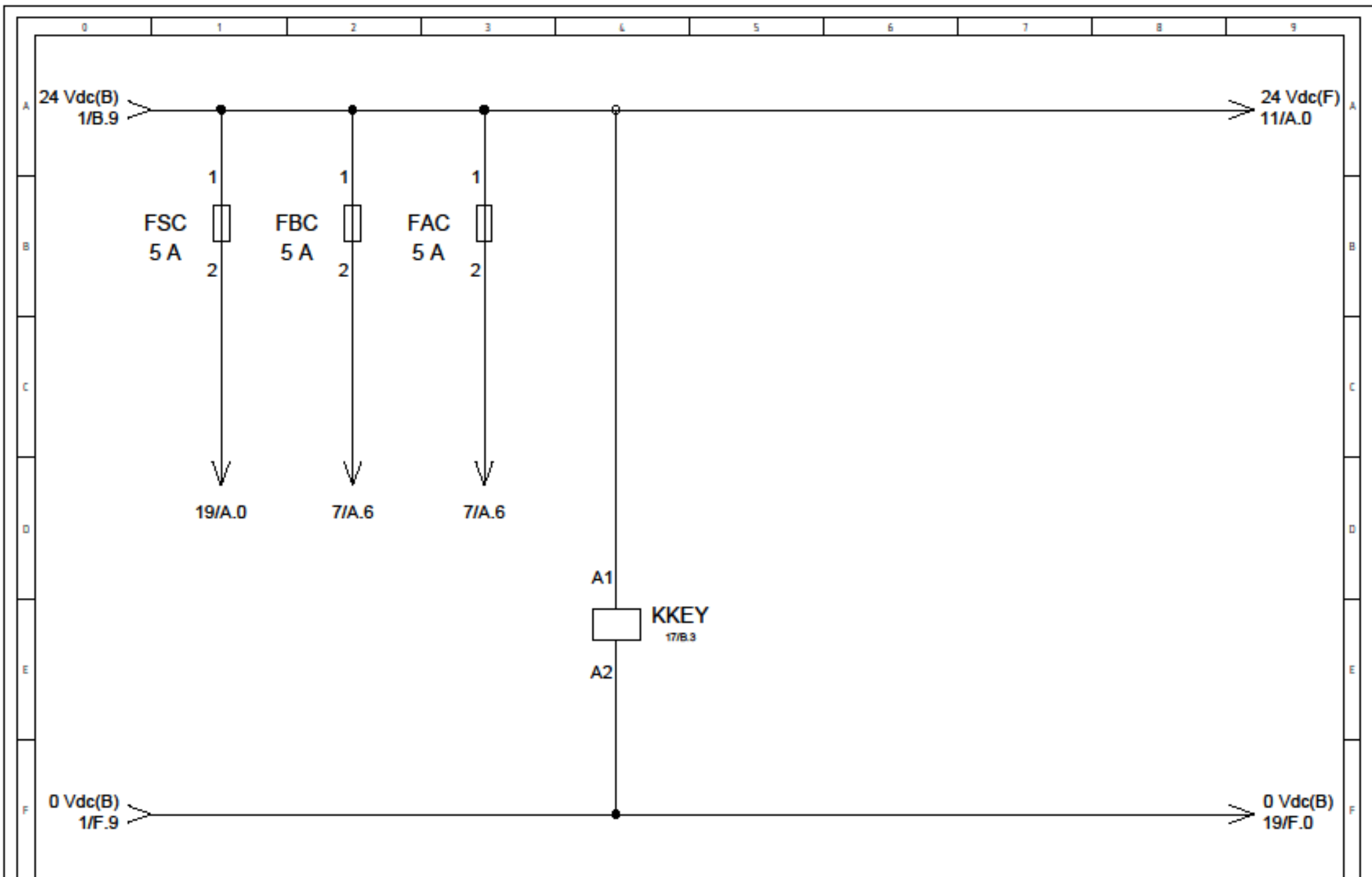


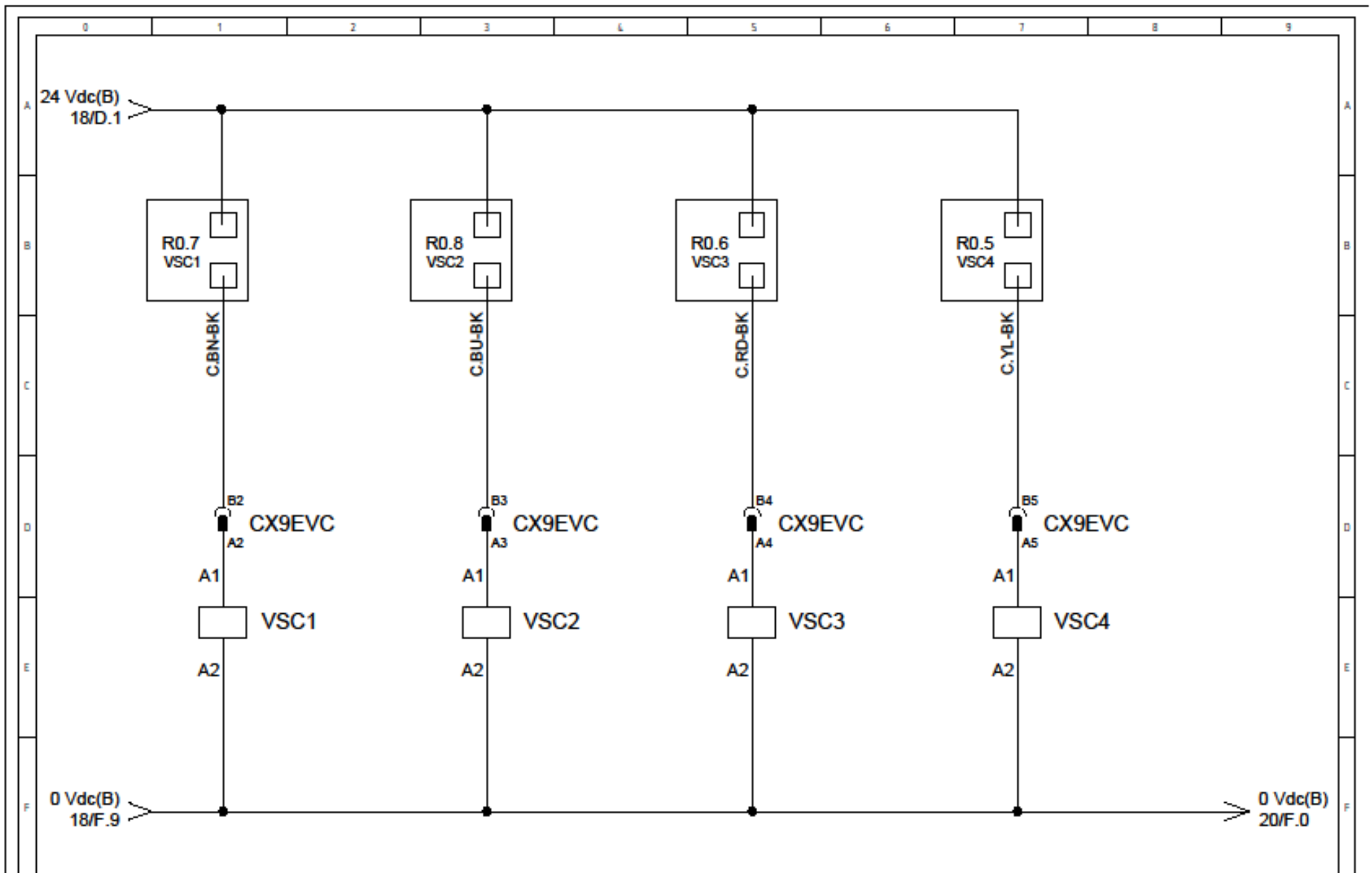


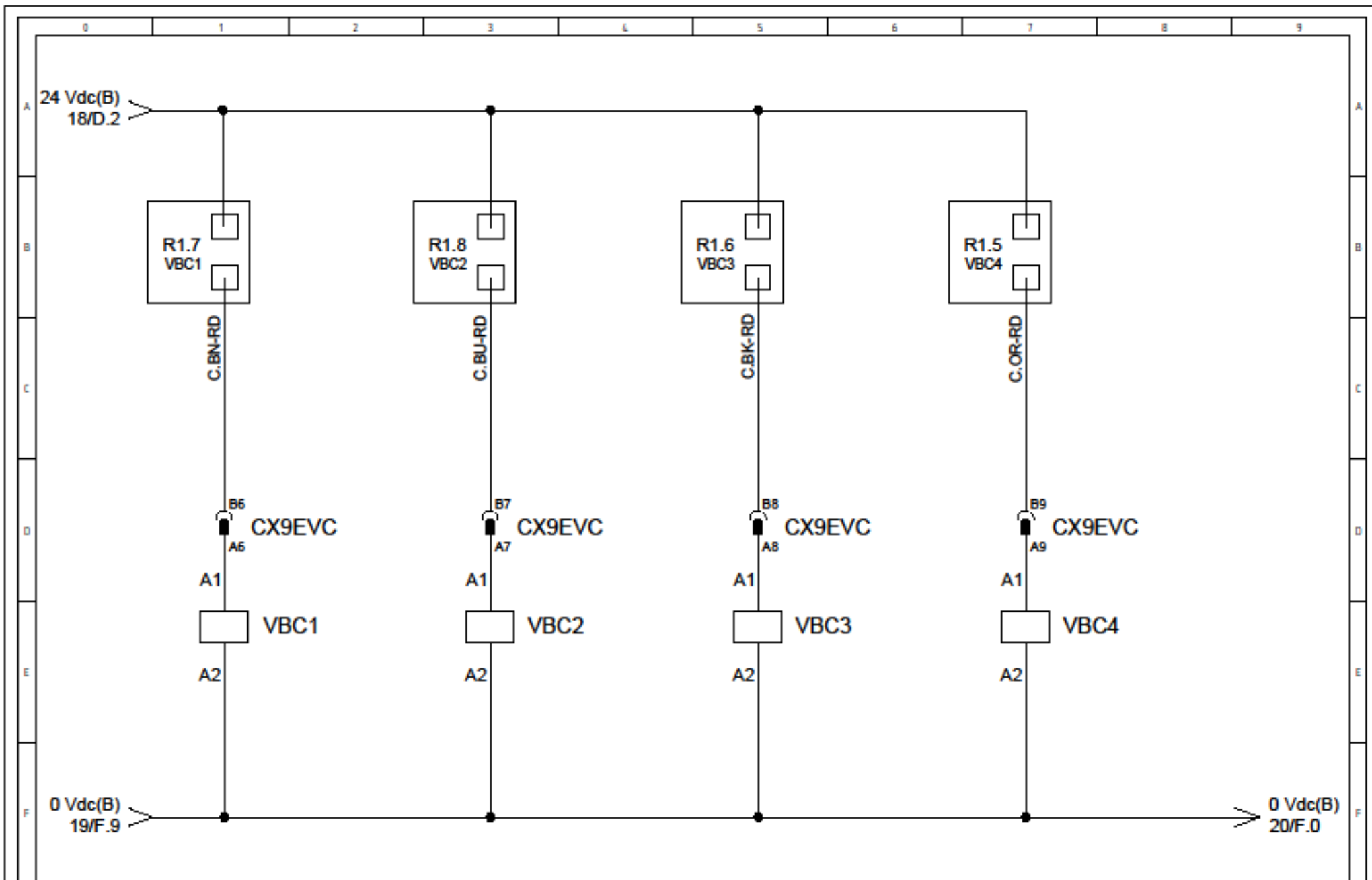
DISEÑADO: CRB VERIFICADO: JBC FECHA DE CREACIÓN: 22/05/2018	ÍNDICE FECHA MODIFICACIÓN DES.
--	---



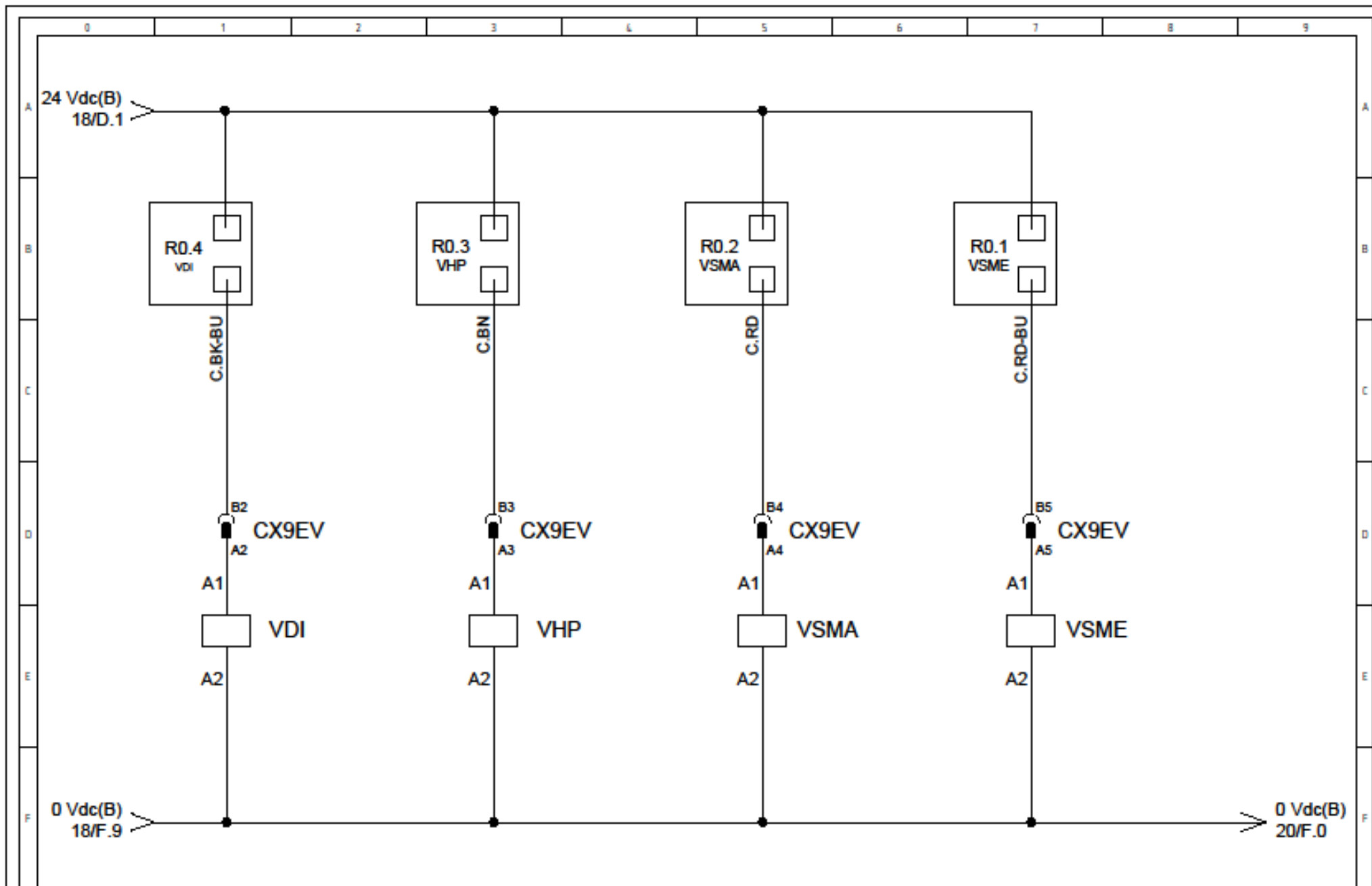
DISEÑADO: CRB VERIFICADO: JBC FECHA DE CREACIÓN: 22/05/2018	ÍNDICE FECHA MODIFICACIÓN DES.
--	---



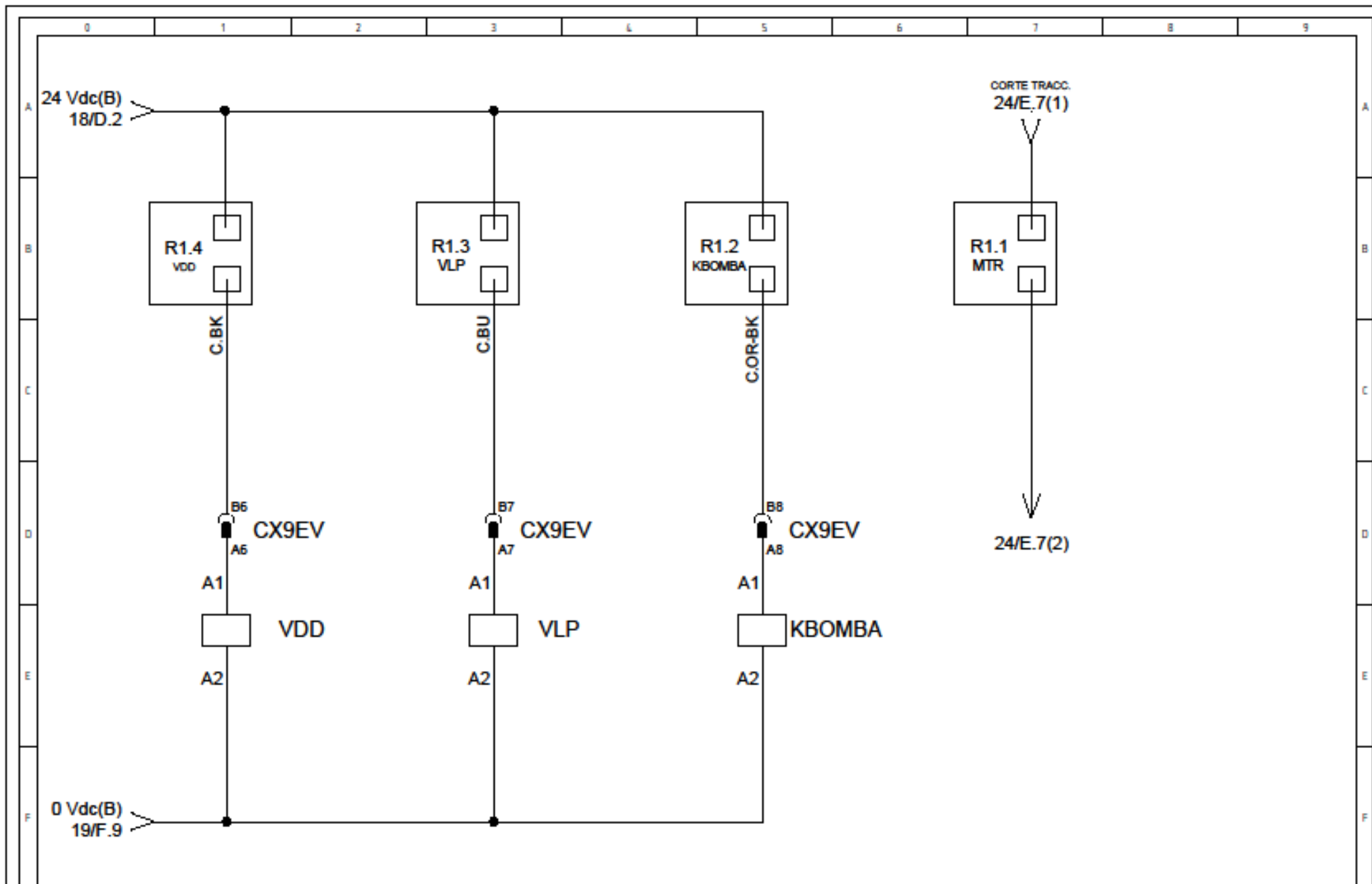




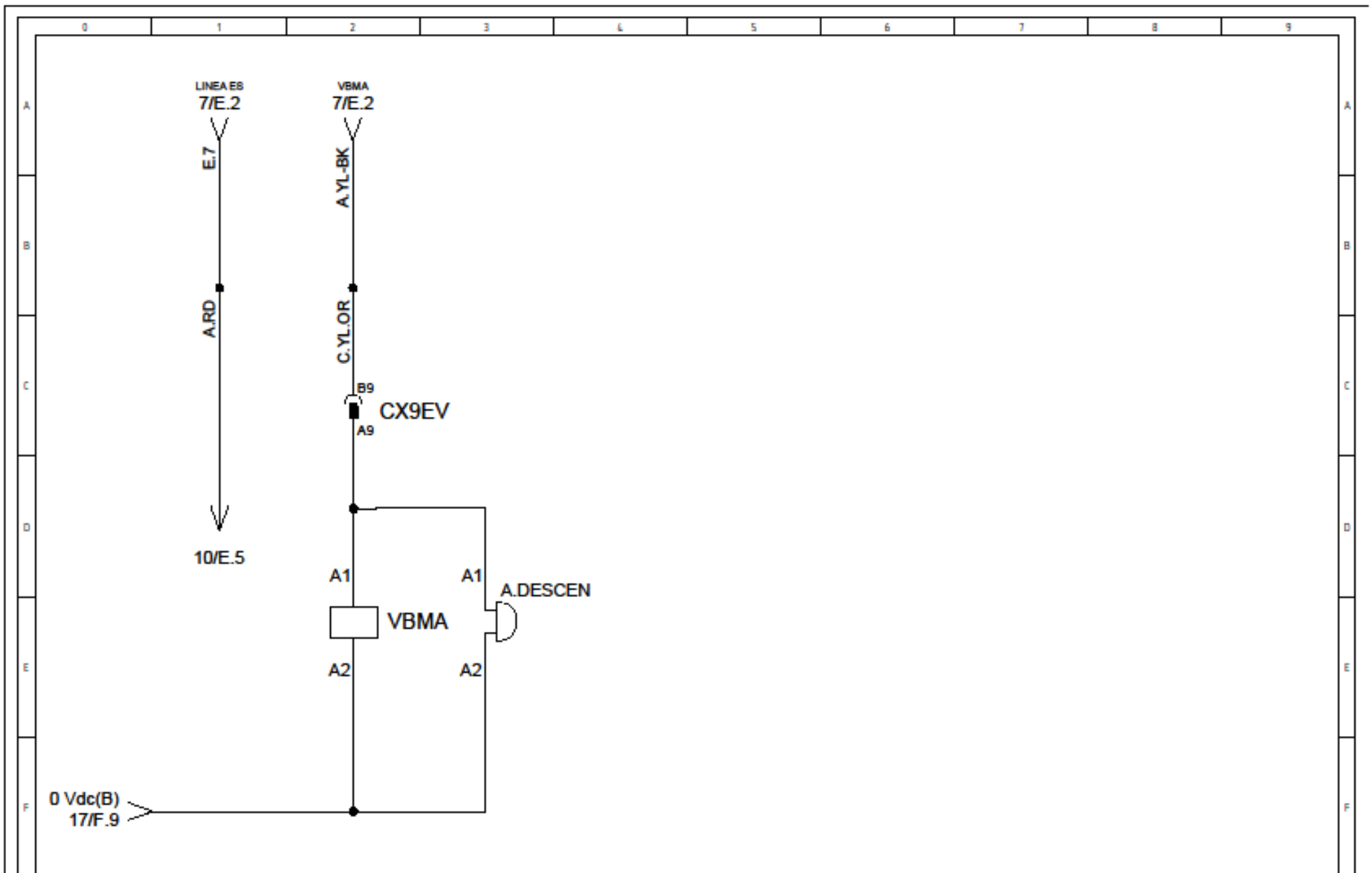
DISEÑADO: CRB VERIFICADO: JBC FECHA DE CREACIÓN: 22/05/2018	ÍNDICE FECHA MODIFICACIÓN DES.
--	---

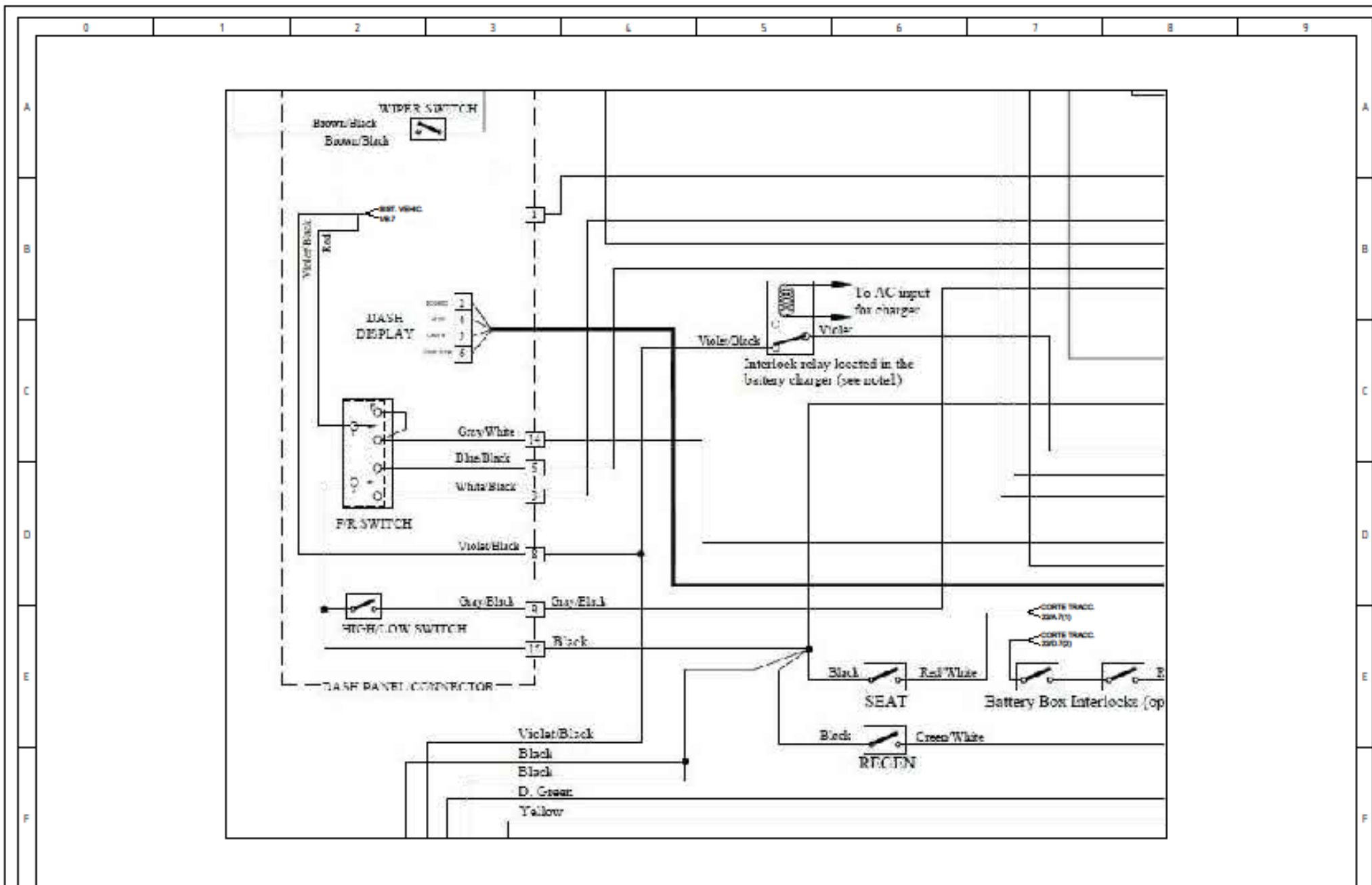


DIBUJADO:	CRB	INDICE	REVIS.	MODIFICACIÓN	DES.
VERIFICADO:	JBC				
FECHA DE CREACIÓN:	22/05/2018				



DIBUJADO:	CRB	INDICE	FECHA	MODIFICACIÓN	DES.
VERIFICADO:	JBC				
FECHA DE CREACIÓN:	22/05/2018				





PRESUPUESTO

PRESUPUESTO

El presupuesto del proyecto actual se ha dividido en varias secciones con la finalidad de simplificarlo y hacerlo más visual.

No se han tenido en cuenta los elementos con los que se disponían inicialmente en la instalación, tales como el sistema hidráulico, las baterías, el mástil y el vehículo.

Caja de derivación principal

Tabla 13.1. Presupuesto caja de derivación principal.

CAJA DERIVACIÓN PRINCIPAL			
ARTICULO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
PLC M-duino 5ORRA+	1	494,29 €	494,29 €
Phoenix Contact QUINT-PS/48/24/5	1	195,00 €	195,00 €
Fusible 0,5 A	1	0,10 €	0,10 €
Fusible 5 A	3	0,15 €	0,45 €
Fusible 10 A	1	0,10 €	0,10 €
Porta fusible carril DIN	5	1,40 €	7,00 €
Diodo	2	0,15 €	0,30 €
Caja de derivación 310x240x150	1	14,52 €	14,52 €
Carril DIN	0,75	5,64 €	4,23 €
Terminal carril din WDMLLR 1831280000	25	1,94 €	48,50 €

Cuadros de mando

Tabla 13.2. Presupuesto de los cuadros de mando.

CUADROS DE MANDO			
ARTICULO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Cabezal pulsador Negro ZB5AA3	7	4,31 €	30,17 €
Cabezal pulsador Rojo ZBAA4	7	3,74 €	26,18 €
Pulsador Verde Opaco ZB5AW333	1	10,82 €	10,82 €
Emergency stop XB5AS8842	2	37,21 €	74,42 €
Bloque de contacto NA ZENL1111	13	4,46 €	57,98 €
Bloque de contacto NC ZENL1121	2	7,46 €	14,92 €
Bloque de luz Verde ZALVB3	2	16,91 €	33,82 €
Bloque de luz Rojo ZALVB4	1	16,91 €	16,91 €
Cabezal piloto Verde ZB5AV033	2	5,32 €	10,64 €
Cabezal piloto Rojo ZB5AV043	1	5,32 €	5,32 €
Cuadro 4 huecos	2	19,95 €	39,90 €
Cuadro 5 huecos	2	21,10 €	42,20 €
Cuadro de 1 hueco	2	9,17 €	18,34 €

Dispositivos sensoriales

Tabla 13.3. Presupuesto de los dispositivos sensoriales.

DISPOSITIVOS SENSORIALES			
ARTICULO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
TECSIS Presure Switch 1...16 bar	4	49,65 €	198,60 €
Parker SCPSD-400-04-17	1	280,00 €	280,00 €
Parker LS60 tilt sensor	1	108,30 €	108,30 €
Telemecanique XCMD Limit Switch	4	19,01 €	76,04 €

Instalación eléctrica

Tabla 13.4. Presupuesto de la instalación eléctrica.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA			
ARTICULO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
Conductor 18G0,5	15	2,62 €	39,30 €
Conductor 18G1,5	5	2,62 €	13,10 €
Conductor 2G0,5	20	0,28 €	5,60 €
Conector 12p MALE	2	0,95 €	1,90 €
Conector 12p FEMALE	2	0,95 €	1,90 €
Conector 6p MALE	1	0,95 €	0,95 €
Conector 6p FEMALE	1	0,95 €	0,95 €
Conector 4p MALE	1	0,60 €	0,60 €
Conector 4p FEMALE	1	0,60 €	0,60 €
Pines MALE (suministrado en 50 ud.)	2	4,25 €	8,50 €
Pines FEMALE (suministrado en 50 ud.)	2	4,25 €	8,50 €
Caja de derivación 175x151x95	1	7,61 €	7,61 €

Misceláneo

Tabla 13.5. Presupuesto de otros dispositivos o elementos.

MISCELÁNEO			
ARTICULO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Albright SD150-48V emergency stop	1	38,00 €	38,00 €
Finder 40.61.7.024.000 relé	2	4,45 €	8,90 €
Finder 40.60 zócalo DIN relé	2	4,84 €	9,68 €
Key switch 3POS ZB5AG3	1	25,54 €	25,54 €
Emergency stop XB5AS8842	1	37,21 €	37,21 €
Bloque de contacto NA ZBE101	2	5,61 €	11,22 €
Bloque de contacto NC ZBE102	2	5,61 €	11,22 €
Cuerpo de Contacto ZB5AZ101	2	7,54 €	15,08 €

Mano de obra

Tabla 13.6. Presupuesto de mano de obra.

MANO DE OBRA			
ARTICULO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
Técnico Electricidad	100	19,37 €	1.937,00 €
Programador	25	23,40 €	585,00 €
Ingeniero	20	26,78 €	535,60 €
Project Leader	20	31,20 €	624,00 €

Coste total del proyecto

Tabla 13.7. Coste total del proyecto.

COSTE TOTAL	
DESCRIPCIÓN	IMPORTE
CAJA PRINCIPAL	764,49 €
DISPOSITIVOS SENSORIALES	662,94 €
CUADROS DE MANDO	381,62 €
INSTALACIÓN ELÉCTRICA	89,51 €
MANO DE OBRA	3.681,60 €
MISCELÁNEO	156,85 €
TOTAL	5.737,01 €