



**UNIVERSIDAD DE JAÉN**  
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

**DISEÑO DE ESQUEMAS  
ELÉCTRICOS DE UNA UNIDAD  
FERROVIARIA PARA MANDO,  
CONTROL Y SEGURIDAD**

**Alumno: Andrés Prieto Valdivia**

**Tutor:** Manuel Ortega Armenteros  
**Depto.:** Ingeniería Eléctrica

**Junio, 2020**



**UNIVERSIDAD DE JAÉN**  
Escuela Politécnica Superior de Linares

# **DISEÑO DE ESQUEMAS ELÉCTRICOS DE UNA UNIDAD FERROVIARIA PARA MANDO, CONTROL Y SEGURIDAD**

**Alumno: Andrés Prieto Valdivia**  
**Fdo:**

**Tutor: Manuel Ortega Armenteros**  
**Fdo:**

## **ÍNDICE**

### **1. OBJETO**

### **2. NORMAS Y REFERENCIAS**

#### **2.1 Disposiciones legales y normas aplicadas**

#### **2.2 Programas de cálculo**

### **3. REQUISITOS DE DISEÑO**

#### **3.1 Sistemas sustituidos**

#### **3.2 Características físicas**

#### **3.3 Funcionamiento de tracción y frenada**

#### **3.4 Funcionamiento de la alimentación**

#### **3.5 Sistemas adicionales**

##### *3.5.1 Baterías*

##### *3.5.2 Cargadores de baterías*

##### *3.5.3 Compresor principal*

##### *3.5.4 Compresor auxiliar*

##### *3.5.5 Seccionador de puesta a tierra*

##### *3.5.6 Climatizador*

### **4. RESULTADOS FINALES**

#### **4.1 Elaboración de esquemas eléctricos**

##### *4.1.1 Grupo 01: Captación y distribución de alta tensión*

##### *4.1.2 Grupo 02: Puesta a tierra*

##### *4.1.3 Grupo 03: Conexión de motores de tracción*

##### *4.1.4 Grupo 06: Generación y distribución de AC*

##### *4.1.5 Grupo 07: Generación y distribución de DC*

##### *4.1.6 Grupo 10: Control de encendido*

##### *4.1.7 Grupo 12: Control de pantógrafos*

##### *4.1.8 Grupo 13: Control de disyuntores*

##### *4.1.9 Grupo 20: Habilitación de tracción*

##### *4.1.10 Grupo 21: Control de velocidad*

##### *4.1.11 Grupo 22: Contactores controladores de velocidad*

##### *4.1.12 Grupo 23: Control de marcha*

##### *4.1.13 Grupo 32: Freno de estacionamiento*

##### *4.1.14 Grupo 33: Freno de emergencia*

##### *4.1.15 Grupo 40: Detección de fuego y humo*

##### *4.1.16 Grupo 41: Lazo de alarma de pasajeros*

##### *4.1.17 Grupo 50: Control de puertas*

##### *4.1.18 Grupo 51: Unidades de control de puertas derecha*

##### *4.1.19 Grupo 52: Unidades de control de puertas izquierda*

- 4.1.20 Grupo 54: Lazo de puertas cerradas*
- 4.1.21 Grupo 60: Control de compresor principal*
- 4.1.22 Grupo 61: Control de compresor auxiliar*
- 4.1.23 Grupo 70: Iluminación exterior*
- 4.1.24 Grupo 71: Iluminación interior*
- 4.1.25 Grupo 72: Iluminación de emergencia*
- 4.1.26 Grupo 75: Climatización*
- 4.1.27 Grupo 90: Sistemas auxiliares*

#### **4.2 Sistema de tracción**

- 4.2.1 Técnica de regulación*
- 4.2.2 Arranque 0*
- 4.2.3 Arranque 1*
- 4.2.4 Arranque 2*
- 4.2.5 Arranque 3*
- 4.2.6 Marcha 4*
- 4.2.7 Marcha 5*
- 4.2.8 Marcha 6*
- 4.2.9 Marcha 7*
- 4.2.10 Marcha 0*
- 4.2.11 Marcha 1*
- 4.2.12 Marcha 2*
- 4.2.13 Marcha 3*

#### **5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

#### **Anexo I. CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA REGULACIÓN DE LOS MOTORES.**

## **1. OBJETO**

El objeto de este proyecto es la modernización de una serie ya fabricada de unidades ferroviarias. Esta consistirá en la sustitución de todos los equipos y/o sistemas que han sido requeridos sustituir o rediseñar por la parte contratante.

Para lograr este objetivo, en esta memoria se contendrán las normas a seguir en el diseño y construcción de las unidades, y las características técnicas de las mismas, recogidas en el pliego de condiciones. Seguidamente se procederá a la realización de los esquemas eléctricos correspondientes a la modernización, describiendo tanto la forma como el contenido de estos.

Finalmente, se recogerán en un presupuesto todas las estimaciones de costes asociados a la producción de esta unidad, desde cero hasta puesta en marcha.

## **2. NORMAS Y REFERENCIAS**

### **2.1. Disposiciones legales y normas aplicadas**

UNE-EN 50123 *Instalaciones fijas. Aparata de corriente continua.*

UNE-EN 50121 *Compatibilidad electromagnética.*

UNE-EN 50125-1 *Condiciones ambientales para el equipo. Material rodante y equipos embarcados.*

UNE-EN 16186 *Cabina del maquinista.*

UNE-EN 50155 *Equipos electrónicos utilizados sobre el material rodante.*

UNE-EN 60077 *Equipos eléctricos para el material rodante.*

UNE-EN 45545 *Protección contra el fuego de vehículos ferroviarios.*

UNE-EN 50343 *Material rodante. Reglas para la instalación del cableado.*

UNE-EN 61386 *Sistemas de tubos para la conducción de cables.*

UNE-HD 60364-5-54 *Selección e instalación de los equipos eléctricos. Puesta a tierra y conductores de protección.*

UNE-EN 50126 *Especificación y demostración de fiabilidad, la disponibilidad, la mantenibilidad y la seguridad (RAMS).*

UNE-EN 50122 *Instalaciones fijas. Seguridad eléctrica, puesta a tierra y circuito de retorno.*

Real Decreto 1826/2009, de 27 de noviembre, por el que se modifica el Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio

IEC 1082-1 *Normalización de los símbolos gráficos y las referencias identificativas.*

### **2.2. Programas de cálculo**

En este proyecto, los cálculos realizados se han llevado a cabo mediante el programa Excel.

### **3. REQUISITOS DE DISEÑO**

Estos requisitos, contenidos en el pliego de condiciones técnicas, estarán presentes en la realización de esquemas eléctricos y diseño de la regulación del sistema de tracción.

#### **3.1. Sistemas sustituidos**

A continuación, se enumerarán y describirán brevemente los sistemas o equipos a modernizar:

##### *3.1.1. Sistema cableado del tren*

El sistema de control cableado consistirá en el conjunto de elementos eléctricos, electrónicos y neumáticos que permiten el mando, control y la seguridad de la unidad, junto con las conexiones eléctricas que los unen.

##### *3.1.2. Sistema de captación y alimentación*

La función de este sistema es conectar la unidad con la red eléctrica externa de alimentación, además de distribuir y transformar esa energía eléctrica para proporcionarla a todos los sistemas del tren.

##### *3.1.3. Sistema de climatización*

Este sistema mantendrá el interior de la unidad en unas condiciones ambientales determinadas.

##### *3.1.4. Pupitre del conductor*

Mediante este equipo se controlará y monitorizará el estado de la unidad.

##### *3.1.5. Sistema de puesta a tierra*

Permitirá a los operarios trabajar de forma segura, descargando todos los equipos electrónicos donde se almacene gran cantidad de energía, como sería el convertidor de potencia, además de asegurar que el sistema de captación y alimentación está desconectado de la red eléctrica.

##### *3.1.6. Sistema de iluminación*

Este sistema proporcionará las condiciones lumínicas necesarias en el interior y exterior de la unidad.

##### *3.1.7. Sistema de producción de aire comprimido*

Su función será producir la cantidad suficiente de aire comprimido para asegurar el correcto funcionamiento de los sistemas neumáticos de la unidad.

### 3.1.8. Sistema de puertas

Este sistema permitirá controlar y monitorizar el estado de puertas, vital para la seguridad del tren.

### 3.2. Características físicas

La unidad ferroviaria estará formada por 3 coches distintos, a los que se les nombrará MA, MB y R. Los coches MA y MB serán tractores, en ellos se realizará el control de la unidad, y R será remolque. A continuación, se muestra una unidad ferroviaria real con la misma composición.



*Ilustración 1. Unidad ferroviaria ejemplo. Serie 213 FGC. 2 automotores y 1 remolque*

La masa de la unidad completa será 85000 kg sin pasajeros y 98650 kg con el pasaje completo, el cual será de un máximo de 70 personas por coche. Su velocidad máxima será 100 km/h.

### 3.3. Funcionamiento de tracción y frenada

Para realizar la tracción, los coches MA y MB dispondrán cada uno de 4 motores serie CC. Estos se regularán mediante la inserción y el cortocircuito de resistencias en el inducido. Exclusivamente para el arranque, se maniobrá para que los inducidos de los motores se conecten en serie 2 a 2.

El grupo motor-bogie-caja de cambios será reutilizado y solo se modernizarán los contactores y resistencias presentes en la regulación del sistema de tracción, por lo que, para diseñar la lógica cableada y seleccionar equipos adecuados utilizados en el control, se tendrán muy en cuenta las características de estos motores, las cuales se detallan a continuación:

| Descripción       | Valor       |
|-------------------|-------------|
| Potencia máxima   | 375 kW      |
| Intensidad máxima | 250 A       |
| Tensión           | 1500V       |
| Rendimiento       | 85%         |
| Velocidad máxima  | 3800 r.p.m. |

*Tabla 1. Características técnicas de los motores de tracción.*

Respecto a la frenada, el esfuerzo de freno se realizará mediante un sistema neumático. Este aplicará y liberará presión en los calipers, los cuales liberarán o bloquearán respectivamente el movimiento de los ejes.



*Ilustración 2. Calipers acoplados a un eje.*

La regulación de velocidad se realizará mediante los manipuladores de tracción y freno. El manipulador de tracción controla la resistencia de inducido de los motores mediante contactores. Esta resistencia se reducirá si se quiere aumentar el esfuerzo de tracción y aumentará en caso de que se quiera reducir la velocidad. El manipulador de freno se utilizará para reducir el tiempo de frenada en el segundo caso.

En caso de que se produzca un fallo y la unidad no pueda traccionar por sí misma, esta deberá ser remolcada, para lo cual se debe inyectar aire comprimido en las tuberías de freno para liberar los calipers. Esto es necesario porque, por seguridad, la lógica cableada debe ordenar el vaciado de las tuberías de freno si la alimentación de catenaria no está disponible.

Para asegurar las condiciones de iluminación y ventilación a los pasajeros se dispondrá de luces de emergencia y un climatizador con inversor interno en cada coche. Esto permitirá que las baterías los puedan alimentar.

### **3.4. Funcionamiento de la alimentación**

La alimentación necesaria para el funcionamiento de la unidad se obtendrá de una línea eléctrica aérea de 1500 V en corriente continua. El vehículo se conectará con esta línea a través de dos pantógrafos, situados en los coches MA y MB, y a su vez, las cargas contenidas dentro de la unidad serán alimentadas a través de dos disyuntores, situados al igual que los pantógrafos, en los coches MA y MB. Además, se instalará un disyuntor adicional en MA, el cual permitirá conectar las dos captaciones de tensión con el objetivo de alimentar la unidad al completo en caso de que algún pantógrafo no funcione correctamente.

Internamente, esta unidad generará una línea trifásica más neutro de 400 V en alterna mediante un convertidor de potencia, el cual se alimentará directamente con 1500 V captados de catenaria. Cada coche MA o MB dispondrá de un convertidor de potencia. Por esto, para equilibrar el consumo, las cargas en alterna del coche R se alimentarán desde el convertidor de potencia del coche MA y las cargas en continua desde el convertidor del coche MB.

En caso de que la unidad se encuentre en taller, esta dispondrá de dos tomas externas, en MA y MB, a través de las cuales se alimentará la red trifásica de todos los coches.

### **3.5. Sistemas adicionales**

#### *3.5.1. Baterías*

En esta unidad habrá dos baterías, situadas en los coches MA y MB. Estas alimentarán a las cargas fundamentales para el arranque y maniobra de la unidad.

#### *3.5.2. Cargadores de Baterías*

La unidad dispondrá de dos cargadores, uno para cada batería. Estos convertidores se alimentarán mediante la línea trifásica generada por el convertidor de potencia y generarán una tensión ligeramente superior a 110V para cargar las baterías y a su vez alimentar todas las cargas en CC.

#### *3.5.3. Compresor Principal*

El compresor principal alimentará los sistemas neumáticos de la unidad y se alimentará mediante la línea trifásica de 400 V en alterna generados por el convertidor. Este dispositivo se situará en el coche MB.

#### *3.5.4. Compresor Auxiliar*

El compresor auxiliar alimentará el circuito neumático que acciona el pantógrafo. Esto será necesario cuando no haya presión suficiente en el mismo para realizar la maniobra de conexión a catenaria. Este dispositivo se alimentará directamente desde batería.

### 3.5.5. Seccionador de puesta a tierra

Este dispositivo conectará aguas arriba y debajo de los disyuntores de los coches MA y MB con la tierra mecánica de la unidad. Esto descargará los equipos electrónicos como los convertidores de potencia para poder realizar sin riesgo el mantenimiento de la unidad.

### 3.5.6. Climatizador

Este equipo se encargará de mantener la temperatura interna y la ventilación del coche dentro de unos márgenes previamente determinados. Cada coche dispondrá de uno de estos equipos, los cuales se alimentarán mediante la línea trifásica generada por el convertidor de potencia.

En caso de que se produzca un fallo, la unidad no sea capaz de traccionar por sí misma y necesite ser remolcada, el equipo será alimentado mediante la batería, para lo cual, el climatizador dispone de un convertidor DC-AC interno. En este caso, solo funcionará para mantener la ventilación de la unidad.

Los niveles de temperatura y humedad requeridos en el interior de los coches se introducirán mediante una pantalla integrada en la interfaz del dispositivo.

## 4. RESULTADOS FINALES

Se aconseja revisar los esquemas eléctricos y el Anexo I Cálculos eléctricos para la regulación del sistema de tracción, al mismo tiempo que los apartados 4.1 y 4.2 de esta memoria.

### 4.1. Elaboración de esquemas eléctricos

A continuación, se elabora una explicación de la forma y funcionamiento de los esquemas eléctricos diseñados para cumplir los requisitos técnicos.

#### 4.1.1. Criterios de representación

La representación de los esquemas eléctricos se realizará siguiendo los siguientes criterios:

##### 4.1.1.1. Numeración de grupos de esquemas

Los esquemas eléctricos estarán divididos en grupos dependiendo de la función que realicen. En la siguiente tabla se desarrolla esta clasificación:

| Grupo | Función                                  |
|-------|------------------------------------------|
| 01    | Captación y Distribución de Alta Tensión |
| 02    | Puesta a Tierra                          |
| 03    | Conexión de Motores de Tracción          |
| 06    | Generación y Distribución de AC          |
| 07    | Generación y Distribución de DC          |

|    |                                          |
|----|------------------------------------------|
| 10 | Control de Encendido                     |
| 12 | Control de Pantógrafos                   |
| 13 | Control de Disyuntores                   |
| 20 | Habilitación de Tracción                 |
| 21 | Control de Velocidad                     |
| 22 | Contactores Controladores de Velocidad   |
| 23 | Control de Marcha                        |
| 32 | Freno de Estacionamiento                 |
| 33 | Freno de Emergencia                      |
| 40 | Detección de Fuego                       |
| 41 | Lazo de Alarma de Pasajeros              |
| 50 | Control de Puertas                       |
| 51 | Unidades de Control de Puertas Derecha   |
| 52 | Unidades de Control de Puertas Izquierda |
| 54 | Lazo de Puertas Cerradas                 |
| 60 | Control de Compresor Principal           |
| 61 | Control de Compresor Auxiliar            |
| 70 | Iluminación Exterior                     |
| 71 | Iluminación Interior                     |
| 72 | Iluminación de Emergencia                |
| 75 | Climatización                            |
| 90 | Sistemas Auxiliares                      |

*Tabla 2. Numeración de grupos eléctricos*

#### *4.1.1.2. Numeración de equipos*

La numeración de equipos se realizará teniendo en cuenta el esquema en el que realice su principal función y la cantidad de equipos del mismo tipo en ese esquema.

El nombre de un equipo estará formado por el grupo en el que realiza su función principal, su letra identificativa (contenida en IEC 1082-1) y un número entre 01 y 99. De esta forma, por ejemplo, el nombre del pantógrafo sería 01X01, donde 01 es el número que identifica al grupo Captación y Distribución de Alta Tensión, X es la letra identificativa para este tipo de equipos según IEC 1082-1 y 01 identifica al pantógrafo dentro de los elementos del mismo tipo que se encuentran en el grupo 01 (en este caso no hay ninguno).

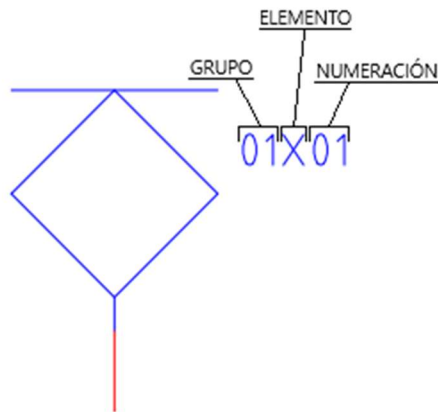


Ilustración 3. Ejemplo de numeración de equipo.

#### 4.1.1.3. Numeración de potenciales

Los potenciales representarán al cableado que se realice de forma continua, es decir, el que no sea interrumpido por ningún elemento. Este etiquetado del cableado permitirá un mantenimiento y una detección de errores mucho más efectiva, además de aportar una mayor claridad a los saltos realizados entre diferentes hojas de esquemas.

Estos potenciales se numerarán en función del grupo y la página en la que se encuentren. Un ejemplo es el potencial 01160, donde 01 es el grupo en el que se encuentra, 1 es la página del grupo y 60 es un número identificativo aleatorio para ese potencial.

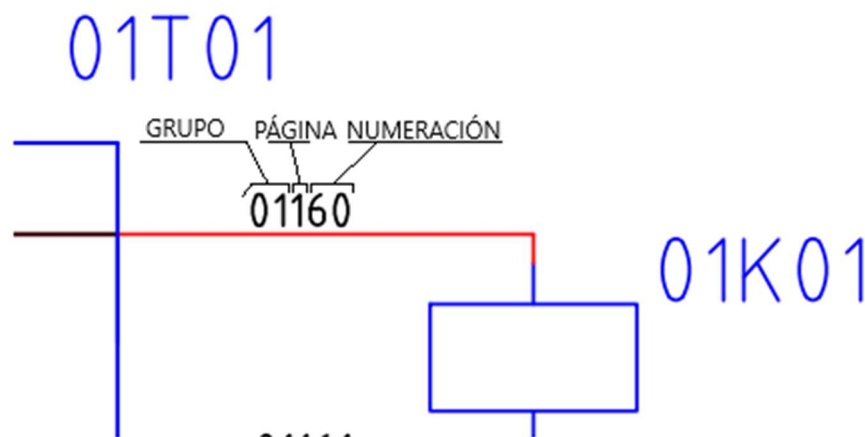


Ilustración 4. Ejemplo de numeración de potencial.

#### 4.1.1.4. Numeración de planos

Los esquemas se numerarán atendiendo a la hoja, el grupo y coche que represente. De este modo, por ejemplo, el esquema que representa la hoja 1 del grupo 01 del coche MA llevará la numeración MA.01.1.

|                                                                |                                                           |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES                        |                                                           |
| una unidad ferroviaria<br>y seguridad<br><br>n de Alta Tensión | Nº PLANO <u>COCHE</u> <u>GRUPO</u> <u>HOJA</u><br>MA:01.1 |
|                                                                | SUSTITUYE A:                                              |
|                                                                | SUSTITUIDO POR:                                           |
|                                                                |                                                           |

Ilustración 5. Ejemplo de numeración de plano.

#### 4.1.1.5. Color de los elementos

Los elementos contenidos en los esquemas serán representados con un color, el cual es determinado por la función del elemento. A continuación, se detalla una tabla con el color y la función correspondiente al mismo.

| Color | Función                                                             |
|-------|---------------------------------------------------------------------|
| Rojo  | Conexión                                                            |
| Negro | Representaciones gráficas, comentarios, elementos sin función, etc. |
| Azul  | Equipos                                                             |

Tabla 3. Color de los elementos

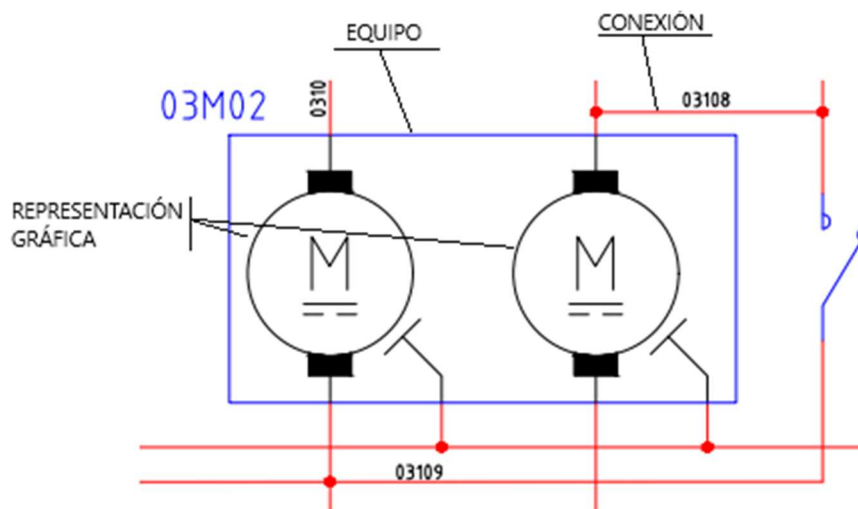


Ilustración 6. Ejemplo de colores de los elementos.

#### 4.1.2. Descripción funcional de los grupos de esquemas

En este apartado se elaborará un desarrollo sobre el funcionamiento básico de todos los esquemas.

##### 4.1.2.1. Grupo 01: Captación y distribución de alta tensión

En este grupo se contienen y representan todas las conexiones y elementos presentes en la captación y en la distribución de alta tensión.

La captación se realizará a través de los pantógrafos (01X01) y se interconectarán en caso necesario a través de 01Q02. Esta tensión, antes de llegar a los disyuntores será sometida a un filtro a través de las inductancias 01L01 y los condensadores 01C01.

Para detectar que hay presencia de tensión se utilizará el conjunto formado por el transformador de medida 01T01 y el relé 01K01. De igual manera, para detectar sobrecorrientes, se utilizará el conjunto formado por el transformador de corriente 01T02 y el relé 01K02.

#### *4.1.2.2. Grupo 02: Puesta a tierra*

Este esquema representa la interconexión entre las tierras eléctricas y las tierras mecánicas de la unidad.

Las tierras eléctricas de la unidad se conectarán a un embarrado, disponible en cada coche. A su vez, cada embarrado será conectado a la tierra mecánica de su coche.

#### *4.1.2.3. Grupo 03: Conexión de motores de tracción*

Estos esquemas representan las conexiones de los motores de tracción con los elementos que permiten su alimentación y regulación.

La alimentación provendrá del disyuntor de la unidad y para la regulación se insertarán y cortocircuitarán las resistencias 03R01-03R22 mediante los contactores 21K01-21K11. Para que esta regulación se pueda realizar, el contactor de alimentación (23K02) debe estar energizado.

La conexión de los motores variará dependiendo del estado del tren (arranque o marcha). Para el arranque, esta conexión dispondrá a los motores en serie 2 a 2, lo cual se conseguirá mediante la energización de los contactores 23K11, 23K13 y 23K15.

En la transición de arranque a marcha, se añadirá una resistencia para cada borna que quedaría en circuito abierto, alargando así, la vida del contactor 23K13. Una vez abierto este contactor, se cerrarán 23K12 y 23K14, cortocircuitando estas resistencias y conectando los motores en paralelo, lo que daría por acabado el proceso de arranque de la unidad.

La regulación de los motores de la unidad se explicará con más detalle en el apartado 6.

#### *4.1.2.4. Grupo 06: Generación y distribución de AC*

En estos esquemas se contiene la generación y la distribución de la red trifásica de 400V en la unidad. De esta red trifásica se alimentarán equipos de climatización, cargadores de batería y compresor principal.

También se representa la toma externa de energía. La red externa e interna se podrán acoplar cuando el contactor 06K01 se energice. Esto ocurrirá cuando se detecte que no hay tensión previamente en la red interna (06K02 desenergizado) y que un enchufe esté acoplado a la toma (potenciales 06210 y 06212 cortocircuitados mediante toma externa. 06K03 energizado).

#### 4.1.2.5. Grupo 07: Generación y distribución de DC

En estos esquemas se contiene la generación y la distribución de la red de corriente continua de 110V en la unidad. De ella se alimentarán los circuitos de control, seguridad e iluminación en modo normal, y la climatización en caso de no disponer de red trifásica.

De esta red se obtendrán los puntos de interrupción:

- 0Vcc: Este punto de interrupción conecta el esquema en cuestión con la referencia de tensión de la red de 110Vcc.
- 110Vcc: Este punto de interrupción conecta el esquema en cuestión con la línea que distribuye los 110V en corriente continua que estarán disponibles cuando se capte tensión de catenaria.
- 110Vcc Perm: Este punto de interrupción conecta el esquema en cuestión con la línea que distribuye los 110V en corriente continua que estarán siempre disponibles, ya que cuando el tren esté conectado a catenaria provendrán del cargador y cuando no se capte tensión, provendrán de batería. Esta línea se utilizará para circuitos de control fundamentales para el arranque de la unidad o modos de emergencia.

#### 4.1.2.6. Grupo 10: Control de encendido

Este grupo representa la lógica de encendido de la unidad. Esta activará la cabina del conductor (10K11 energizado) mediante el conmutador de llave (10S01) siempre que la otra cabina no lo esté (10K02 desenergizado), permitiendo así, el control de ciertos circuitos de mando solo desde esta cabina. Una vez activada la cabina, se encenderá el piloto 10H01.

#### 4.1.2.7. Control de pantógrafos

El control de pantógrafos se realizará mediante el conmutador 12S01, el cual será funcional solo cuando la cabina donde se encuentre este activa (10K01 energizado).

La orden de subir pantógrafo se realizará una vez esté activada la cabina. Se accionará el conmutador 12S01 hasta la posición “Panto arriba” y se energizará el relé 12K01 cuando se cumplan las siguientes consignas:

- Disyuntor del propio coche abierto (13K03 desenergizado).
- Disyuntor del otro coche motor abierto o disyuntor conector de pantógrafos abierto (13K05 desenergizado o 13K09 desenergizado).
- Lazo de freno de emergencia cerrado y energizado (33K01 energizado).

Para bajar el pantógrafo se comprobarán las mismas consignas, aunque también se dispondrá de una orden de bajada automática, la cual se realizará cuando en la cabina activa no se detecte que el lazo de freno de emergencia se encuentre cerrado y energizado.

El estado de los relés 12K01 y 12K02 se enviará a la cabina no activa mediante los puntos de interrupción “Comando Panto Arriba” y “Comando Panto Abajo” y las líneas de tren presentes en los esquemas MA.12.1, R.12.1 y MB.12.1. Esto permitirá subir y bajar todos los pantógrafos de la unidad mediante la acción de un solo conmutador en cabina activa.

La electroválvula biestable solo necesitará de un pulso alto en una de sus bobinas para cambiar su estado y mantenerlo hasta que se energice la otra bobina.

El estado de los pantógrafos se monitorizará mediante los relés 12K03, 12K04, 12K05 y 12K06, los cuales se energizarán mediante los contactos finales de carrera de los pantógrafos. Además, el conductor tendrá a su disposición los pilotos 12H01 y 12H02, los cuales se iluminarán cuando el pantógrafo del mismo coche motor y del opuesto estén levantados, respectivamente.

#### *4.1.2.8. Grupo 13: Control de disyuntores*

El control de disyuntores se realizará mediante el conmutador 13S01, el cual será funcional solo cuando la cabina donde se encuentre este activa (10K01 energizado).

La orden de cerrar disyuntor se realizará una vez esté activada la cabina. Se accionará el conmutador 13S01 hasta la posición “Cerrar Disyuntor” y se energizará el relé 13K01 cuando se cumplan las siguientes consignas:

- Pantógrafo del propio coche arriba (12K04 energizado), o disyuntor conector de pantógrafos cerrado (13K09 energizado) y pantógrafo del otro coche levantado (12K06 energizado).
- Se detecta tensión en circuito de captación (01K01 energizado).
- Lazo de freno de emergencia cerrado y energizado (33K01 energizado).

Para abrir el disyuntor no se comprobará nada, solo será necesario accionar el conmutador 13S01.

Al igual que para los pantógrafos, también se dispondrá de una orden de apertura automática, la cual se realizará cuando en la cabina activa no se detecte que el lazo de freno de emergencia se encuentre cerrado y energizado.

El estado de los relés 13K01 y 13K02 se enviará a la cabina no activa mediante los puntos de interrupción “Comando Disyuntor 1 Cerrado” y “Comando Disyuntor 1 Abierto” y las líneas de tren presentes en los esquemas MA.13.1, R.13.1 y MB.13.1. Esto permitirá abrir y cerrar todos los disyuntores 1 (disyuntores que alimentan la unidad) mediante la acción de un solo conmutador en cabina activa.

El estado de los disyuntores se monitorizará mediante los relés 13K03, 13K04, 13K05 y 13K06, los cuales se energizarán mediante los contactos finales de carrera de los disyuntores.

El control del disyuntor que conecta pantógrafos (disyuntor 2) se realizará mediante el conmutador 13S04. Teniendo en cuenta que este disyuntor se utilizará cuando se detecte algún problema en una de las captaciones, el cierre del mismo estará disponible siempre que el lazo de freno de emergencia se encuentre cerrado y energizado, y la apertura siempre estará disponible, mediante el conmutador o la orden automática de apertura implementada para este dispositivo, al igual que para pantógrafos y disyuntores 1.

El conductor tendrá a su disposición los pilotos 13H01, 13H02 y 13H03, los cuales se iluminarán cuando el disyuntor del propio coche esté cerrado, el disyuntor del otro coche motor esté cerrado y el disyuntor que conecta pantógrafos esté cerrado, respectivamente.

#### *4.1.2.9. Grupo 20: Habilitación de tracción*

Se considerará habilitada la tracción (20K01) cuando el lazo de emergencia se encuentre cerrado y energizado (33K01 energizado), el freno de estacionamiento esté liberado (32K01

energizado) y todas las puertas estén cerradas (54K01). Esta línea de tren se alimentará desde la cabina no activa y energizará al relé 20K01 en cabina activa, el cual permitirá en cabina activa energizar el contactor 23K01, que alimentará los motores con 1500 V.

El conductor dispondrá de un piloto (20H01) que se iluminará cuando la tracción esté habilitada. A partir de ese momento, el conductor puede empezar el proceso de arranque.

#### *4.1.2.10. Grupo 21: Control de velocidad*

El conductor podrá realizar el control de velocidad mediante un manipulador de 8 posiciones (21A01). Las diferentes posiciones cortocircuitarán barras internas del manipulador, lo que permitirá energizar 7 líneas utilizadas para monitorizar su posición.

La alimentación del manipulador se interrumpirá con un relé de activación de cabina (10K01), el cual permitirá que el manipulador solo pueda ser funcional en cabina activa.

#### *4.1.2.11. Grupo 22: Contactores controladores de velocidad*

En estos esquemas se representan los contactores que controlarán las resistencias reguladoras de velocidad. Se alimentarán mediante las líneas de posición de manipulador, provenientes del grupo 21.

Los contactores activados mediante la posición del manipulador dependerán de si la unidad se encuentra en marcha o arranque. Esta secuencia de activación se modificará mediante los relés 21K98 y 21K99.

#### *4.1.2.12. Grupo 23: Control de marcha*

En este grupo se representan los contactores que controlan la conexión de los motores, la cual dependerá del estado de arranque o marcha de la unidad, y la lógica de activación de arranque y marcha.

Los contactores controladores de la conexión de los motores estarán interconectados con sus homólogos en el coche motor opuesto mediante puntos de interrupción y las líneas presentes en los esquemas MA.23.3, R.23.3 y MB.23.3.

La lógica de estos esquemas se explicará con mayor profundidad en el apartado 6.

#### *4.1.2.13. Grupo 32: Freno de estacionamiento*

El freno de estacionamiento será utilizado exclusivamente para inmovilizar la unidad una vez esté parada. Este estará aplicado siempre que no sea liberado mediante el conmutador 32S01, el cual necesita encontrarse en la cabina activa para poder ser operativo. Si este caso se da y es accionado, activará el relé 32K01 y uno de sus contactos alimentará el terminal de la válvula biestable 32Y01, mientras que otro desenergizará la bobina de la misma válvula que aplica freno de estacionamiento.

El conductor dispondrá del piloto 32H01, el cual indicará que el freno de estacionamiento está liberado.

#### *4.1.2.14. Grupo 33: Freno de emergencia*

El freno de emergencia se aplicará en cualquiera de los casos en los que no se cumplan las condiciones de seguridad, las cuales son:

- Seta de emergencia (33S01) de pupitre accionada en alguna de las cabinas.
- Se detecta fuego o humo en cualquiera de los coches (40K01 desenergizado).
- Alguno de los tiradores de emergencia de los pasajeros accionado (41K01 desenergizado).
- Sobrecorriente detectada en alguna captación (01K02 energizado).

Si una o más de estas condiciones se cumple, el lazo de emergencia se abrirá, el relé 33K01 se desenergizará, e interrumpirá muchas de las operaciones fundamentales de la unidad (captación de tensión, alimentación de motores, etc.) además de aplicar freno de emergencia mediante la válvula biestable 33Y01.

El conductor dispondrá del piloto 33H01, el cual indicará que el freno de emergencia está liberado.

#### *4.1.2.15. Grupo 40: Detección de fuego y humo*

La detección de fuego y humo se realizará mediante los detectores 40A01 y 40A02, los cuales no interrumpirán la señal que reciben en IN y la cortocircuitaran con su terminal OUT cuando no detecten presencia de fuego o humo. Esto hará que el relé 40K01 esté energizado cuando se cumpla esta condición de seguridad.

#### *4.1.2.16. Grupo 41: Lazo de alarma de pasajeros*

El lazo de alarma de pasajeros permitirá detectar cuándo uno de los tiradores de alarma disponibles en cualquier coche es accionado. Mediante esta acción se interrumpirá el lazo y se activará la situación de emergencia.

#### *4.1.2.17. Grupo 50: Control de puertas*

Este grupo representa la lógica de control de puertas.

Las unidades de control de puertas dispondrán de dos entradas, mediante las cuales podremos controlar el cierre y la apertura de las puertas que controlan.

Para el control de puertas se utilizarán tres relés (50K01, 50K02 y 50K03), los cuales energizarán las líneas de apertura de puertas a la izquierda, apertura de puertas a la derecha y cierre de puertas.

Los relés serán energizados mediante los pulsadores 50S01 y 50S02 (Apertura de puertas a la derecha), 50S04 y 50S05 (Apertura de puertas a la izquierda), y 50S03 (Cierre de puertas). La lógica cableada dispuesta en este esquema no permitirá en ningún caso la apertura de puertas a la vez se está ordenando el cierre de las mismas.

#### *4.1.2.18. Grupo 51: Unidades de control de puertas derecha*

En estos esquemas se representa la alimentación de la electrónica de las unidades de control de puertas a la derecha, además de la señal cableada que alimentará el relé 51K01. Esta señal cableada será interrumpida por los contactos normalmente cerrados que contienen

las unidades de control de puertas cuando alguna de las puertas que controlan se abra, por lo que 51K01 energizado representaría que todas las puertas controladas por 51A01 o 51A02 están cerradas.

#### *4.1.2.19. Grupo 52: Unidades de control de puertas izquierda*

Este esquema tendría la misma función que el anterior, pero referido a las unidades de control de puertas a la izquierda.

#### *4.1.2.20. Grupo 54: Lazo de puertas cerradas*

En este grupo se representa el lazo de puertas, el cual se encontrará cerrado cuando ninguna de las puertas se encuentre abiertas y, además, no se esté ordenando la apertura. Esto se monitorizará para su introducción en la lógica de habilitación de tracción mediante el relé 54K01, que estará energizado cuando todas las condiciones se cumplan para que el lazo de puertas esté cerrado.

#### *4.1.2.21. Grupo 60: Control de compresor principal*

El compresor principal será controlado mediante el contactor 60K01. Este se energizará cuando el conmutador de pupitre 60S02 esté accionado (Compresor Principal Modo Automático) y el presostato 60S01 detecte que en la tubería principal de aire comprimido hay menos de 7,5bar. Una vez se detecte esta presión, el presostato no abrirá su contacto hasta que la presión de la tubería llegue hasta 10bar.

#### *4.1.2.22. Grupo 61: Control de compresor auxiliar*

Este compresor funcionará cuando se requiera la subida del pantógrafo y no exista suficiente presión en su tubería de aire comprimido para realizarla.

El moto-compresor de corriente continua será controlado mediante el contactor 61K01, el cual se activará cuando se demande subida del pantógrafo (12K01 activado), no se detecte pantógrafo arriba (12K04 desenergizado) y la presión de la tubería neumática del mismo sea inferior a 6bar.

#### *4.1.2.23. Grupo 70: Iluminación exterior*

La iluminación exterior constará de cuatro luces de posición exteriores, dos delanteras (70H01 y 70H02) y dos traseras (70H04 y 70H05), y una luz de mayor potencia para la iluminación de la vía (70H03).

Las luces de posición delanteras serán activadas por el conmutador de pupitre 70S02 y las traseras por su homónimo en el otro coche motor.

La luz de mayor potencia será activada por el conmutador 70S01.

#### *4.1.2.24. Grupo 71: Iluminación interior*

En este esquema se representa la conexión y la distribución de las lámparas que iluminan el departamento de pasajeros y conductor.

La activación de la iluminación de cabina será realizada por el conductor y se conseguirá mediante los relés 71K01 en los coches motor. Este relé solo se podrá activar mediante el conmutador 71S01 de la propia cabina.

La activación de la iluminación para los pasajeros se activará mediante el relé 71K02 en los coches motor y mediante el relé 71K02 o 71K03 en el coche remolque, siendo 71K02 activado desde MA y 71K03 desde MB.

#### *4.1.2.25. Grupo 72: Iluminación de emergencia*

La activación de la iluminación de emergencia funcionará igual que la iluminación del grupo anterior, con la diferencia de que la de las cabinas se podrá activar desde la cabina opuesta.

#### *4.1.2.26. Grupo 75: Climatización*

En este grupo se representan las conexiones y el control de las máquinas climatizadoras instaladas en todos los coches.

En un modo normal, con alimentación desde catenaria, los climatizadores (75A01) se alimentarán desde la línea trifásica.

Cuando no se disponga de tensión de catenaria, los climatizadores podrán seguir encendidos, pero alimentados desde baterías.

La orden de encendido se realizará mediante los conmutadores 75S01, siendo necesario que la orden se realice desde cabina activa. Esta activará todos los climatizadores de la unidad.

#### *4.1.2.27. Grupo 90: Sistemas auxiliares*

En este grupo se incluirán los esquemas de sistemas auxiliares incluidos en la unidad.

En este caso, se contendrá en este grupo solo al sistema de prueba de pilotos, el cual permitirá comprobar si estos funcionan correctamente. Para esto, a todos estos indicadores se les añade una alimentación proveniente de este grupo, la cual se activará mediante el conmutador 90S01.

### **4.2. Sistema de tracción**

El sistema de tracción de la unidad estará formado por:

- Manipulador: Permitirá al conductor variar el esfuerzo de tracción aplicado.
- Contactores: Los contactores permitirán realizar la regulación del esfuerzo de tracción dependiendo de la posición del manipulador, modificando la cantidad de resistencias añadidas o la conexión de los motores.
- Resistencias: Junto a los contactores, realizarán la regulación de la resistencia en serie con el inducido de los motores de tracción
- Motores: Los motores de los que dispondrá esta unidad serán de corriente continua con escobillas y excitación serie, elegidos así para aportar un gran par desde el arranque.

#### *4.2.1. Técnica de regulación*

La técnica de regulación del sistema de tracción se encuentra contenido en los grupos 03, 21, 22 y 23 de esquemas y las fases se han dividido según se ha realizado en el anexo de cálculos.

La tracción se dividirá en 8 fases:

##### *4.2.1.1. Arranque 0*

Antes de iniciar la marcha, la cabina debe estar activa y el manipulador tiene que encontrarse en la posición “0”.

Para que la tracción esté disponible, el relé 20K01 (tracción habilitada) debe estar energizado. Una vez habilitada la tracción, se mostrará en pupitre mediante el piloto 20H01 que es posible arrancar, por lo que el conductor ya puede accionar el pulsador 23S01 (Tracción), el cual se iluminará mientras la tracción esté activada y alimentará los relés 23K01 (Activación de tracción) de los dos coches motor. Este relé, a su vez, alimentará los contactores 23K02 de ambos coches motor, alimentando la regulación de los motores con 1500V, y también al relé 23K99. Este último dispondrá la conexión de los contactores controladores de velocidad en modo “Arranque”.

Mientras la secuencia anterior se produce, simultáneamente, una vez se activa el relé 23K01, se energizan los contactores 23K11, 23K13 y 23K15 de ambos coches motores, los cuales dispondrán a los motores de la unidad en serie 2 a 2.

##### *4.2.1.2. Arranque 1*

Una vez los motores se conectan en serie 2 a 2 y la unidad adquiere velocidad, el conductor puede mover el manipulador a la posición “1”. En la fase de arranque, esta posición energizará los contactores 21K01, 21K02, 21K03 y 21K04, cortocircuitando 4 resistencias.

##### *4.2.1.3. Arranque 2*

El manipulador se mueve a la posición “2”, se energizan los contactores 21K05, 21K06, 21K07 y 21K08, y se cortocircuitan 4 resistencias más.

##### *4.2.1.4. Arranque 3*

El manipulador se mueve a la posición “3”, se energizan los contactores 21K09, 21K10, y 21K11, y todas las resistencias quedan cortocircuitadas.

##### *4.2.1.5. Marcha 4*

Cuando en la fase de arranque se pasa de la posición “3” a la “4”, la conexión de los motores cambia de serie a paralelo de la siguiente forma:

- El relé 23K98 (Marcha) queda energizado y restroalimentado por un contacto propio hasta que se libere el pulsador 23S01 (Tracción).
- Interrumpe la alimentación del relé de arranque (23K99)

- Los contactores controladores de velocidad se disponen para la regulación de marcha.
- Se energizan los relés 23K16 y 23K17, los cuales permiten que el circuito no se quede abierto insertando resistencias en paralelo con las bornas que lo necesitan. Instantes más tarde se desenergiza el relé 23K13 y la conexión serie se deshace.
- Contactos normalmente cerrados del contactor 23K13 permiten que los contactores 23K12 y 23K14 queden alimentados a través de 23K98. Esto cortocircuitará las resistencias añadidas en el paso anterior y se completará el cambio a conexión en paralelo de los motores de la unidad.
- Para terminar la secuencia, contactos normalmente cerrados de los contactores 23K12 y 23K14 desenergizan los contactores 23K16 y 23K17, abriendo el circuito que incluía las resistencias añadidas en el paso 4.

Al final de esta fase, los motores quedan conectados en paralelo, se cortocircuitan 6 de las resistencias en serie conectadas a ellos.

Una vez alcanzada esta fase, la conexión de los motores será paralelo hasta que se libere el pulsador 23S01 (Tracción). Esto será recomendable siempre que la unidad realice paradas, ya que esta técnica de regulación permitirá alargar la vida útil del sistema de tracción reduciendo las intensidades absorbidas por el mismo en el arranque.

#### *4.2.1.6. Marcha 5*

El manipulador se mueve a la posición “5”, se energizan los contactores 21K07 y 21K08, y quedan cortocircuitadas 8 resistencias.

#### *4.2.1.7. Marcha 6*

El manipulador se mueve a la posición “6”, se energizan los contactores 21K09 y 21K10, y quedan cortocircuitadas 10 resistencias.

#### *4.2.1.8. Marcha 7*

El manipulador se mueve a la posición “7”, se energiza el contactor 21K11 y quedan cortocircuitadas todas las resistencias.

Las fases de marcha 0, 1, 2, o 3 se establecerán cuando, una vez la unidad alcanza la marcha, el conductor establece las posiciones 0, 1, 2 o 3 del manipulador:

#### *4.2.1.9. Marcha 0*

El manipulador se encuentra en la posición “0”, y no se cortocircuita ninguna resistencia.

#### *4.2.1.10. Marcha 1*

El manipulador se encuentra en la posición “1”, se energiza el contactor 21K01 y queda cortocircuitada 1 resistencia.

#### *4.2.1.11. Marcha 2*

El manipulador se encuentra en la posición “2”, se energizan los contactores 21K02 y 21K03, y quedan cortocircuitadas 3 resistencias.

#### 4.2.1.12. *Marcha 3*

El manipulador se encuentra en la posición “3”, se energiza el contactor 21K04, y quedan cortocircuitadas 4 resistencias.

### 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Vergez-Larrouy, J. P. (2008). FGC Serie 213. Ferropedia. Recuperado de <http://www.ferropedia.es/mediawiki/index.php/Archivo:FGC213-17M8JPVL.JPG>

IC225 and Class 91 commissioning. (s.f.). Recuperado de [http://www.traintesting.com/ic225\\_6.htm](http://www.traintesting.com/ic225_6.htm)

Normas UNE: Base de Datos Universidad de Jaén. AENOR.

Boletín Oficial del Estado [BOE] (2009). *Real Decreto 1826/2009, de 27 de noviembre, por el que se modifica el Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio.* Recuperado de: <https://www.boe.es/boe/dias/2009/12/11/pdfs/BOE-A-2009-19915.pdf>

## **PLIEGO TÉCNICO**

Este documento contendrá los artículos con las condiciones técnicas acordadas por la parte contratante y contratada. Ambas se acogerán a los mismos para el diseño, fabricación y prueba de la unidad ferroviaria.

*Artículo 1.* El proyecto técnico al que este pliego técnico refiere consistirá en la modernización de 10 unidades ferroviarias, de las cuales permanecerán presentes en las unidades modernizadas, el chasis, el grupo motor-bogie-caja de cambios y el sistema neumático, siendo posible modificar este último en caso de que los nuevos equipos utilizados en la modernización lo requieran.

El principal sistema a modificar será el de mando, control y seguridad, cuyo objetivo será conectar la funcionalidad previa de los equipos mantenidos en la unidad con la de los nuevos equipos y sistemas. Además, deberá ser capaz de realizar una regulación del sistema de tracción eficaz, la cual permita alargar la vida del mismo y cumplir con lo dispuesto en el *Artículo 6*.

*Artículo 2.* La unidad ferroviaria en cuestión estará compuesta por 3 coches, de los cuales, al menos dos de ellos, serán capaces de realizar esfuerzo de tracción.

*Artículo 3.* La unidad ferroviaria será capaz de transportar personas, es decir, su diseño se deberá adecuar a la normativa que permita la homologación para tal fin en territorio nacional.

*Artículo 4.* La capacidad mínima de pasajeros que será capaz de transportar la unidad ferroviaria será de 150 personas.

*Artículo 5.* Todos los sistemas introducidos en la unidad cumplirán con la norma UNE-EN 50126 *Especificación y demostración de fiabilidad, la disponibilidad, la mantenibilidad y la seguridad (RAMS)*.

*Artículo 6.* El sistema de captación será diseñado para la alimentación de la unidad al completo y estar previsto para detectar, mitigar y soportar sobretensiones y sobreintensidades. Además, su diseño se adaptará a las condiciones eléctricas y mecánicas de la catenaria.

*Artículo 7.* El sistema de tracción de la unidad ha de ser capaz de propulsar a la unidad correctamente en la condición más desfavorable para la misma. Esta será un tramo de vía con una pendiente de 5,2 grados, todo el pasaje completo y velocidad máxima de 100 km/h.

*Artículo 8.* La cabina y el pupitre del conductor estarán diseñadas de acuerdo a la normativa sobre visibilidad y distribución de elementos en cabina UNE-EN 16186 *Cabina del maquinista*.

En el pupitre se encontrarán todos los pilotos, indicadores y actuadores necesarios para la correcta maniobrabilidad de la unidad.

*Artículo 9.* La unidad tendrá la capacidad de modificar la temperatura y humedad del interior de los compartimentos, y estas variables deben poder ser introducidas por un operario, con el fin de seguir la normativa de temperatura y humedad interior para lugares de pública concurrencia, definida en el Real Decreto 1826/2009, de 27 de noviembre, por

el que se modifica el Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio.

Los dispositivos de climatización serán diseñados con un coeficiente de seguridad del 15%, atendiendo de esta manera a posibles ampliaciones o mejoras de la unidad.

*Artículo 10.* El sistema de puertas tendrá la capacidad de ser controlado y monitorizado mediante conexiones eléctricas. La apertura y cierre se realizará mediante aire comprimido, utilizando la instalación neumática ya disponible, aunque también estará disponible la apertura con un accionamiento mecánico en caso de emergencia.

*Artículo 11.* Existirá un sistema de detección y protección contra fuego y humo, el cual se debe diseñar siguiendo la normativa UNE-EN 45545 *Protección contra el fuego de vehículos ferroviarios*.

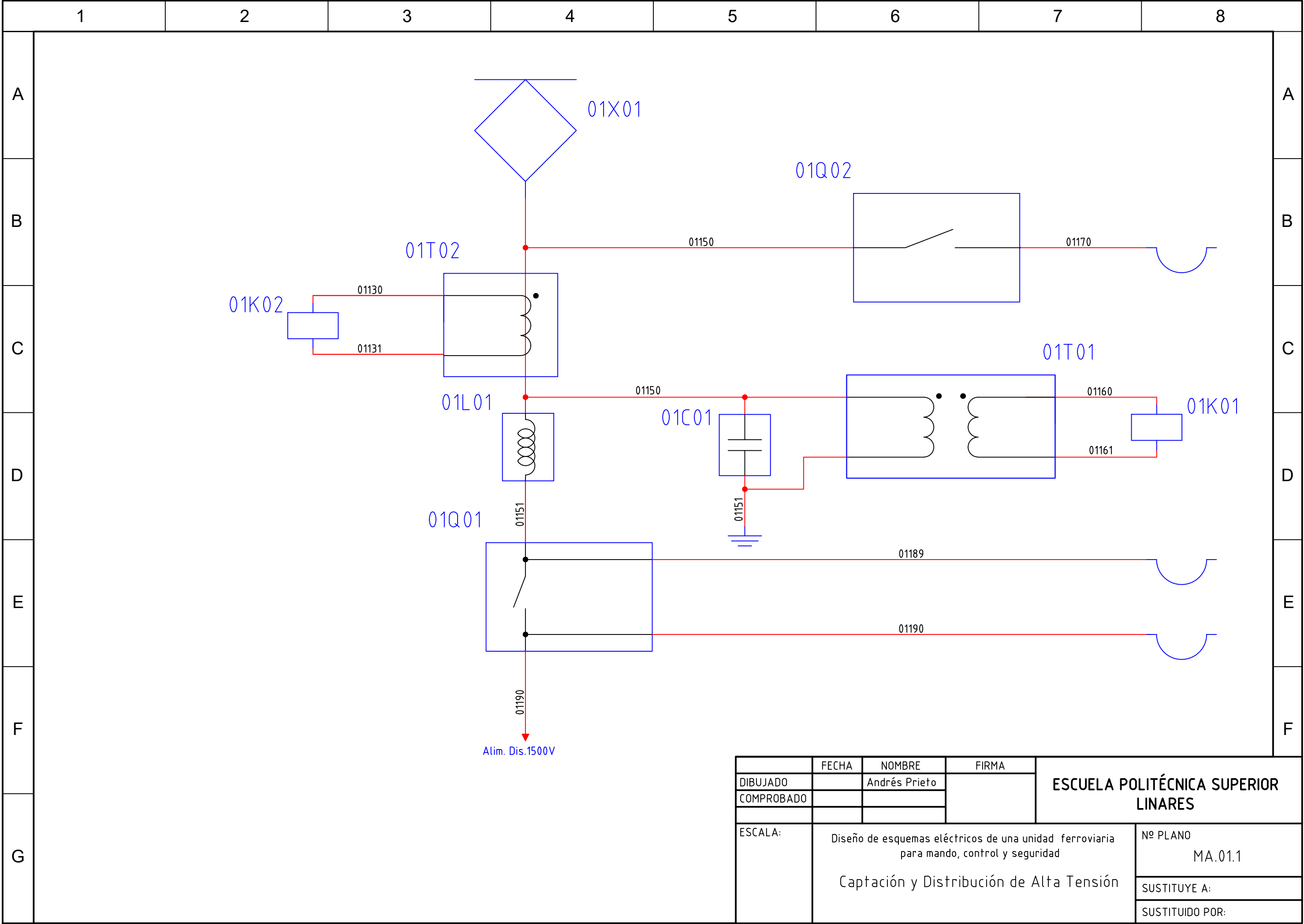
*Artículo 12.* La unidad contará con un sistema de actuadores de alarma repartidos por los departamentos de pasajeros y en el pupitre del conductor. Estos serán capaces de establecer la situación de emergencia de forma instantánea.

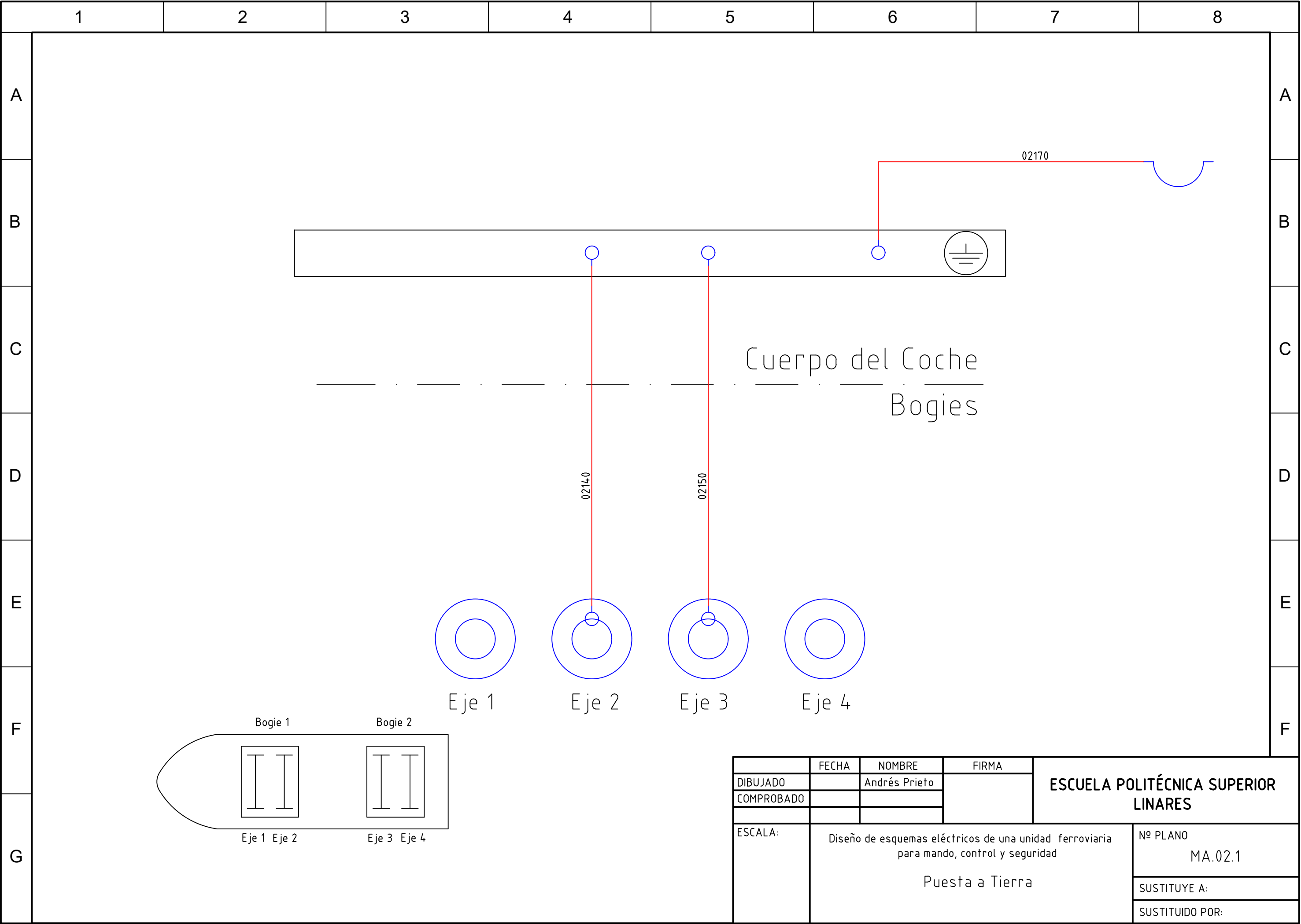
*Artículo 13.* La instalación eléctrica de la unidad se realizará siguiendo las normas UNE-EN 50122 *Instalaciones fijas. Seguridad eléctrica, puesta a tierra y circuito de retorno* UNE-EN 50343 *Material rodante. Reglas para la instalación del cableado*, UNE-EN 50123 *Instalaciones fijas. Aparataje de corriente continua*, UNE-EN 61386 *Sistemas de tubos para la conducción de cables*.

*Artículo 14.* Los equipos introducidos en la unidad que contengan elementos eléctricos o electrónicos cumplirán las normativas UNE-EN 50121 *Compatibilidad electromagnética*, UNE-EN 50125-1 *Condiciones ambientales para el equipo. Material rodante y equipos embarcados*, UNE-EN 50155 *Equipos electrónicos utilizados sobre el material rodante*, UNE-HD 60364-5-54 *Selección e instalación de los equipos eléctricos. Puesta a tierra y conductores de protección*.

*Artículo 15.* Los esquemas eléctricos seguirán la normativa IEC 1082-1 para la representación de elementos eléctricos.

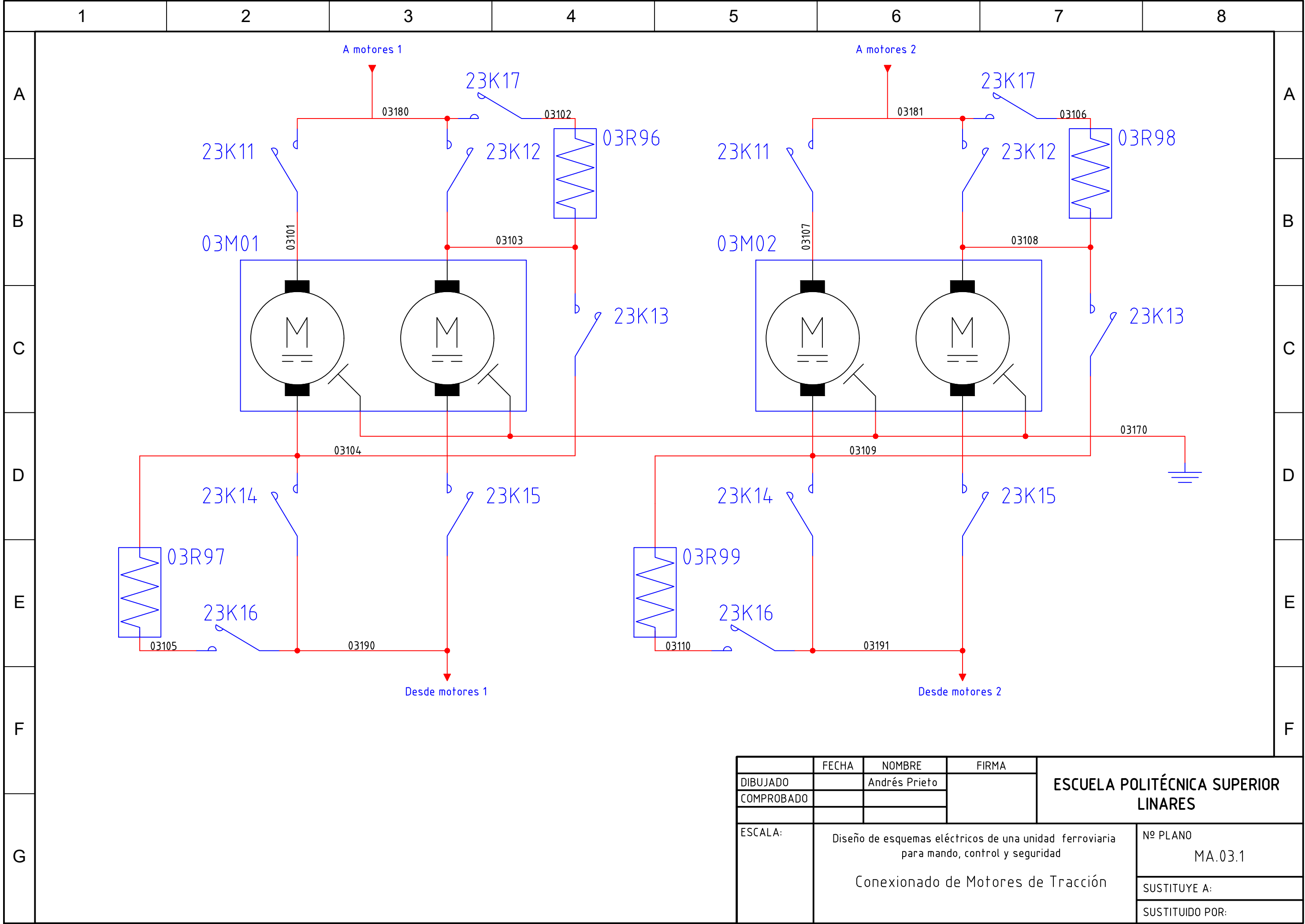
## **PLANOS**

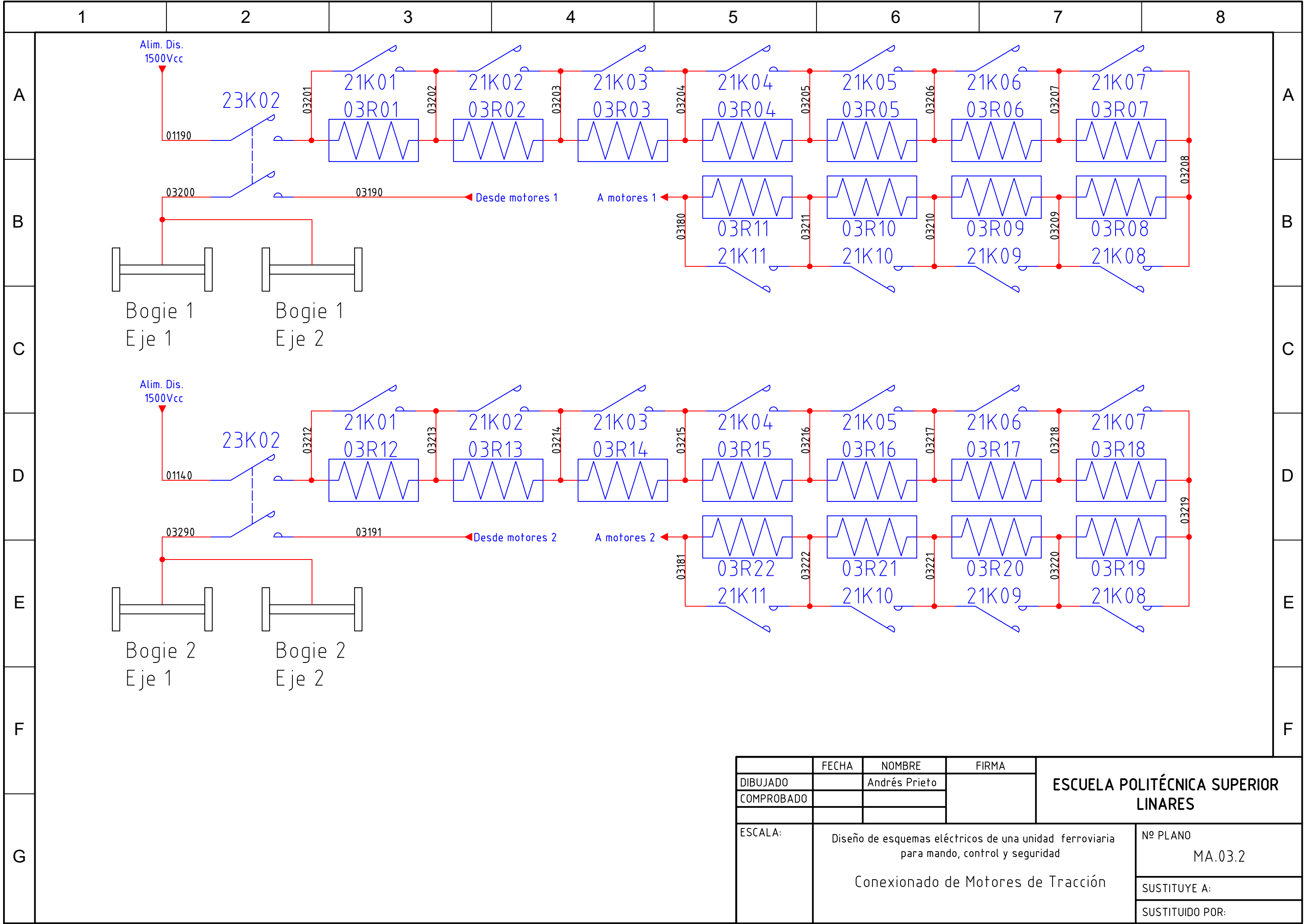




CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

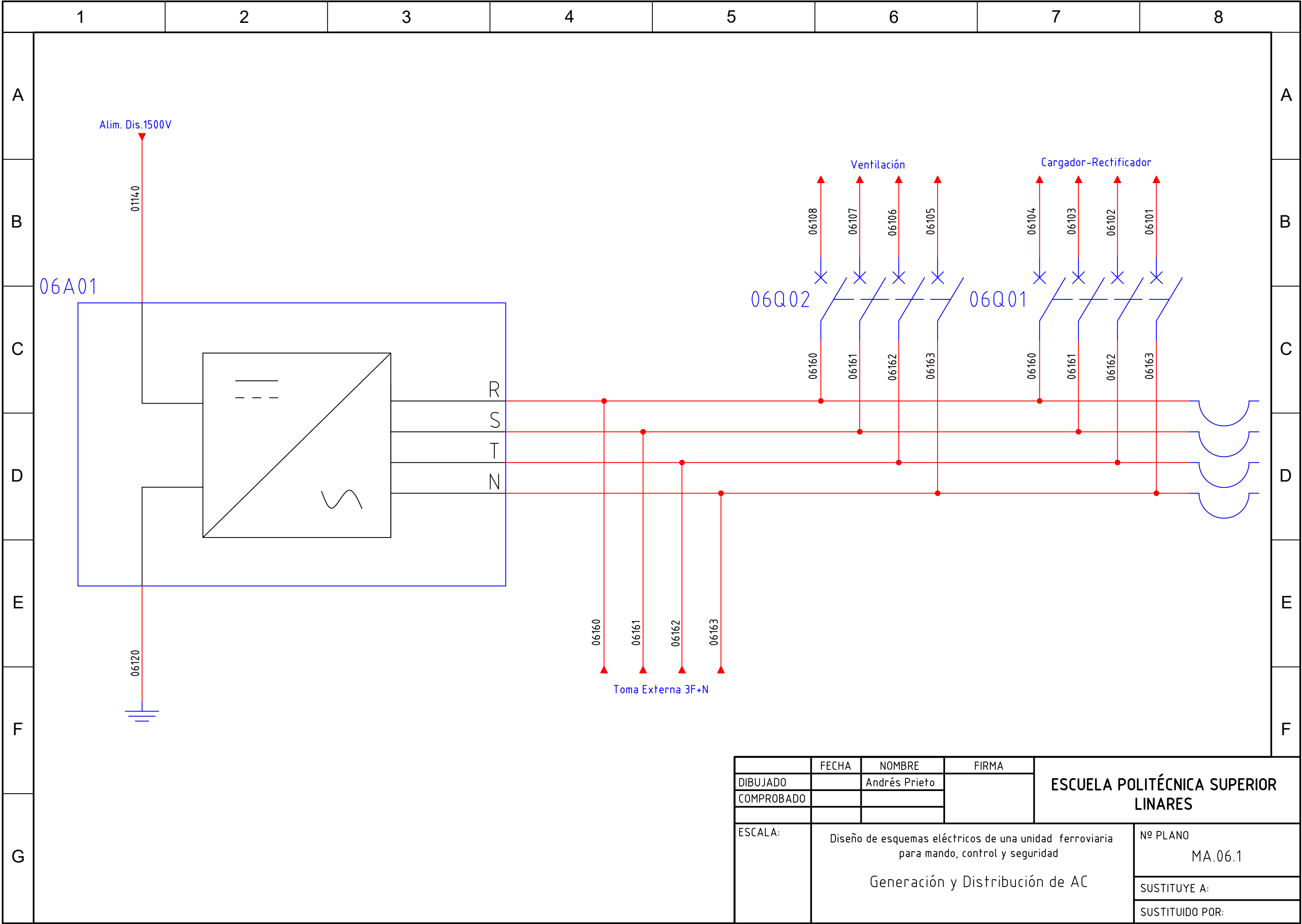
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

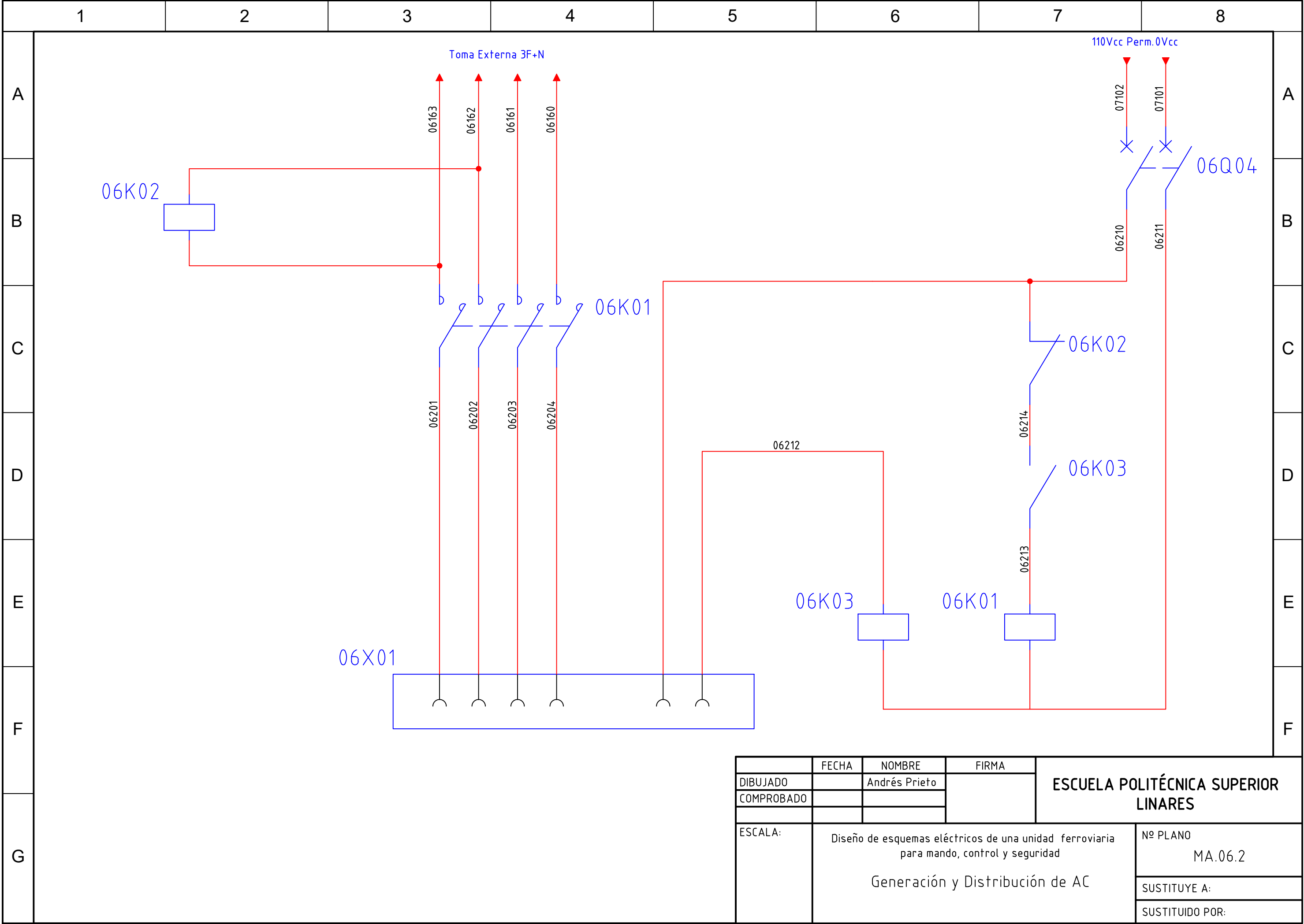




CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

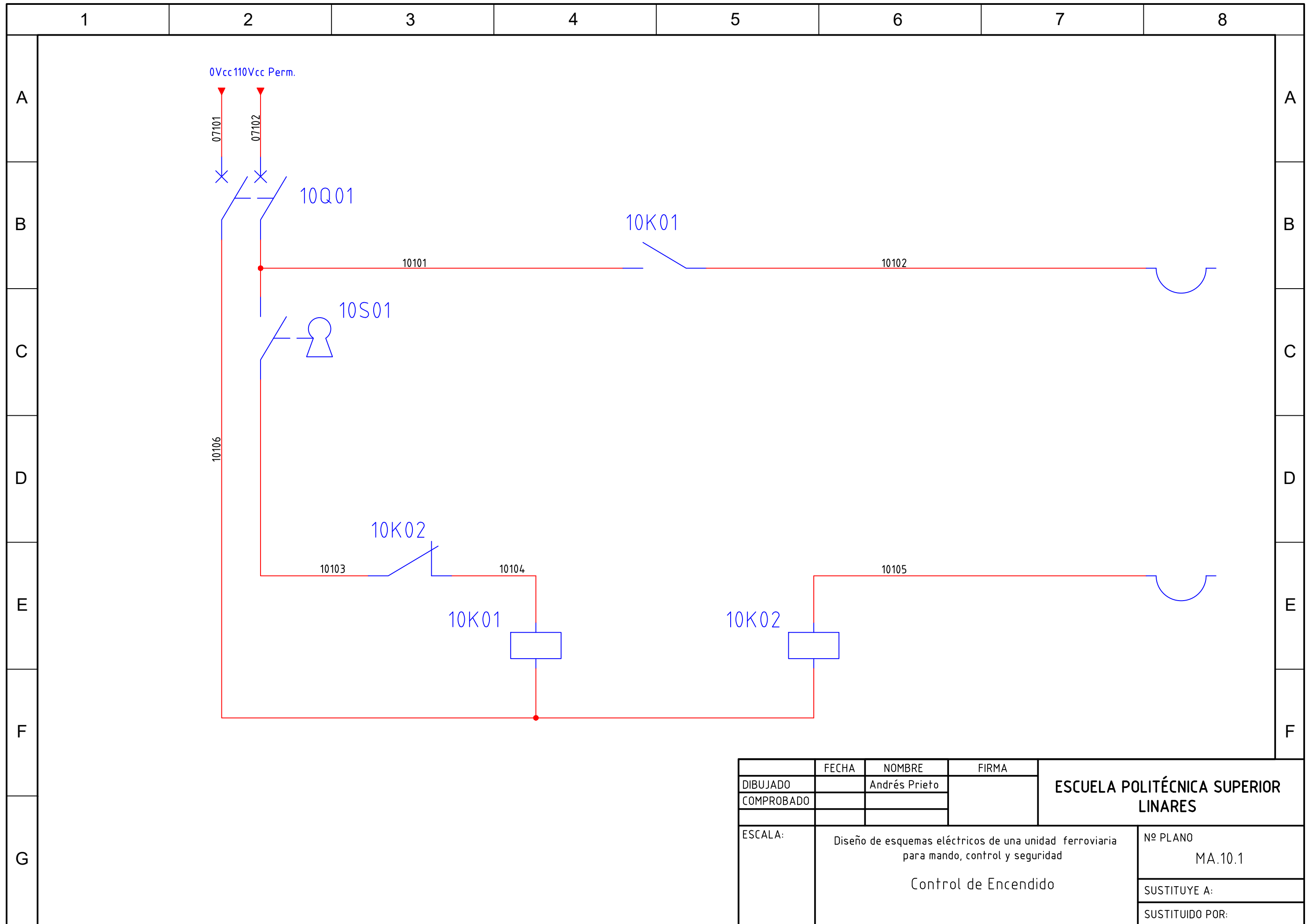


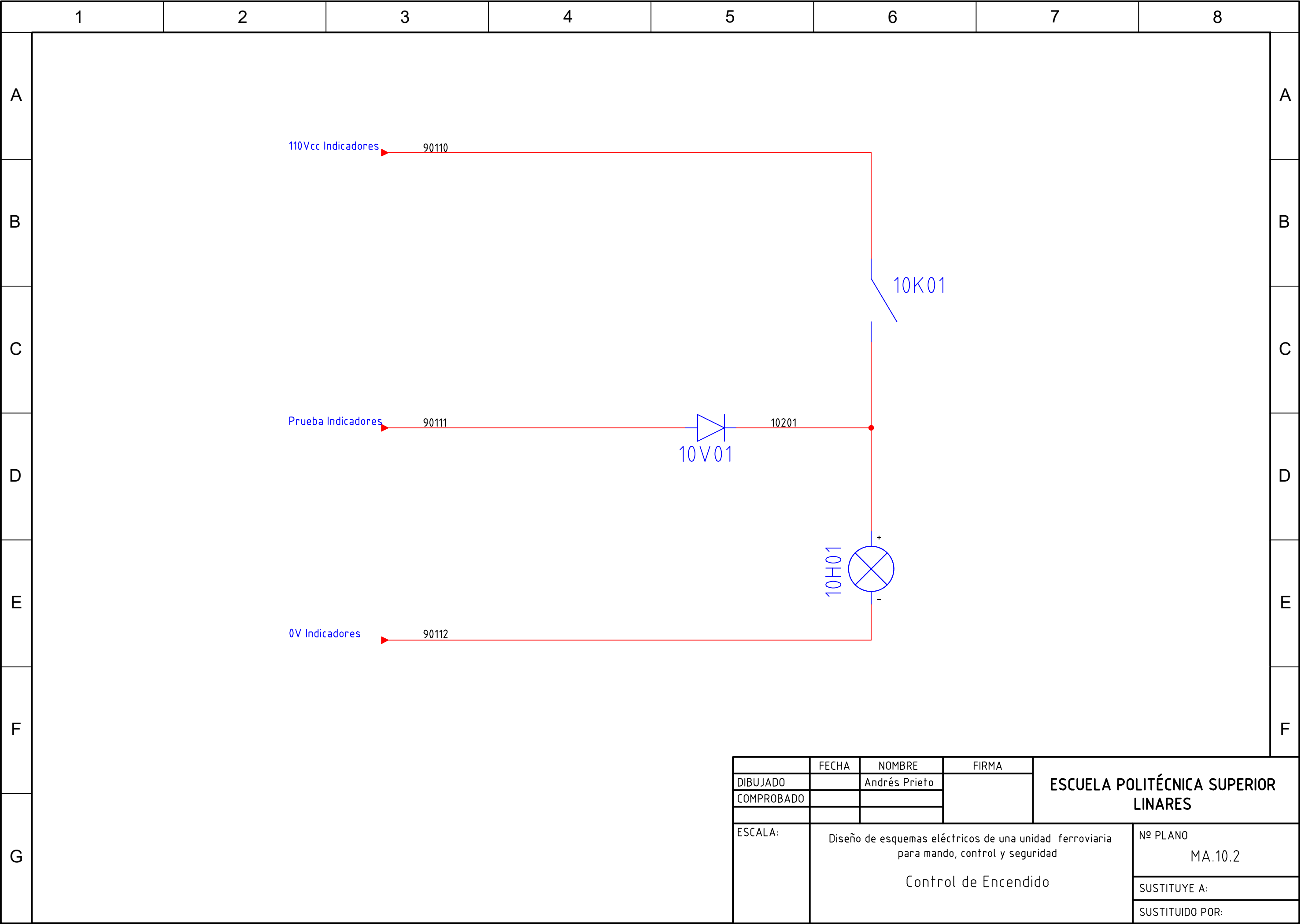


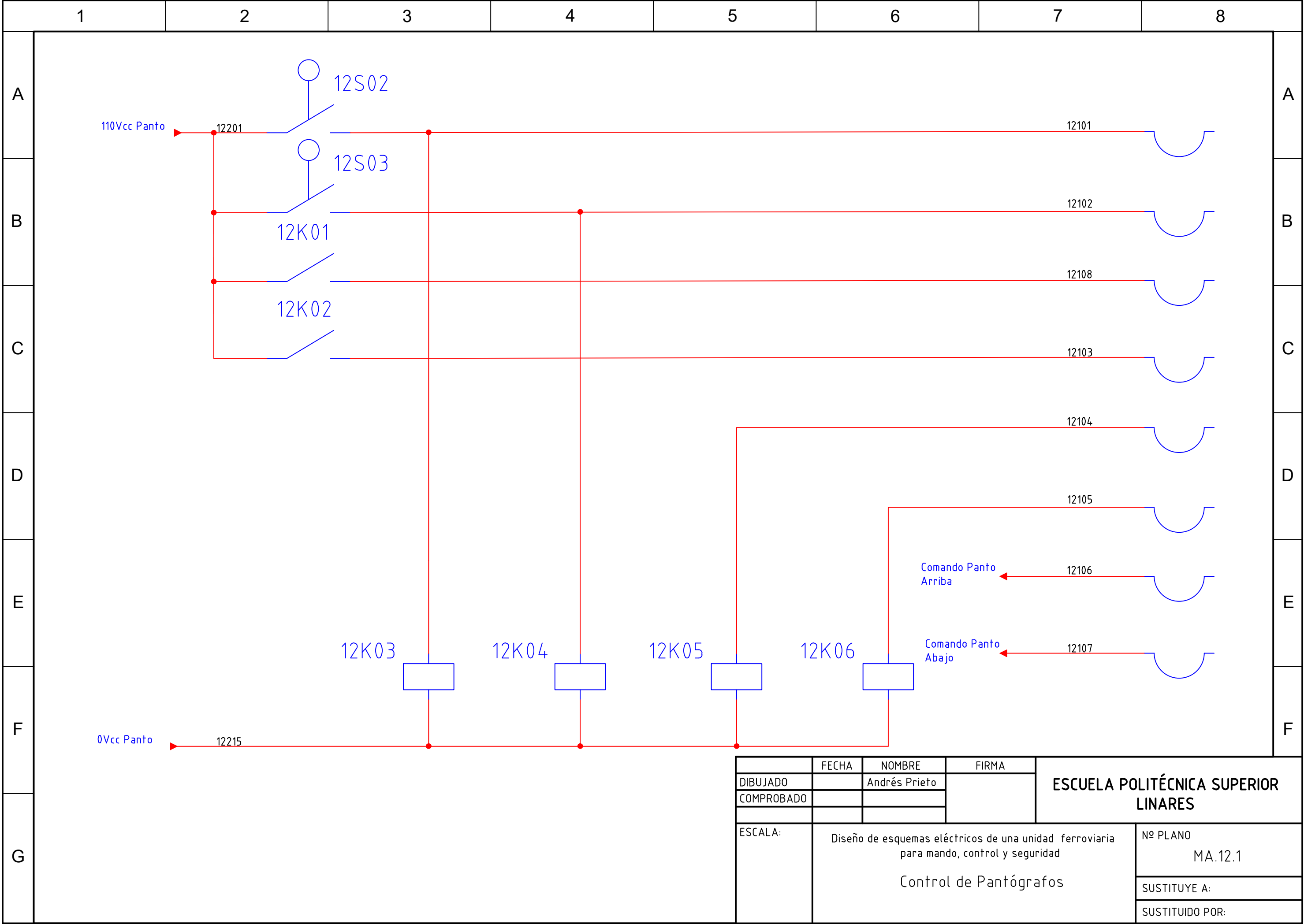
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

|            |                                                                                                                                   |               |       |                                         |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------|-----------------------------------------|
|            | FECHA                                                                                                                             | NOMBRE        | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES |
| DIBUJADO   |                                                                                                                                   | Andrés Prieto |       |                                         |
| COMPROBADO |                                                                                                                                   |               |       |                                         |
|            |                                                                                                                                   |               |       |                                         |
| ESCALA:    | Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria<br>para mando, control y seguridad<br><br>Generación y Distribución de DC |               |       | Nº PLANO<br>MA.07.1                     |
|            |                                                                                                                                   |               |       | SUSTITUYE A:                            |
|            |                                                                                                                                   |               |       | SUSTITUIDO POR:                         |

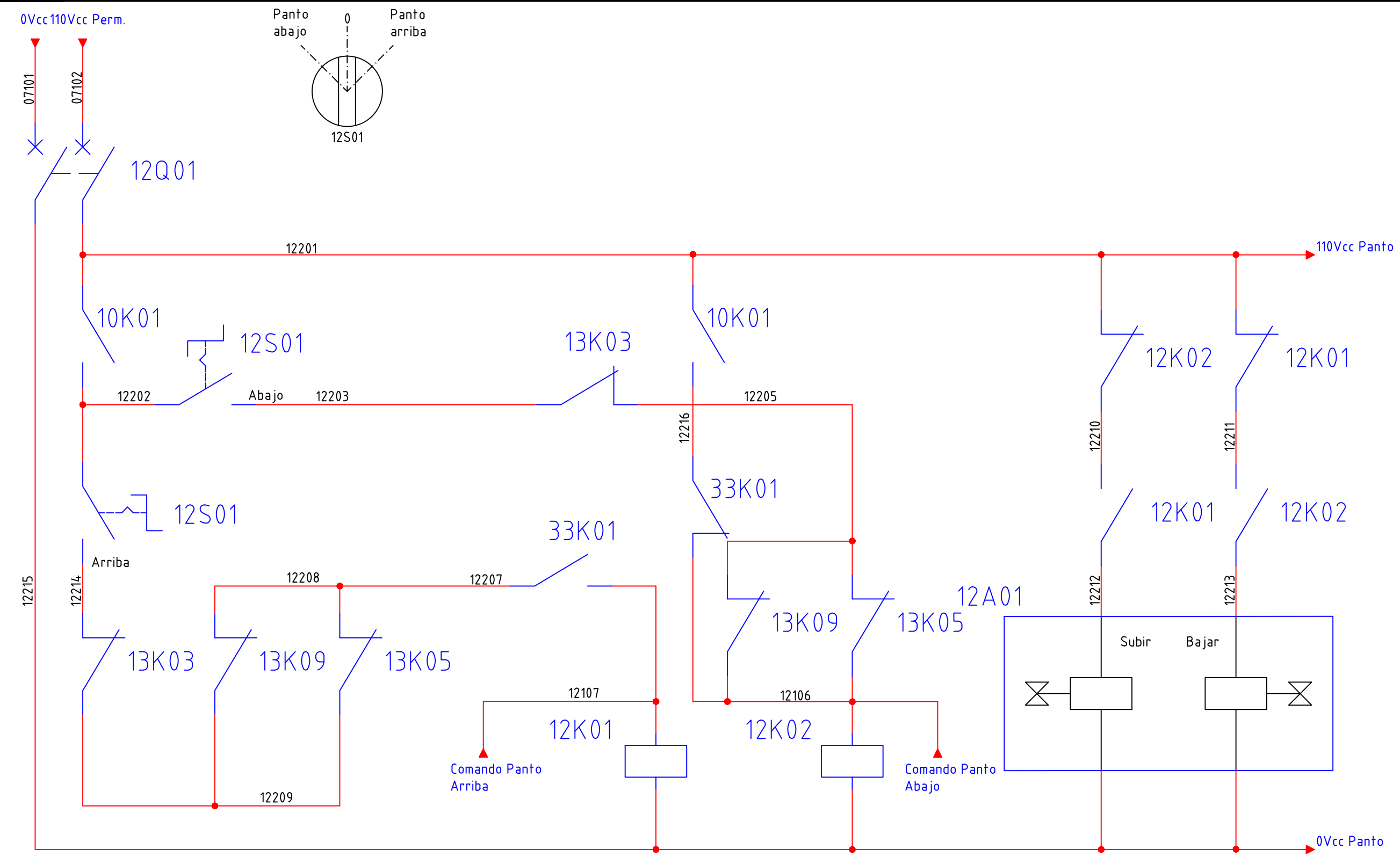






CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

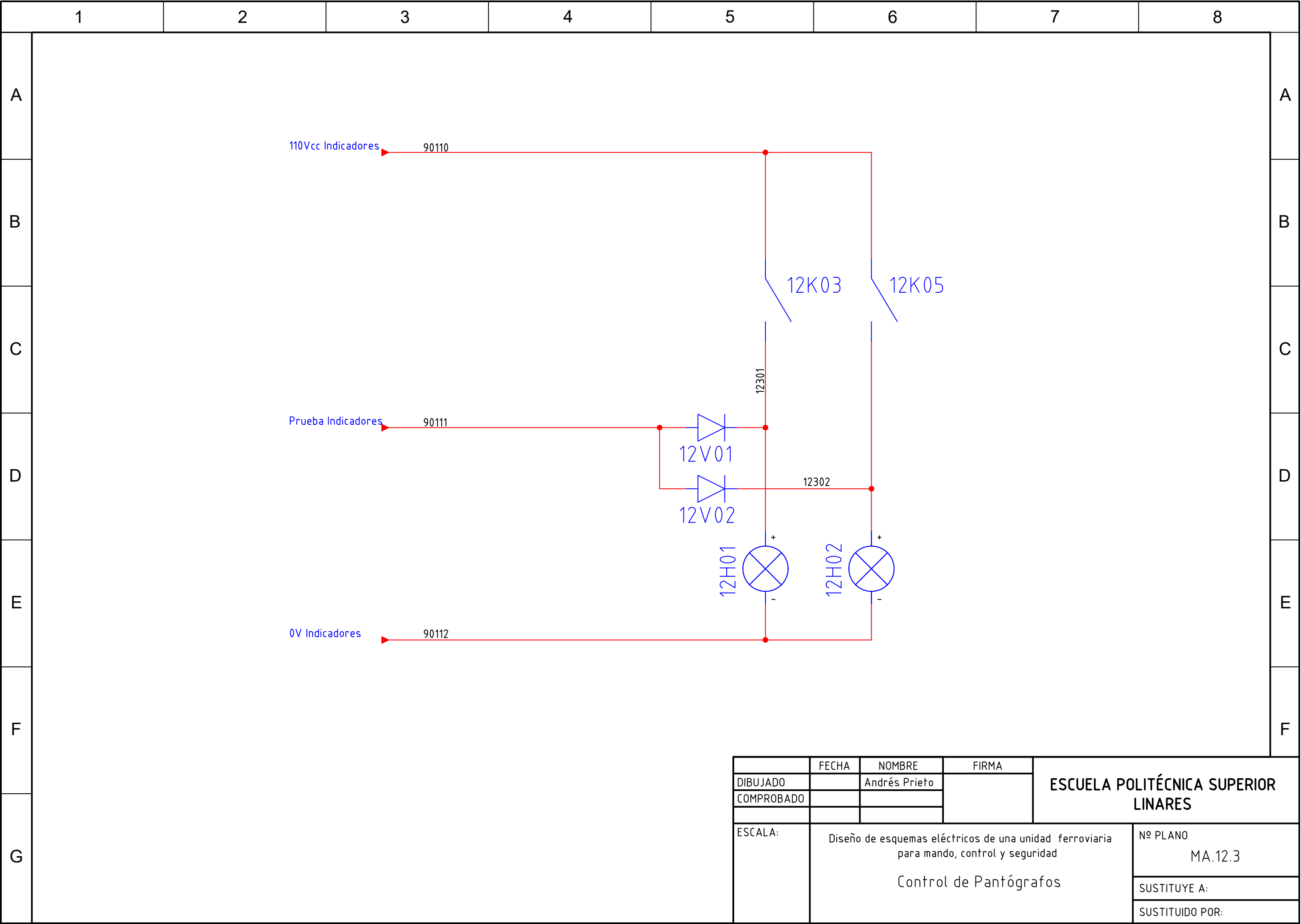
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

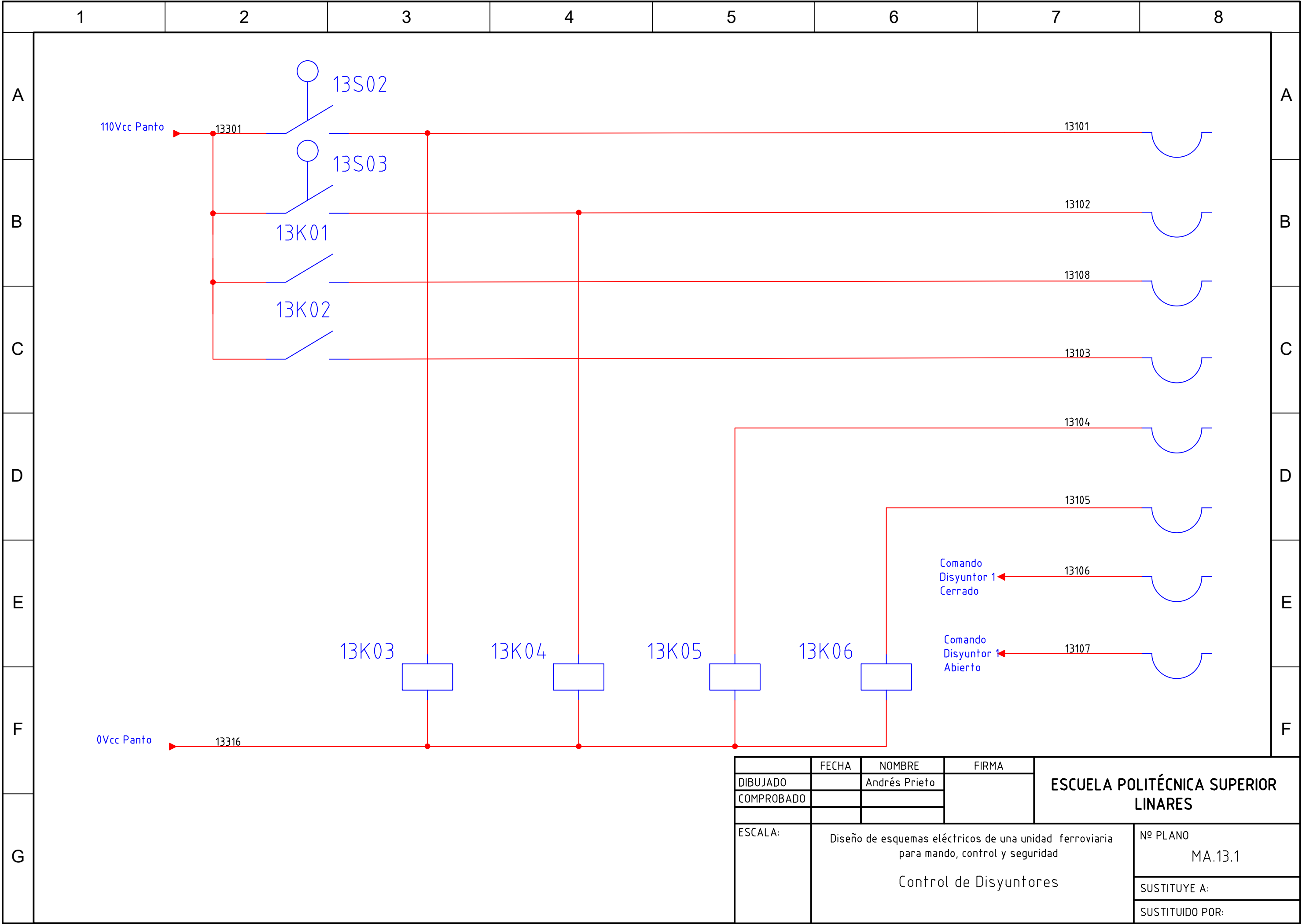


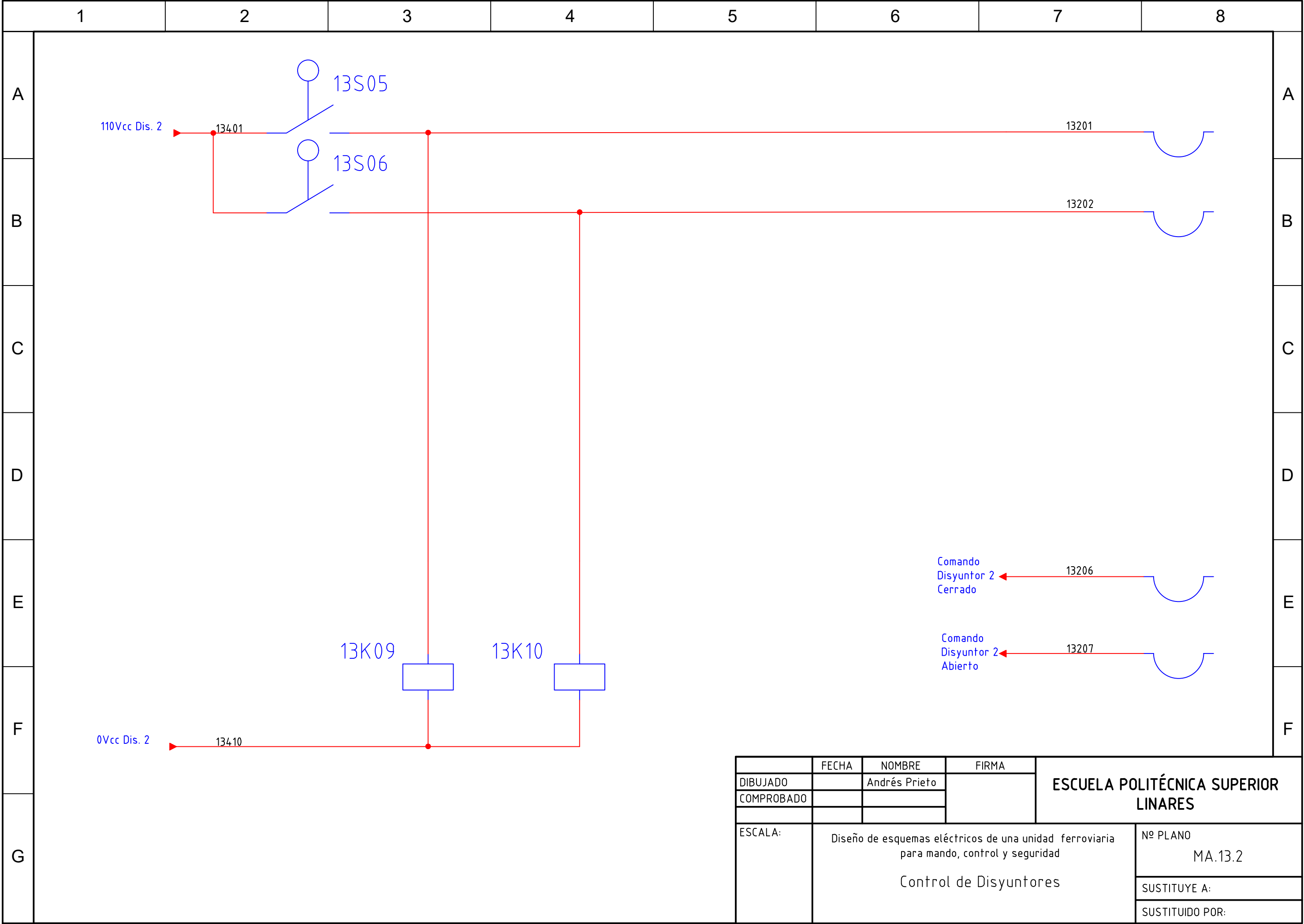
|            |                                                                                         |               |       |                                         |  |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------|-----------------------------------------|--|
|            | FECHA                                                                                   | NOMBRE        | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES |  |
| DIBUJADO   |                                                                                         | Andrés Prieto |       |                                         |  |
| COMPROBADO |                                                                                         |               |       |                                         |  |
| ESCALA:    | Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria para mando, control y seguridad |               |       | Nº PLANO<br>MA.12.2                     |  |
|            | Control de Pantógrafos                                                                  |               |       | SUSTITUYE A:                            |  |
|            |                                                                                         |               |       | SUSTITUIDO POR:                         |  |

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

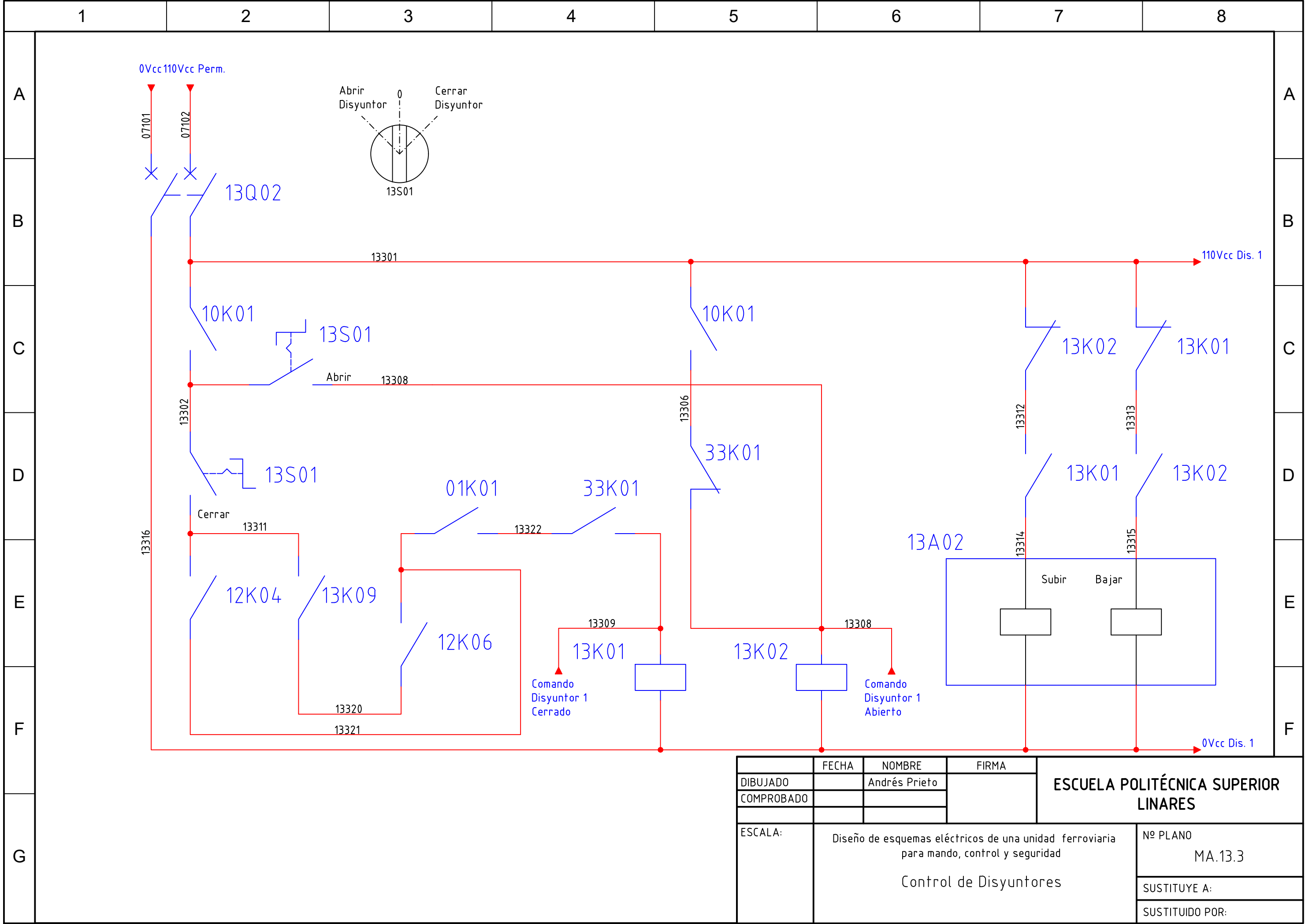






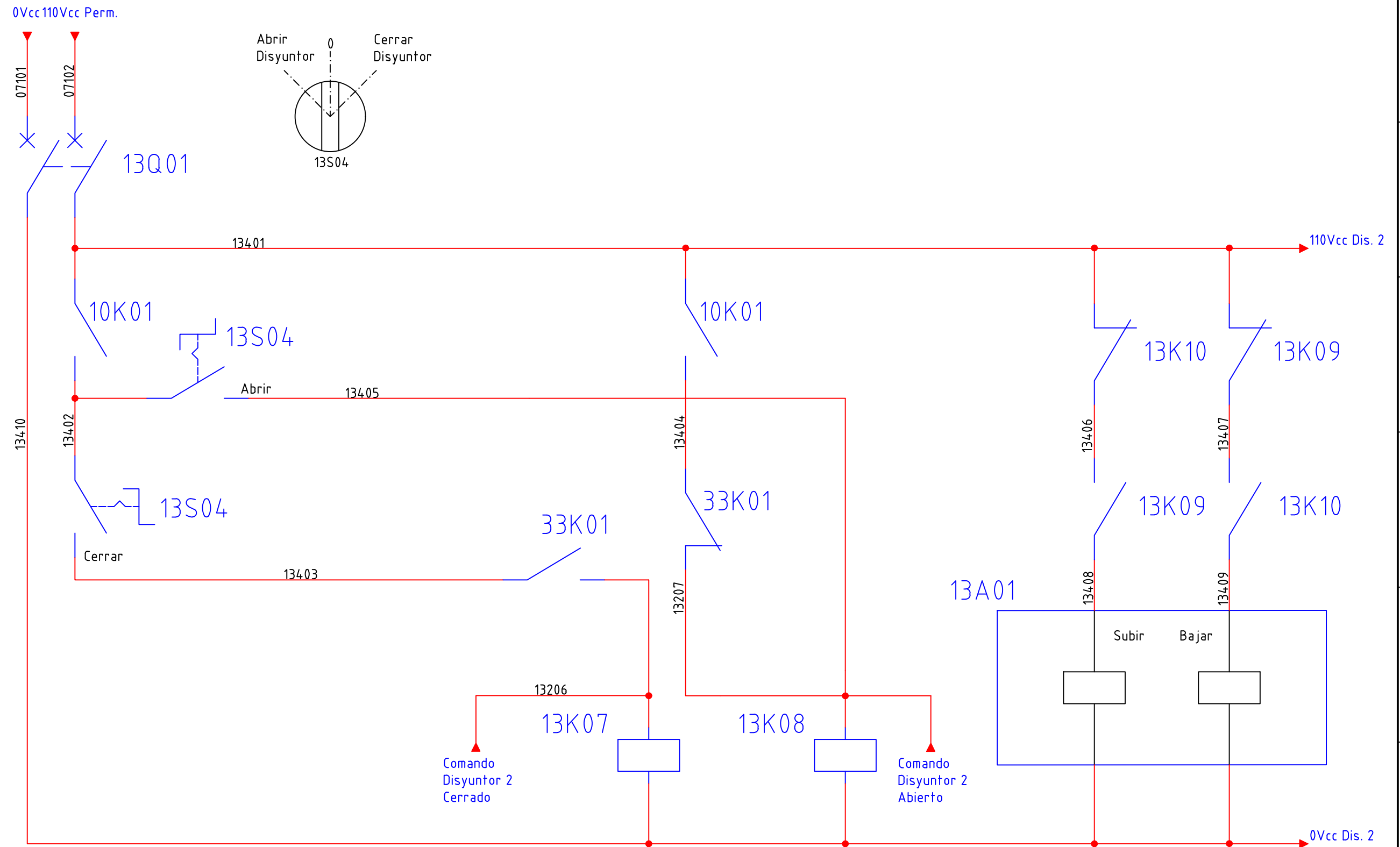
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

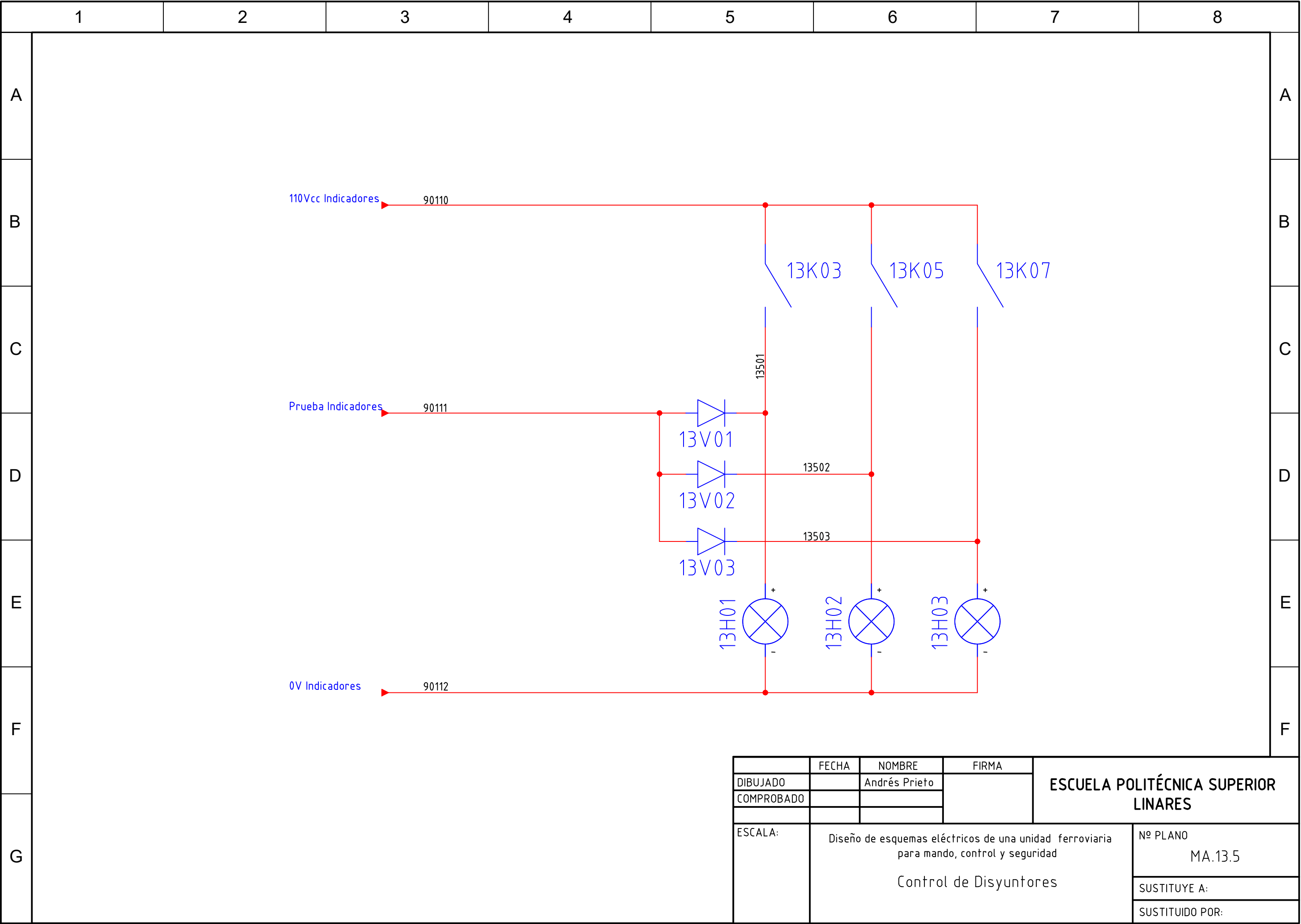


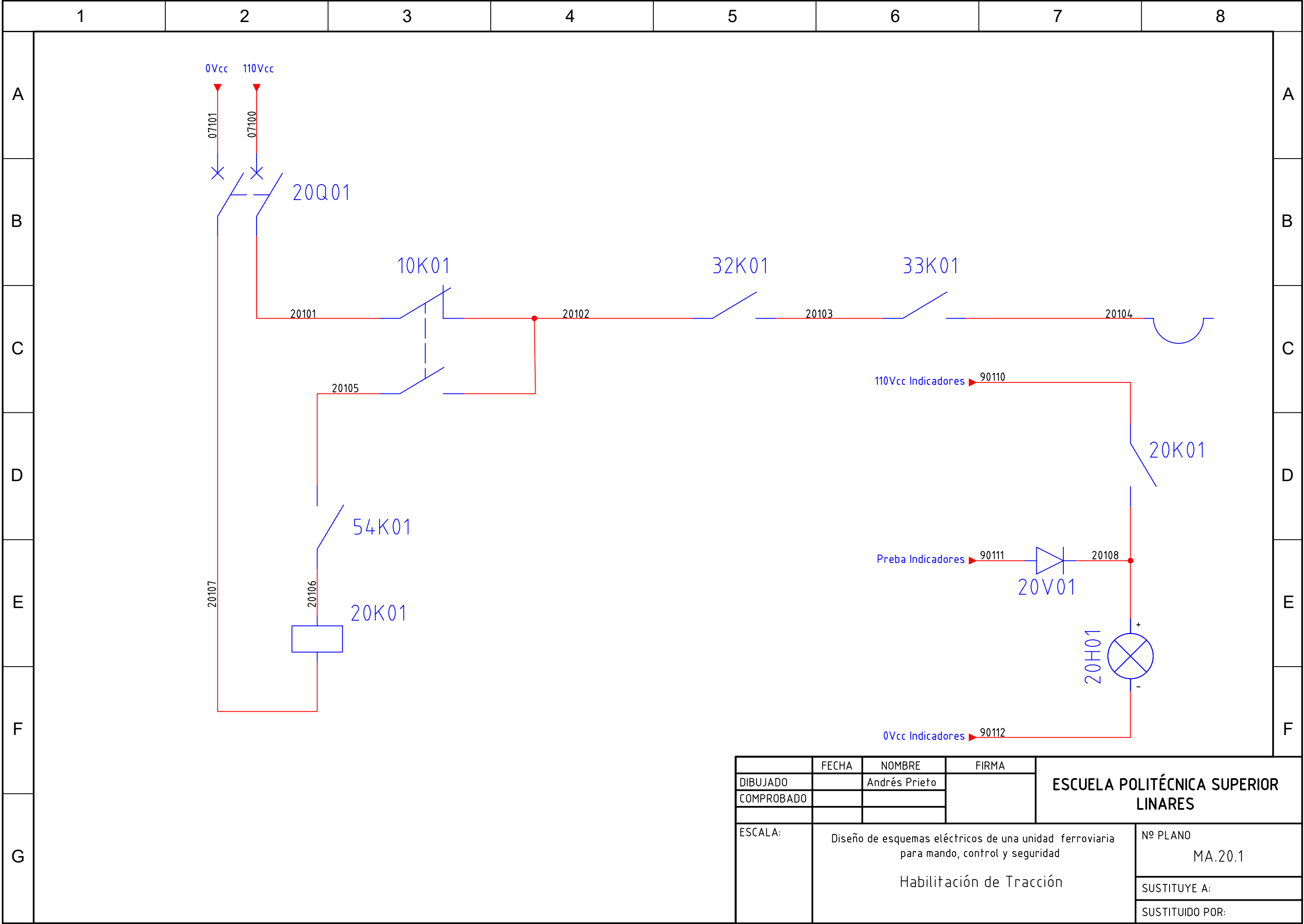
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



|            |                                                                                                                          |               |       |                                         |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------|-----------------------------------------|
|            | FECHA                                                                                                                    | NOMBRE        | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES |
| DIBUJADO   |                                                                                                                          | Andrés Prieto |       |                                         |
| COMPROBADO |                                                                                                                          |               |       |                                         |
|            |                                                                                                                          |               |       |                                         |
| ESCALA:    | Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria<br>para mando, control y seguridad<br><br>Control de Disyuntores |               |       | Nº PLANO<br><br>MA.13.4                 |
|            |                                                                                                                          |               |       | SUSTITUYE A:                            |
|            |                                                                                                                          |               |       | SUSTITUIDO POR:                         |



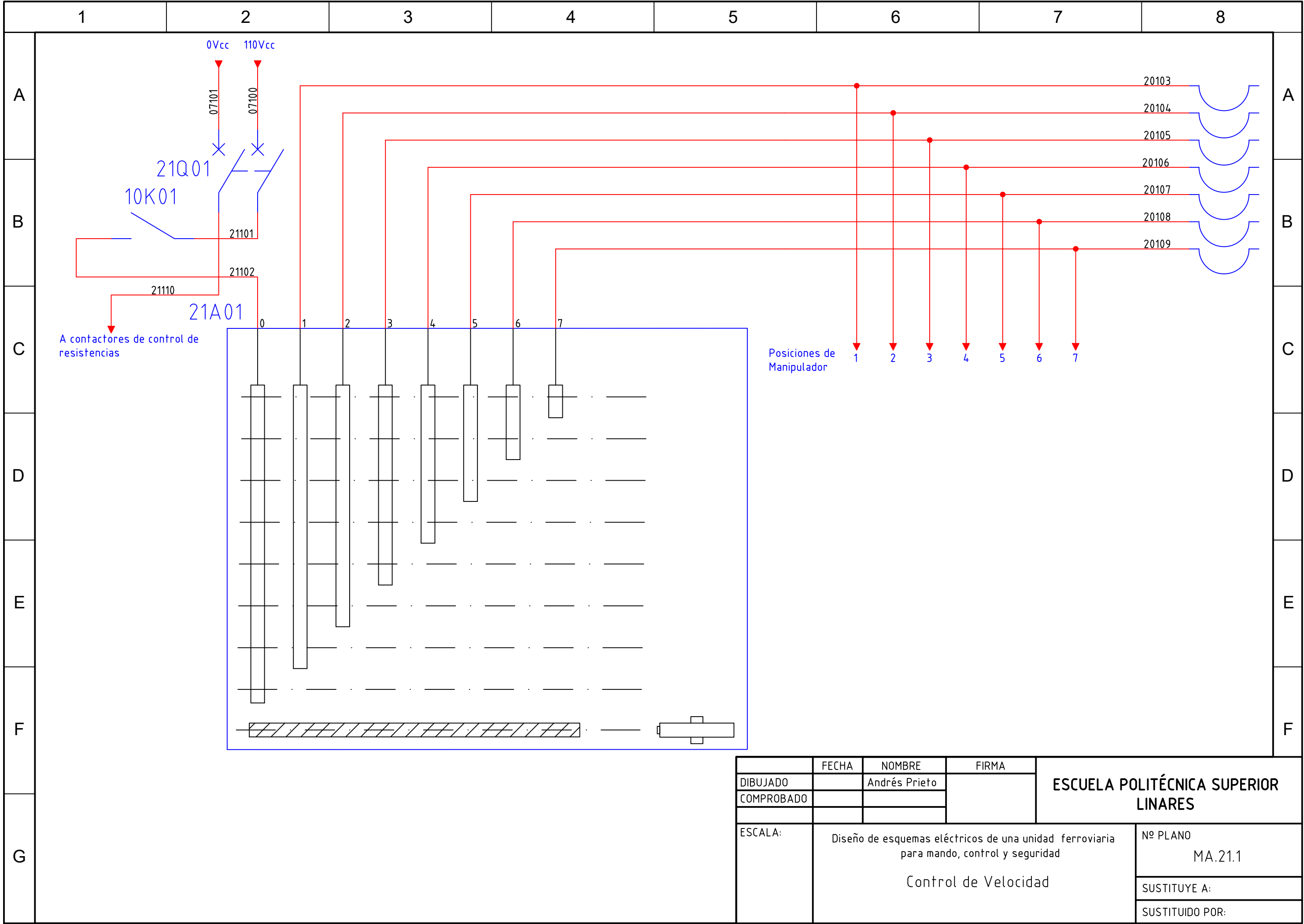


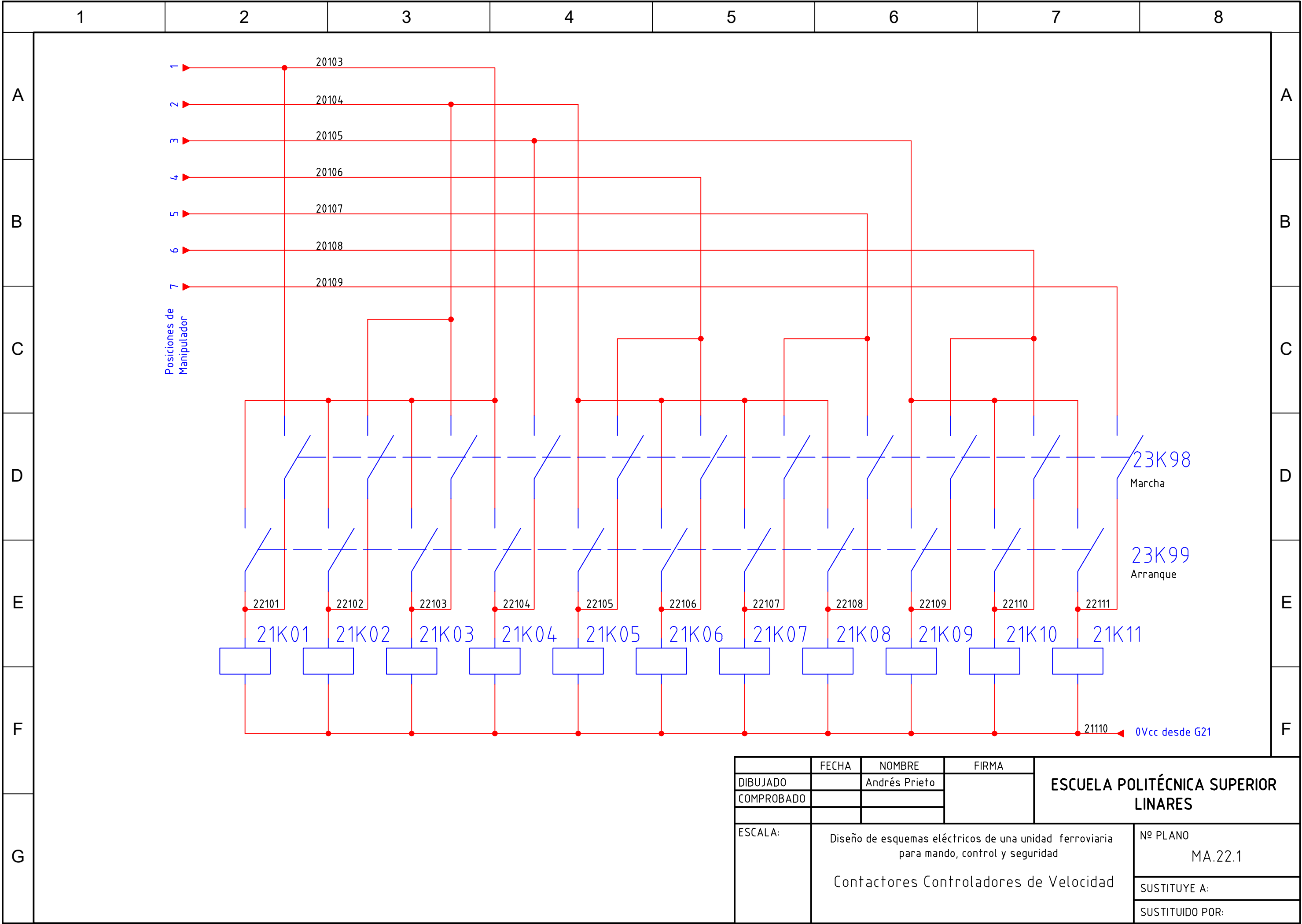
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

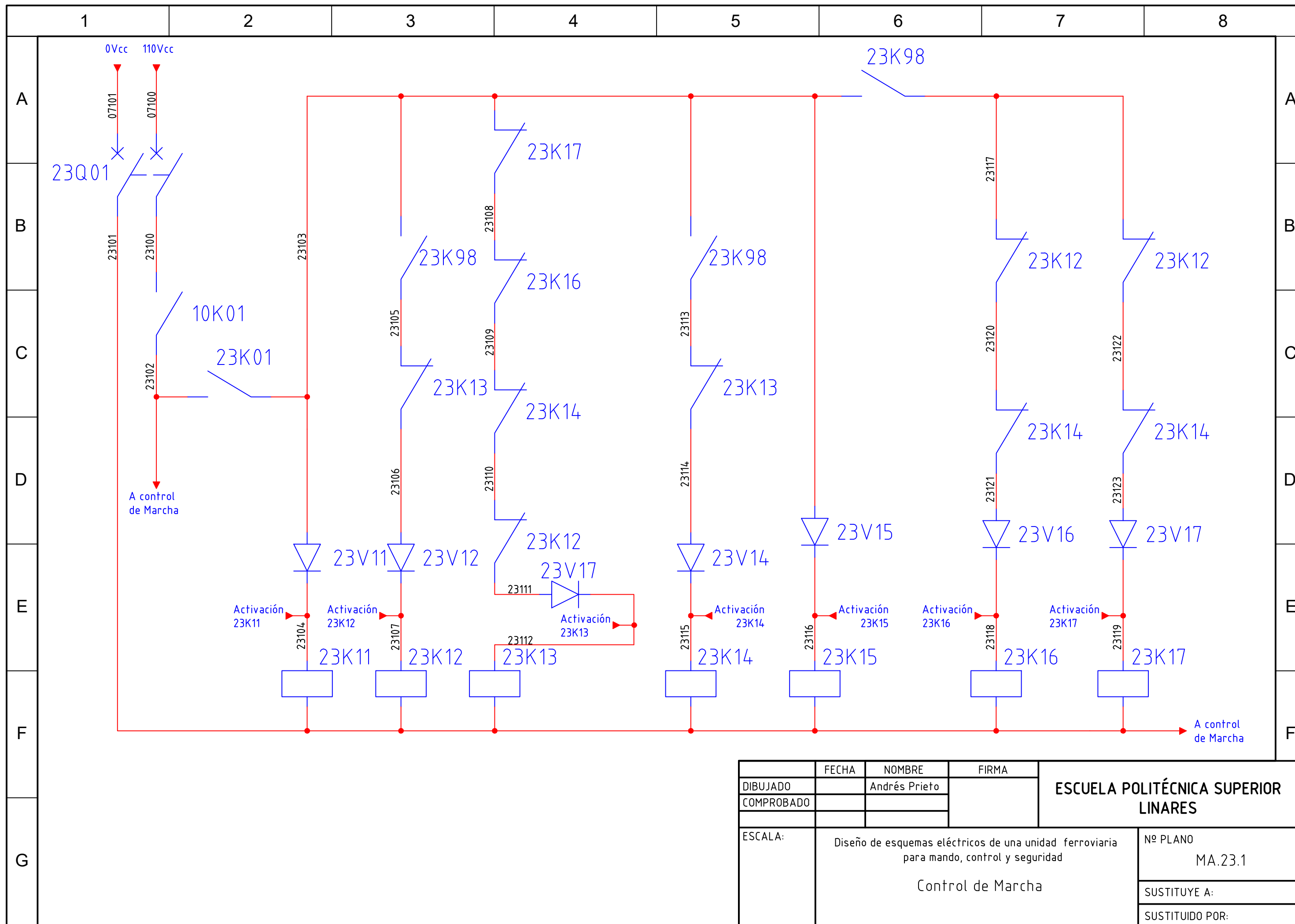
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

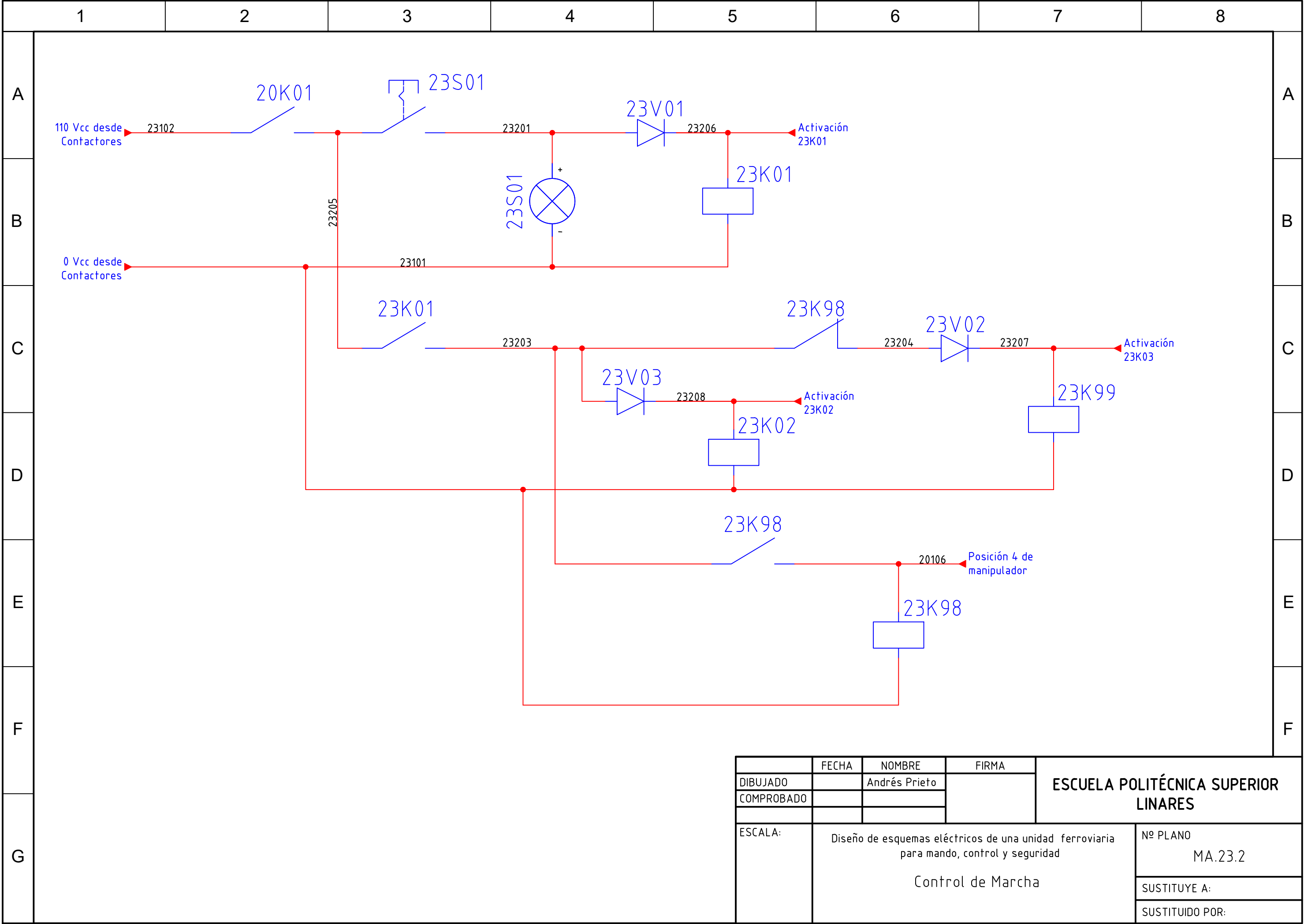
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK







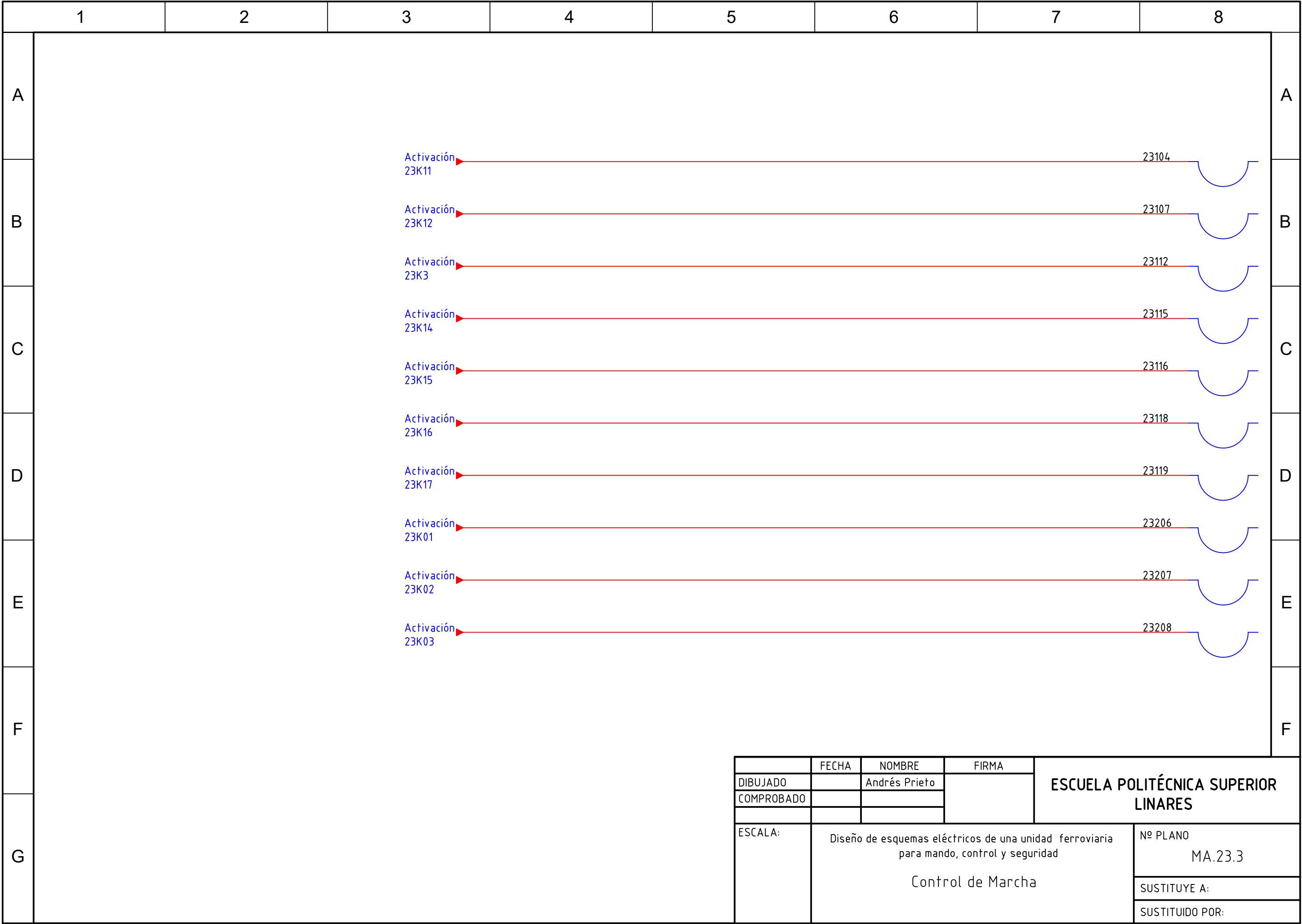


CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

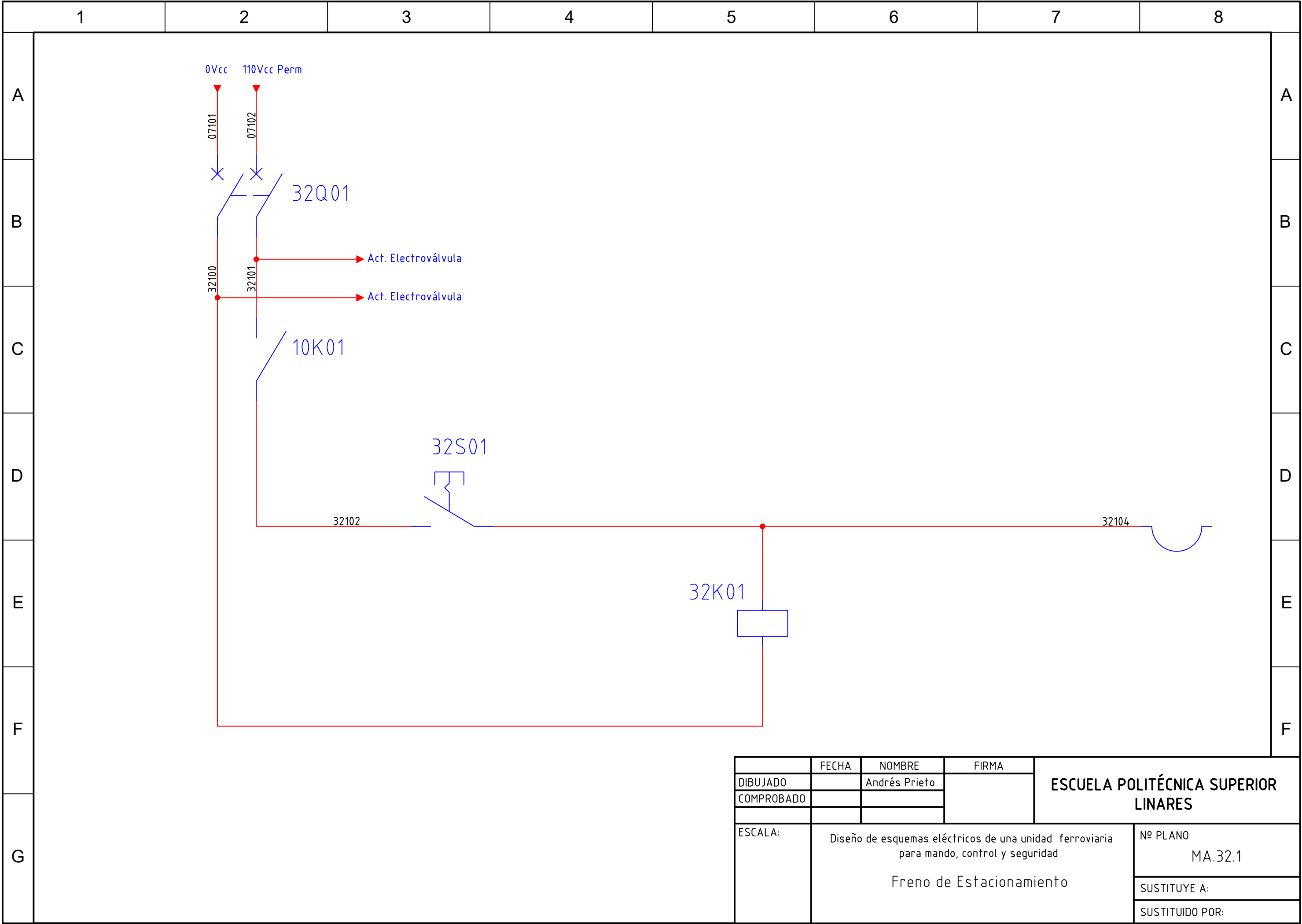
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

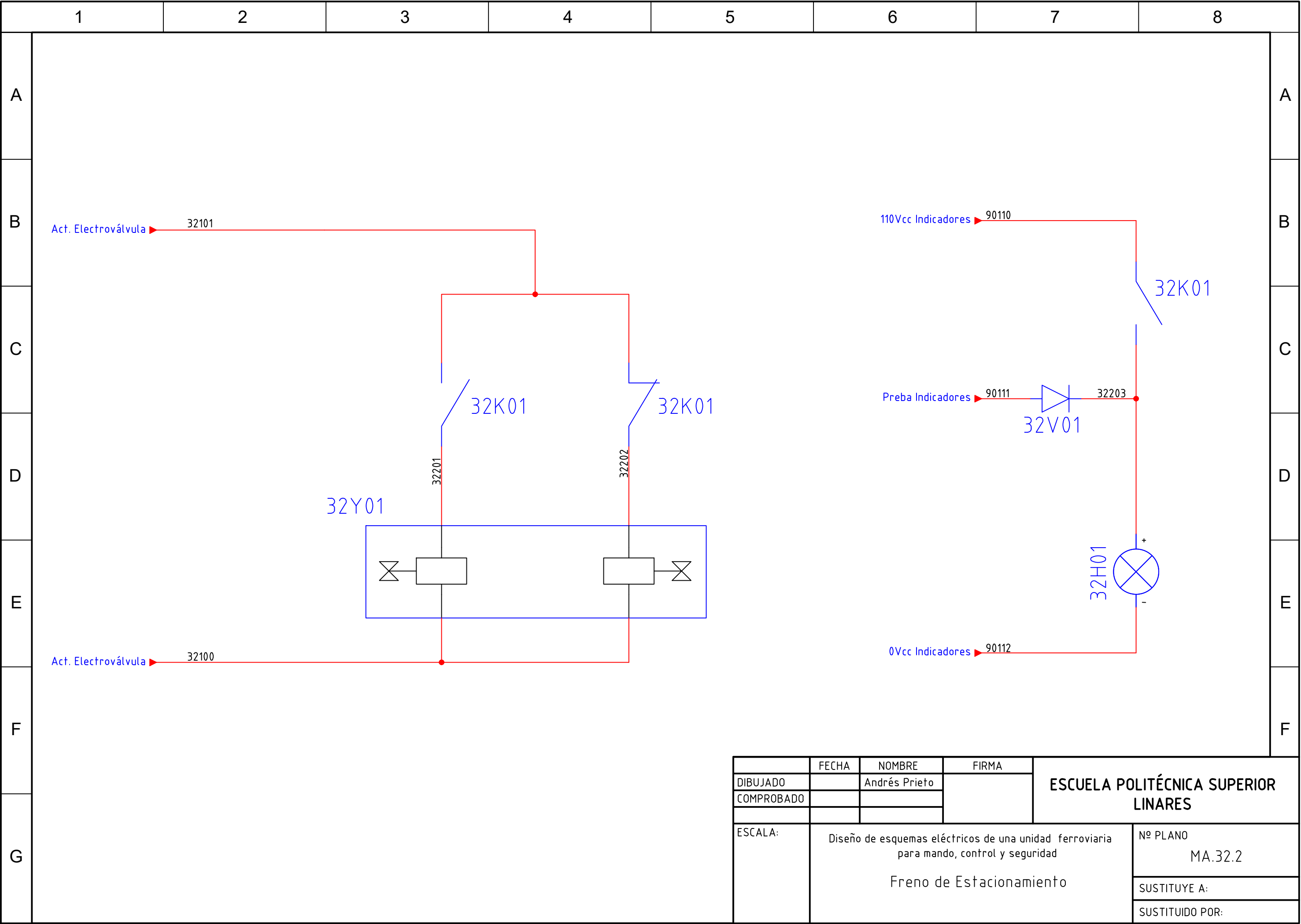


CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



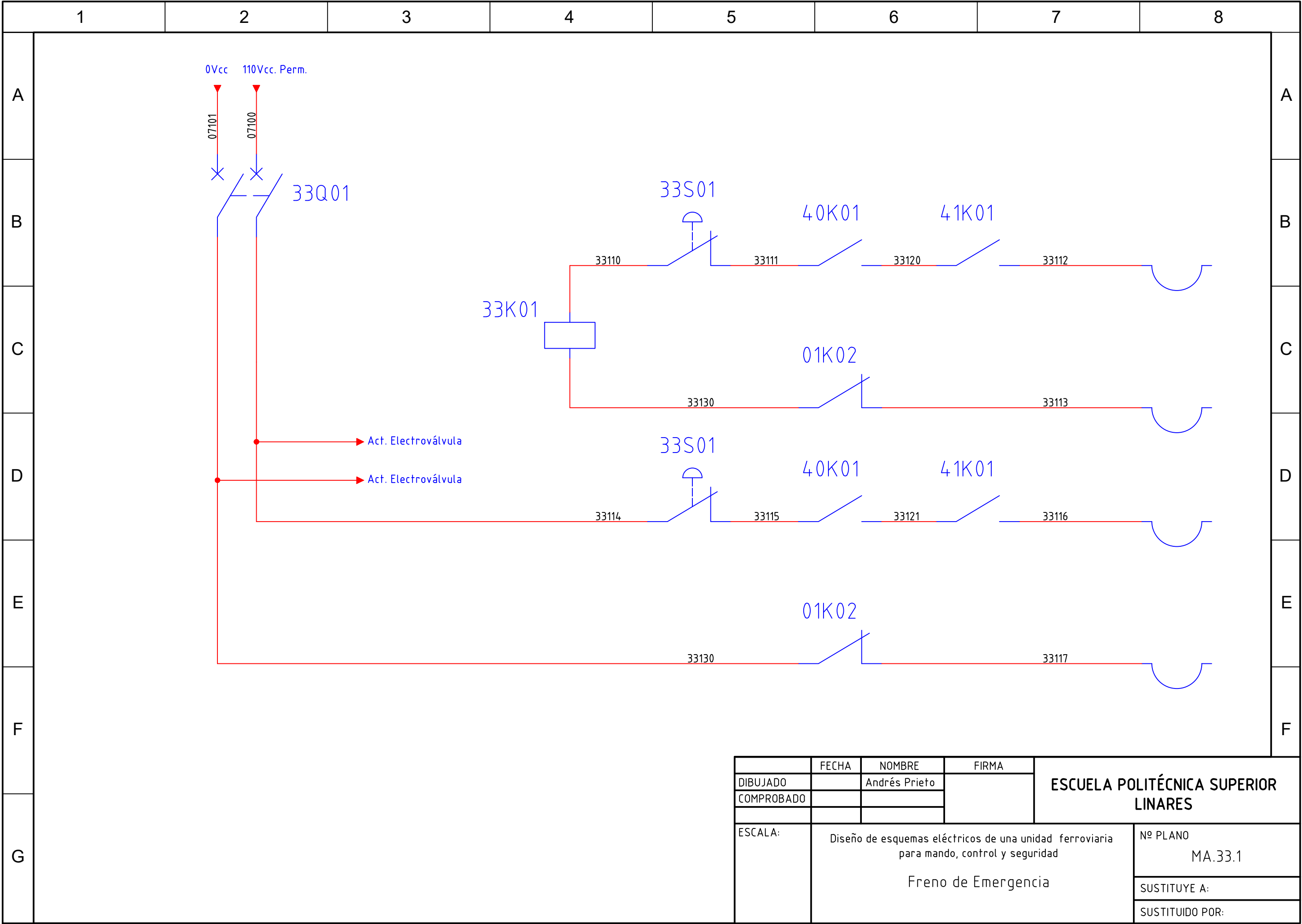
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



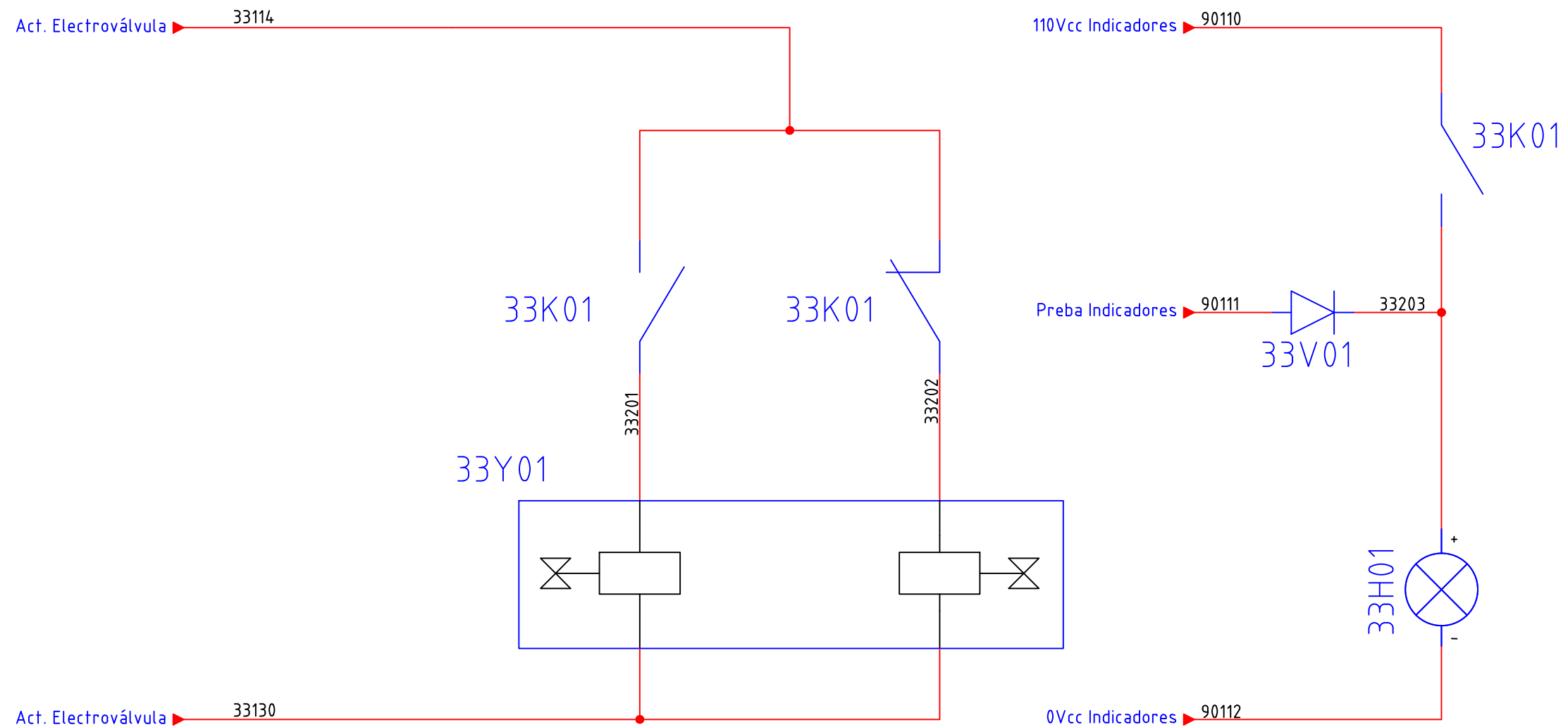
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

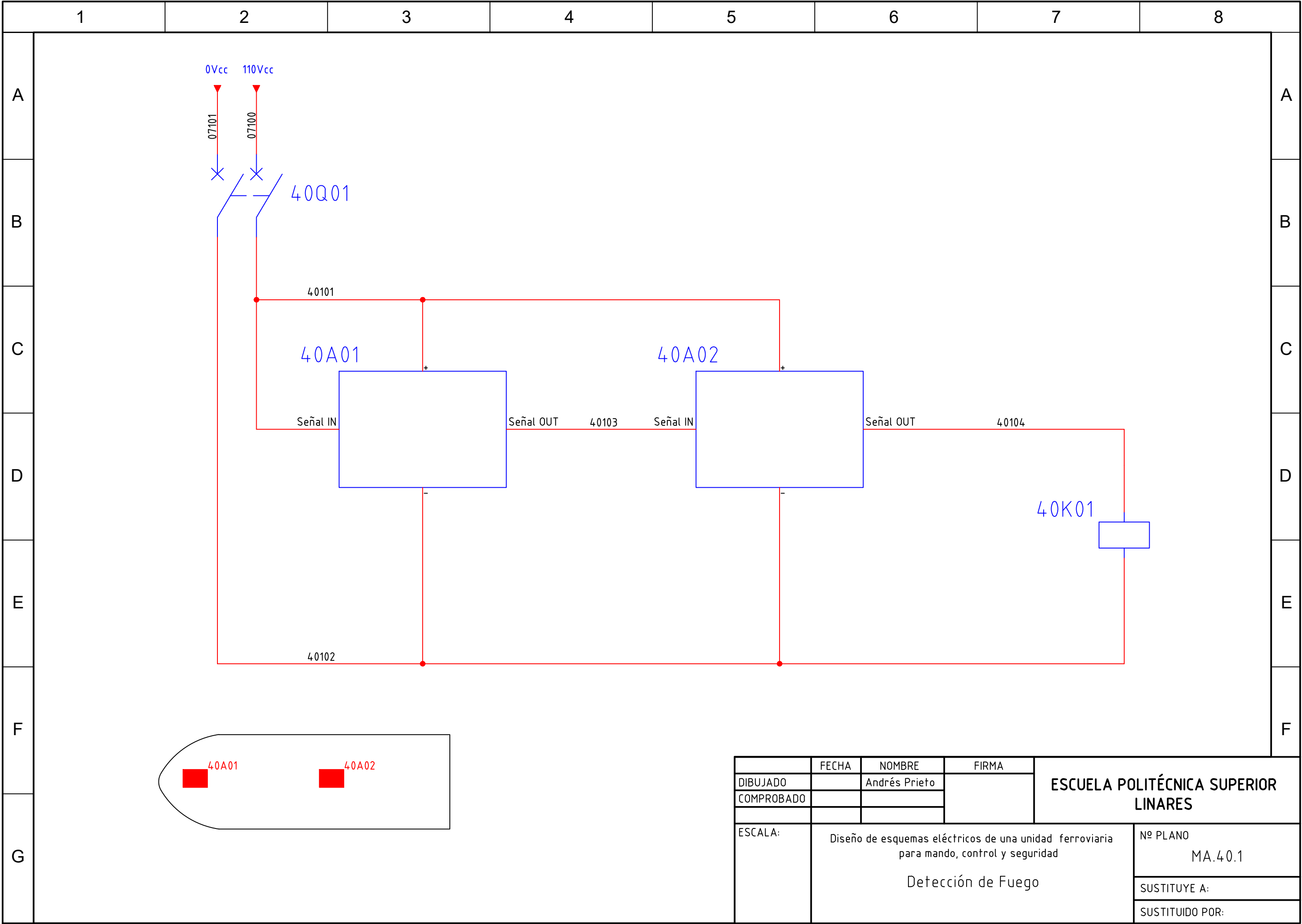


CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



|            |                                                                                                                       |               |       |                                                 |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------|-------------------------------------------------|
|            | FECHA                                                                                                                 | NOMBRE        | FIRMA | <b>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br/>LINARES</b> |
| DIBUJADO   |                                                                                                                       | Andrés Prieto |       |                                                 |
| COMPROBADO |                                                                                                                       |               |       |                                                 |
|            |                                                                                                                       |               |       |                                                 |
| ESCALA:    | Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria<br>para mando, control y seguridad<br><br>Freno de Emergencia |               |       | Nº PLANO<br><br>MA.33.2                         |
|            |                                                                                                                       |               |       | SUSTITUYE A:                                    |
|            |                                                                                                                       |               |       | SUSTITUIDO POR:                                 |

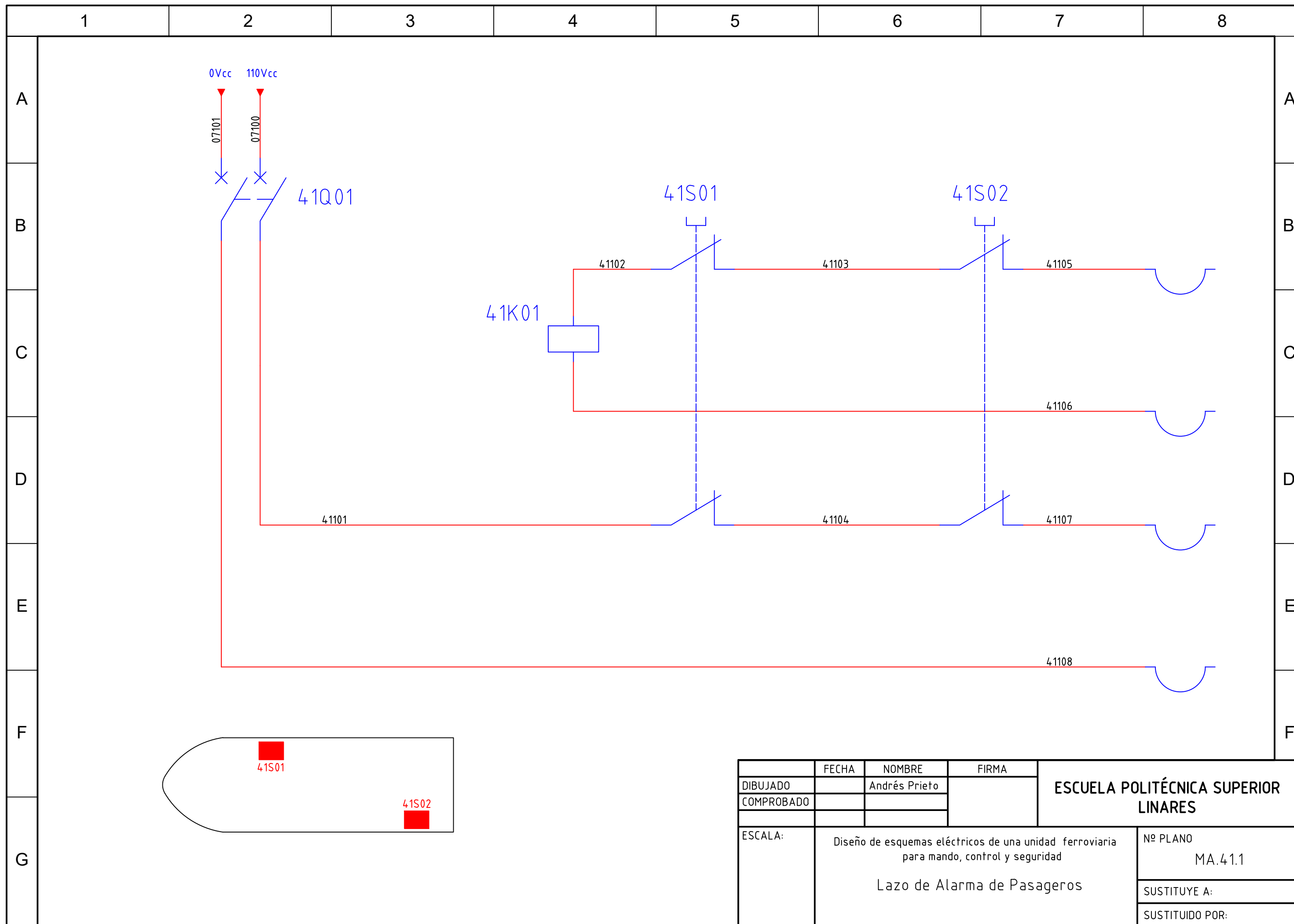


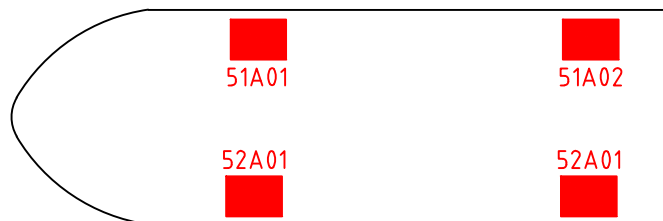
0Vcc

110Vcc

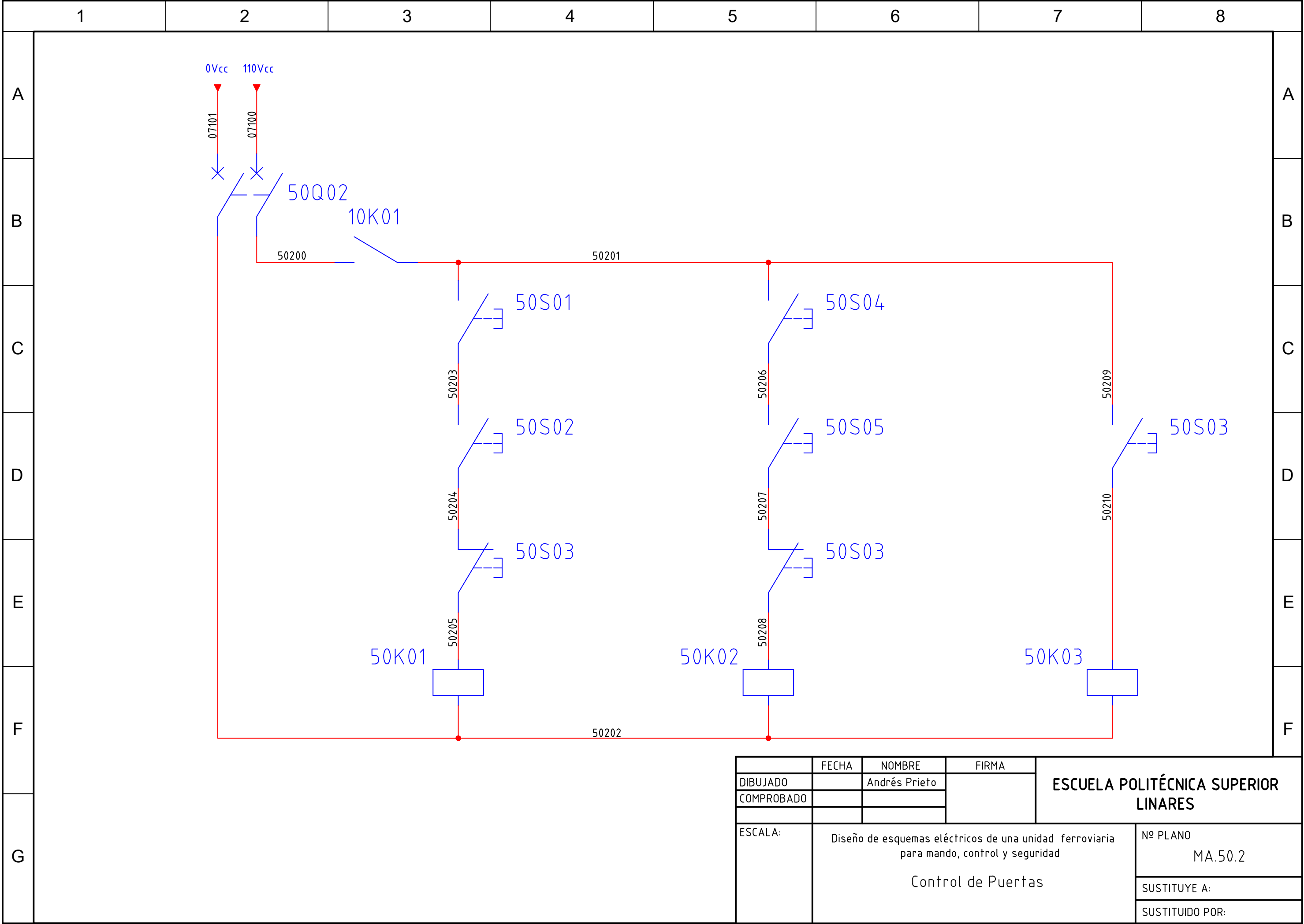
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



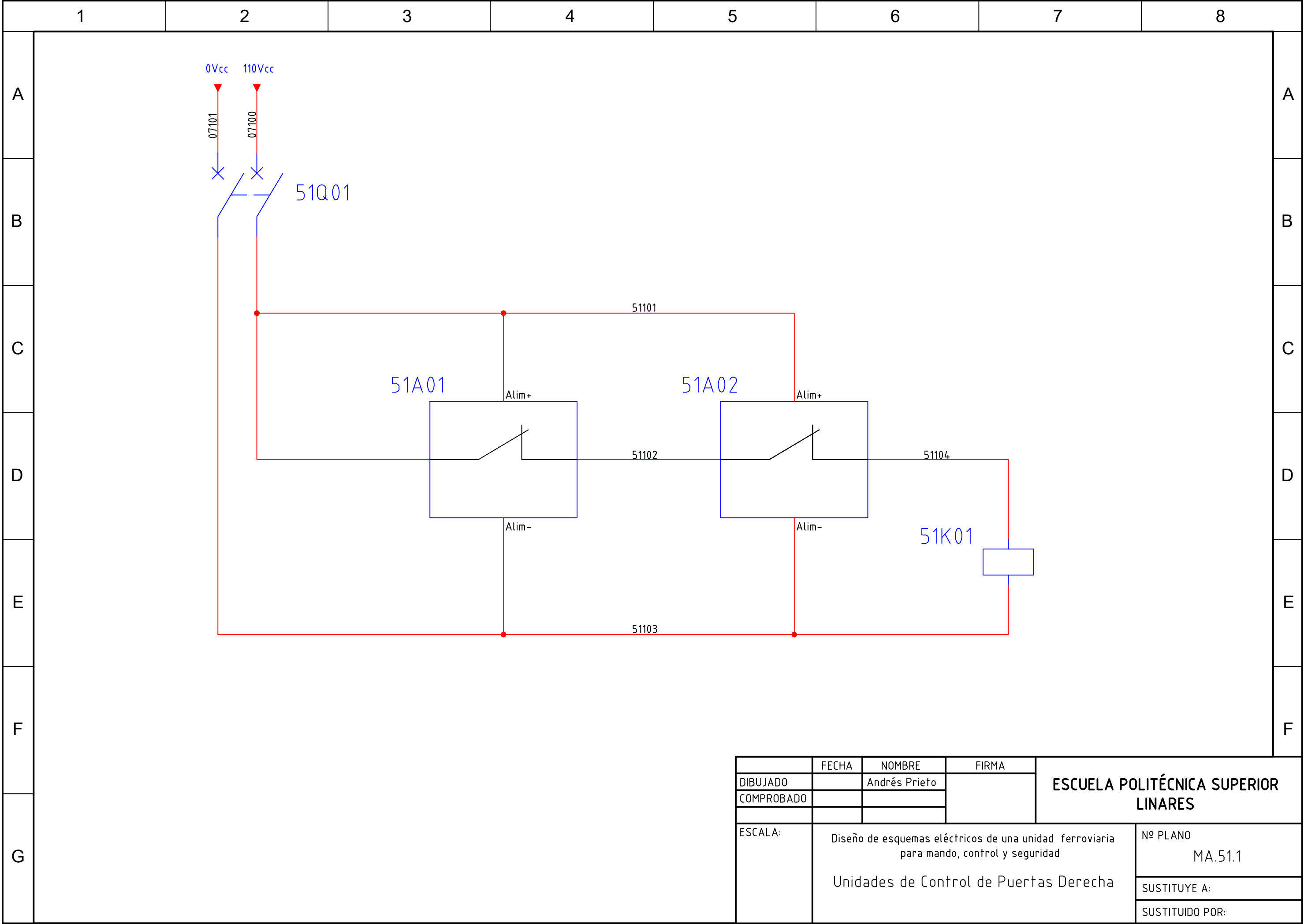


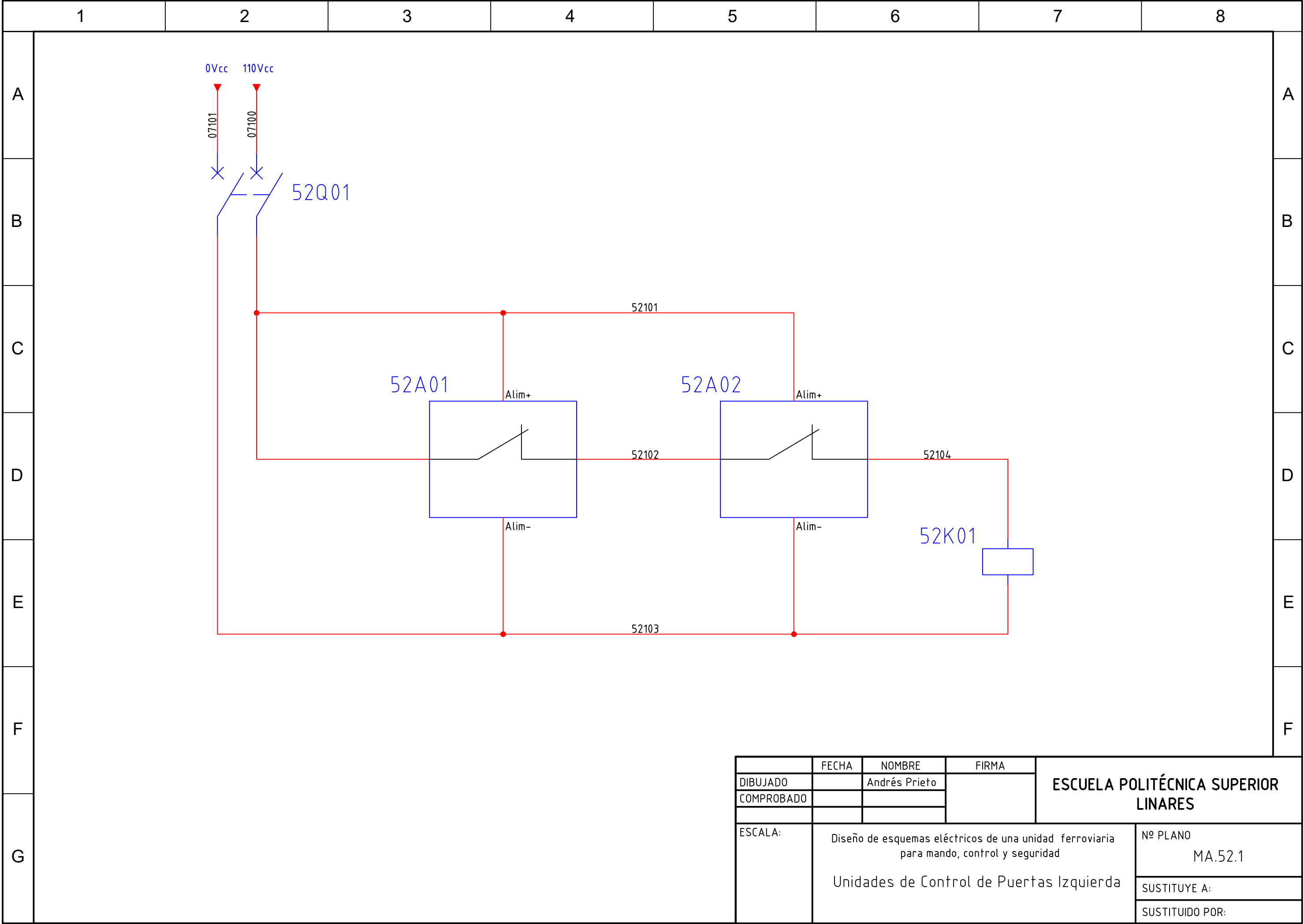
|            |                                                                                                                      |               |       |                                         |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------|-----------------------------------------|
|            | FECHA                                                                                                                | NOMBRE        | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES |
| DIBUJADO   |                                                                                                                      | Andrés Prieto |       |                                         |
| COMPROBADO |                                                                                                                      |               |       |                                         |
|            |                                                                                                                      |               |       |                                         |
| ESCALA:    | Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria<br>para mando, control y seguridad<br><br>Control de Puertas |               |       | Nº PLANO<br>MA.50.1                     |
|            |                                                                                                                      |               |       | SUSTITUYE A:                            |
|            |                                                                                                                      |               |       | SUSTITUIDO POR:                         |

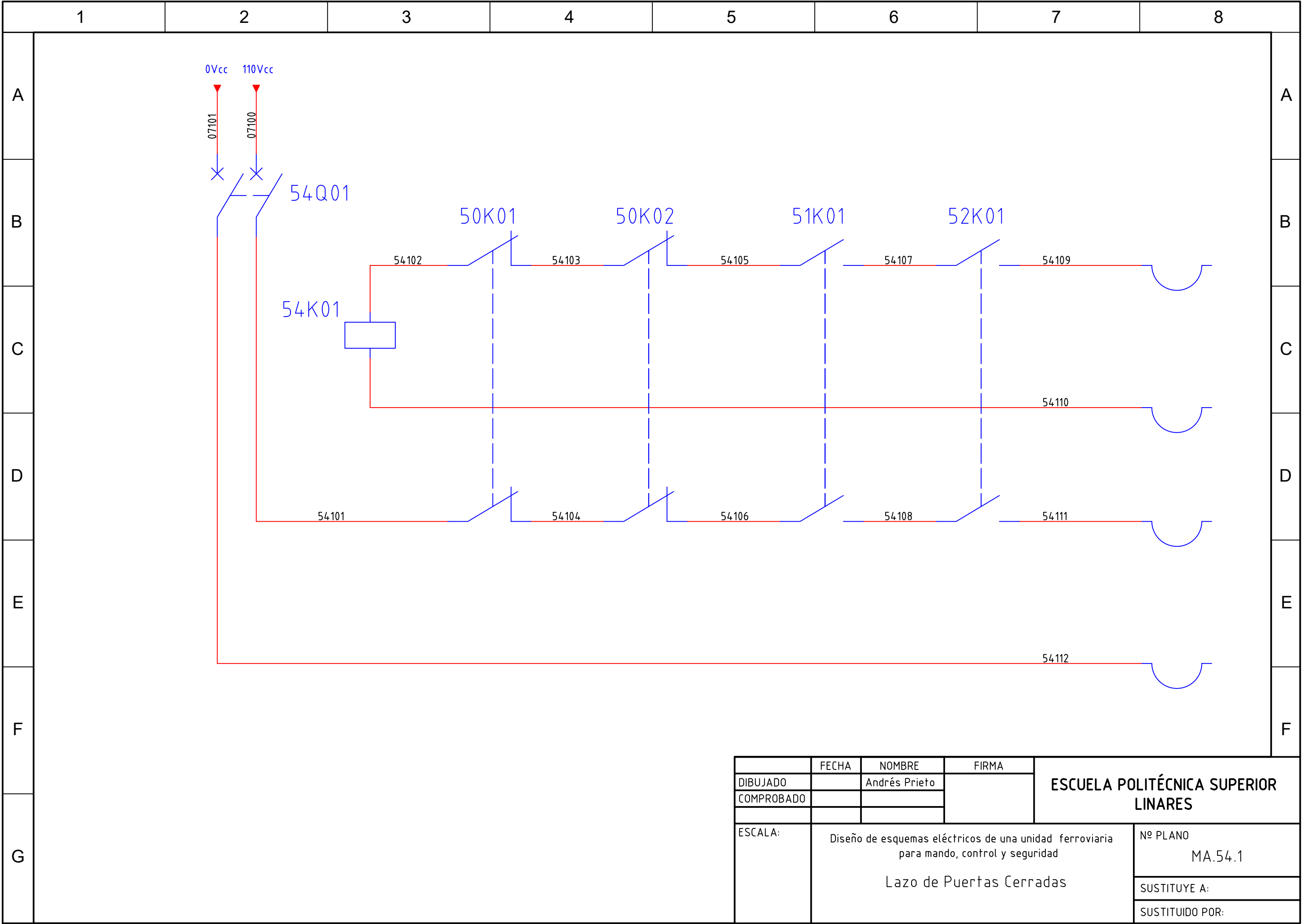


CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

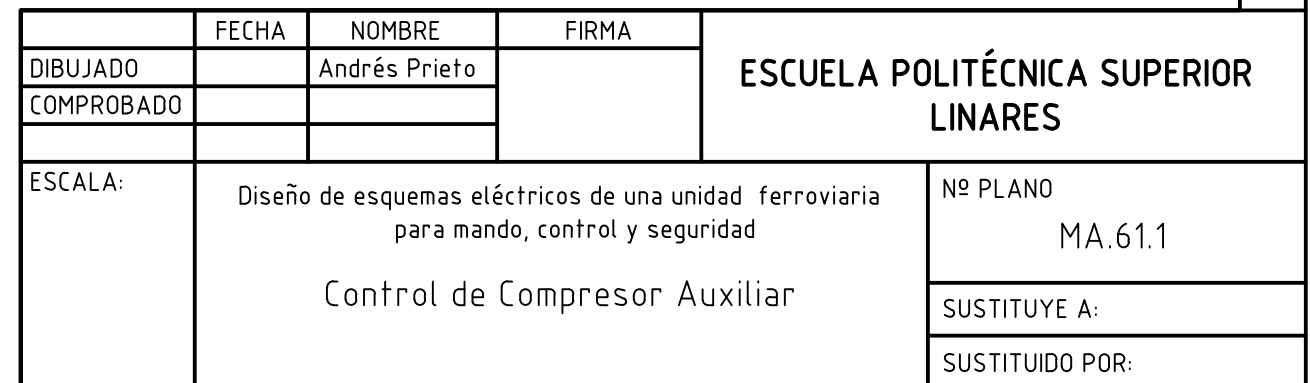


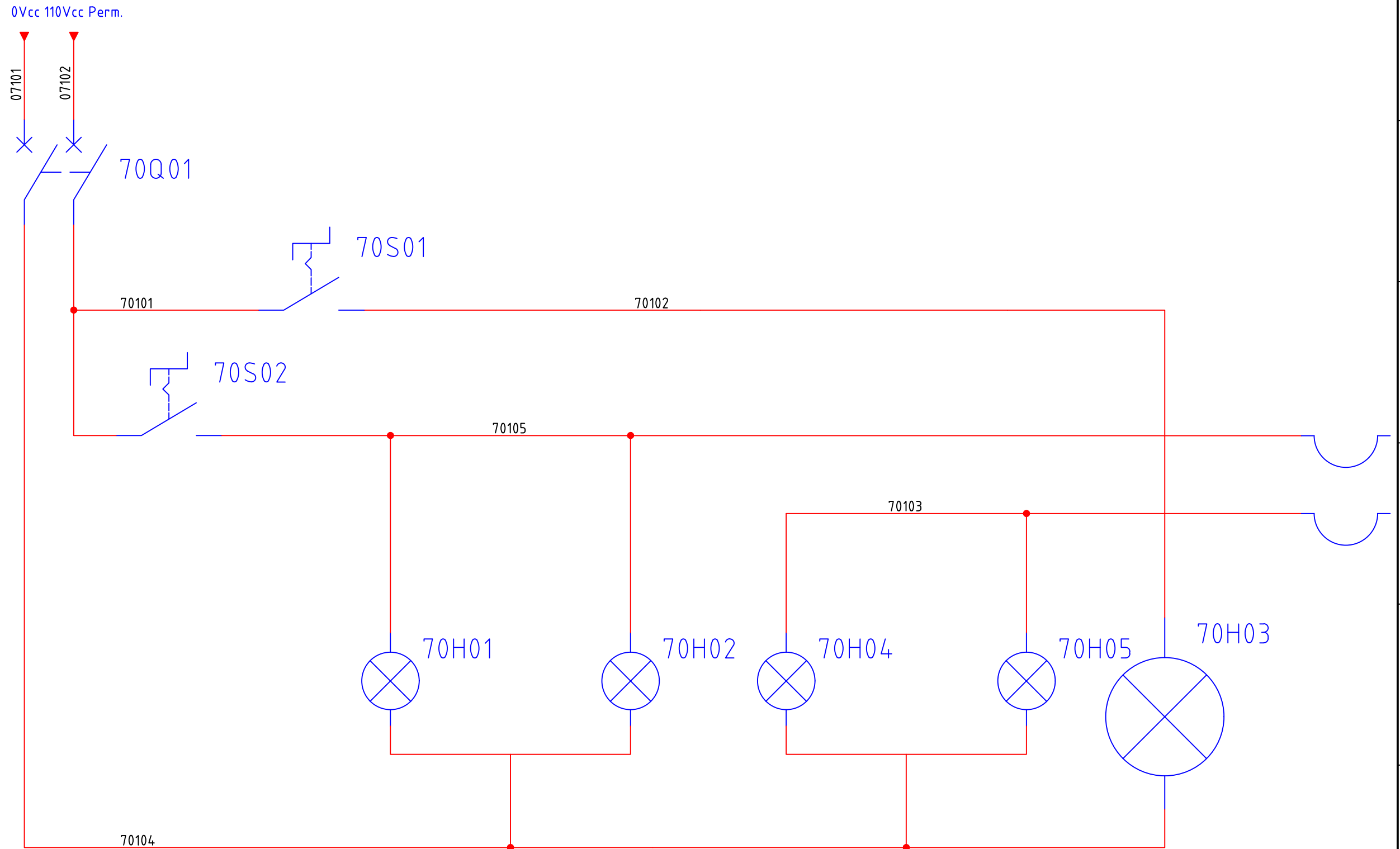




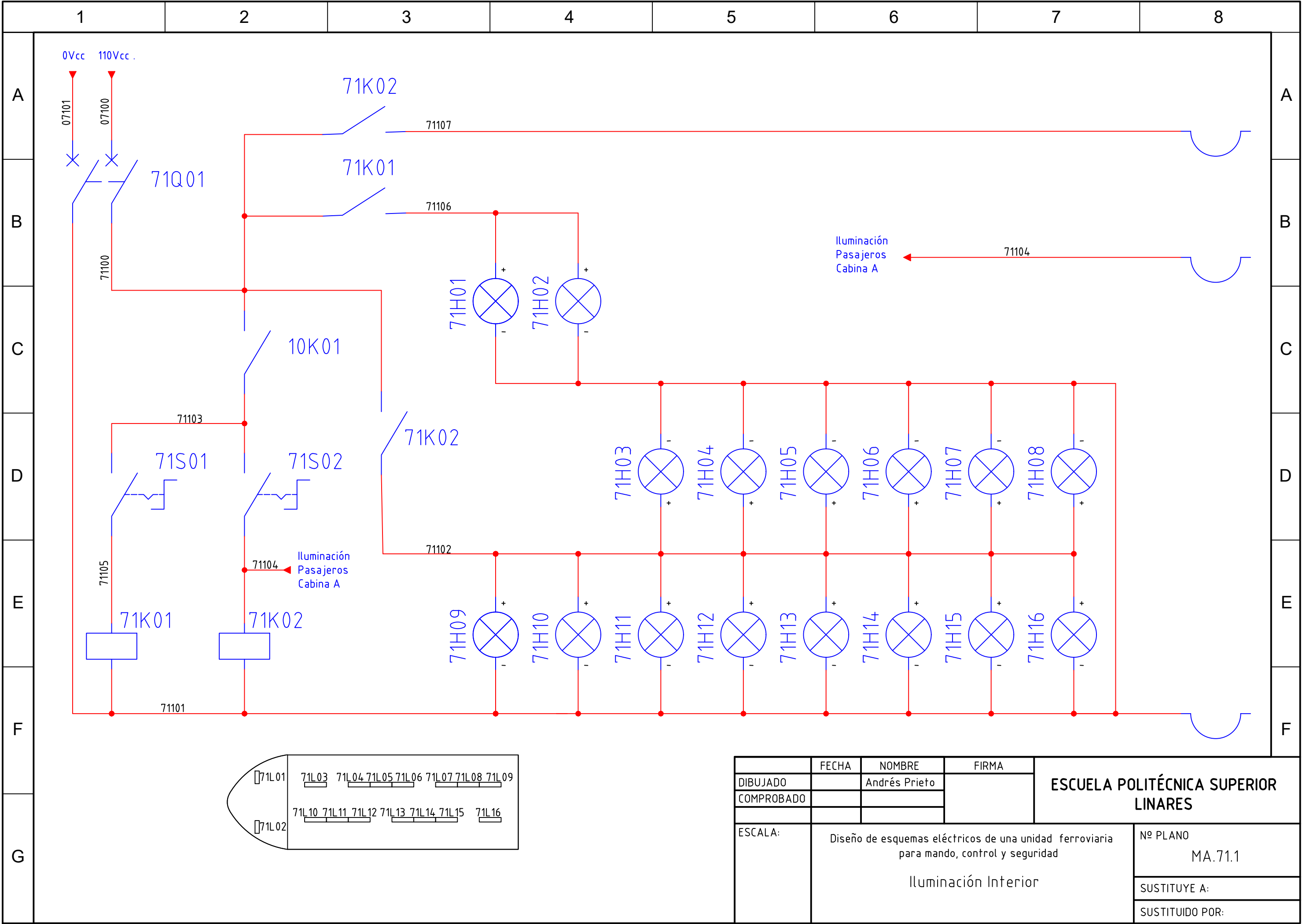
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

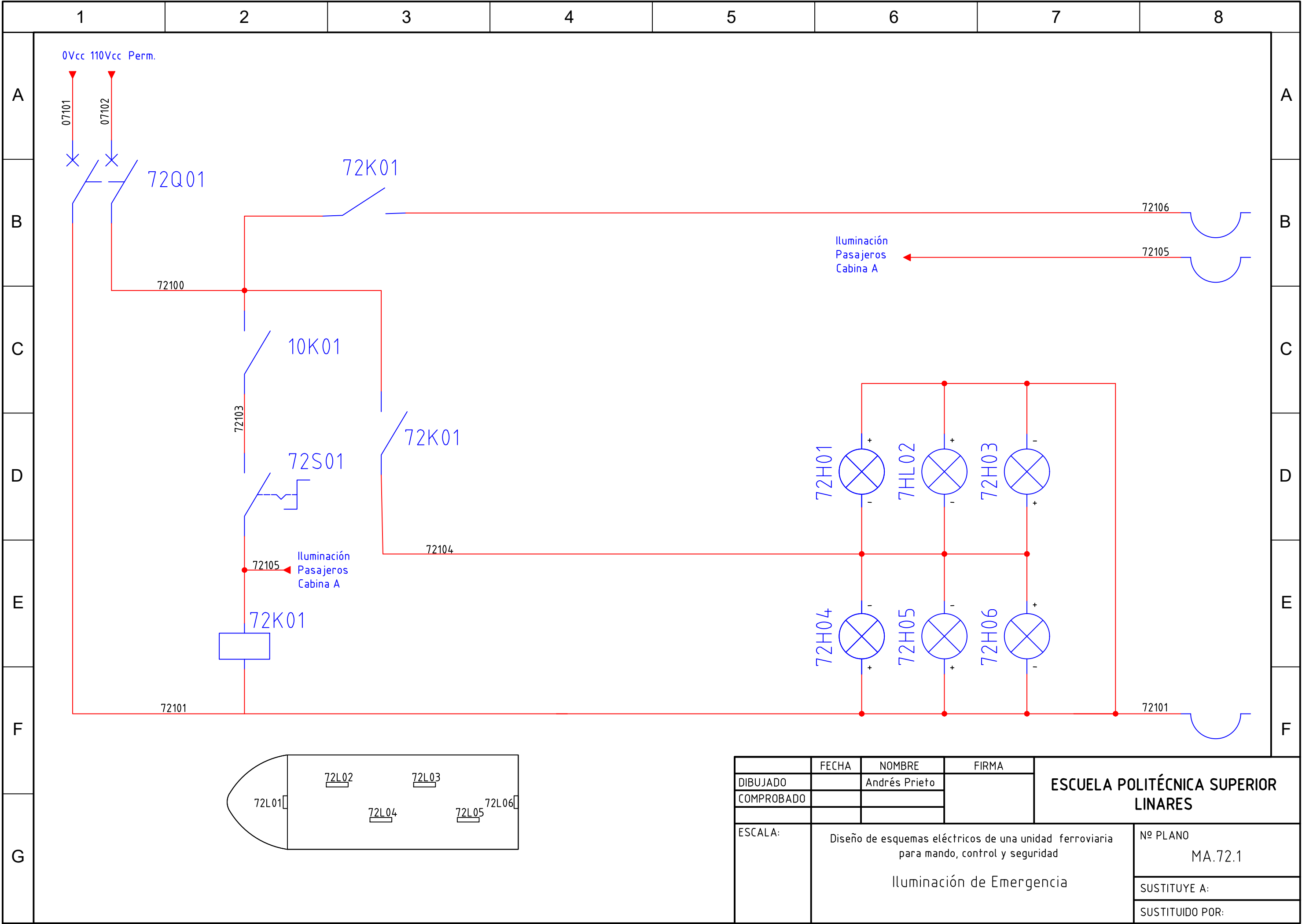
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

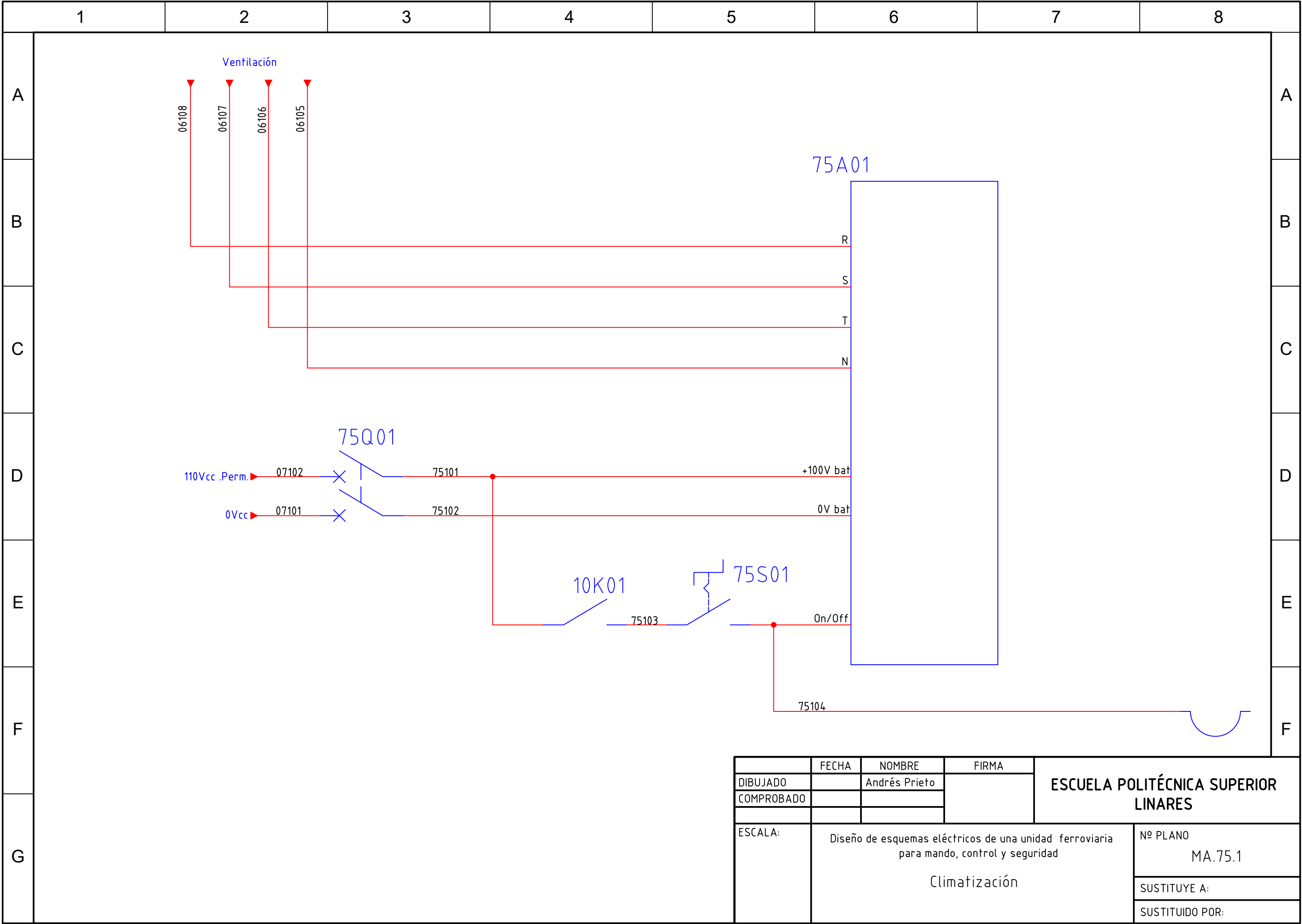


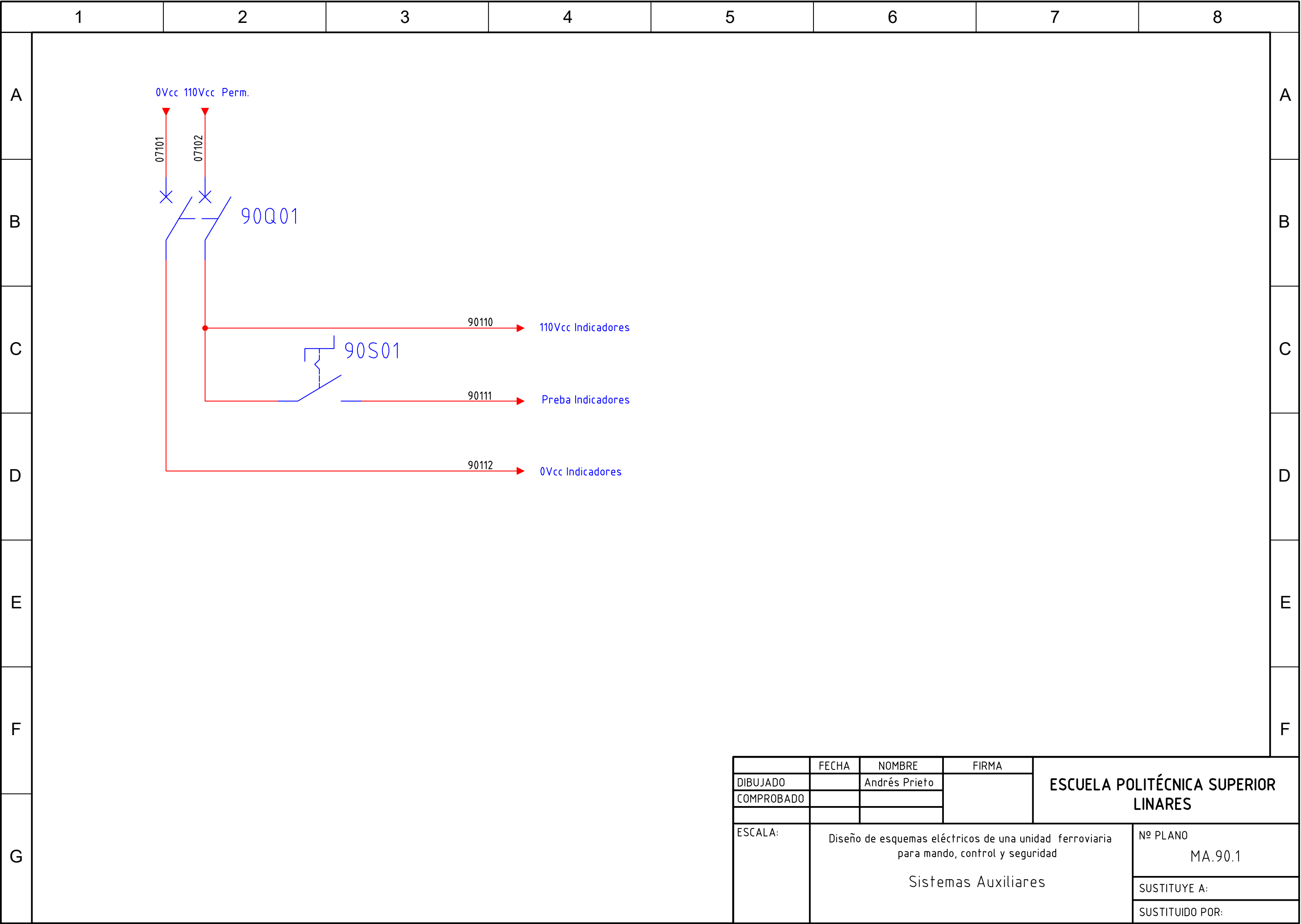


|            |                                                                                                                        |               |       |                                                 |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------|-------------------------------------------------|
|            | FECHA                                                                                                                  | NOMBRE        | FIRMA | <b>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br/>LINARES</b> |
| DIBUJADO   |                                                                                                                        | Andrés Prieto |       |                                                 |
| COMPROBADO |                                                                                                                        |               |       |                                                 |
|            |                                                                                                                        |               |       |                                                 |
| ESCALA:    | Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria<br>para mando, control y seguridad<br><br>Iluminación Exterior |               |       | Nº PLANO<br><br>MA.70.1                         |
|            |                                                                                                                        |               |       | SUSTITUYE A:                                    |
|            |                                                                                                                        |               |       | SUSTITUIDO POR:                                 |



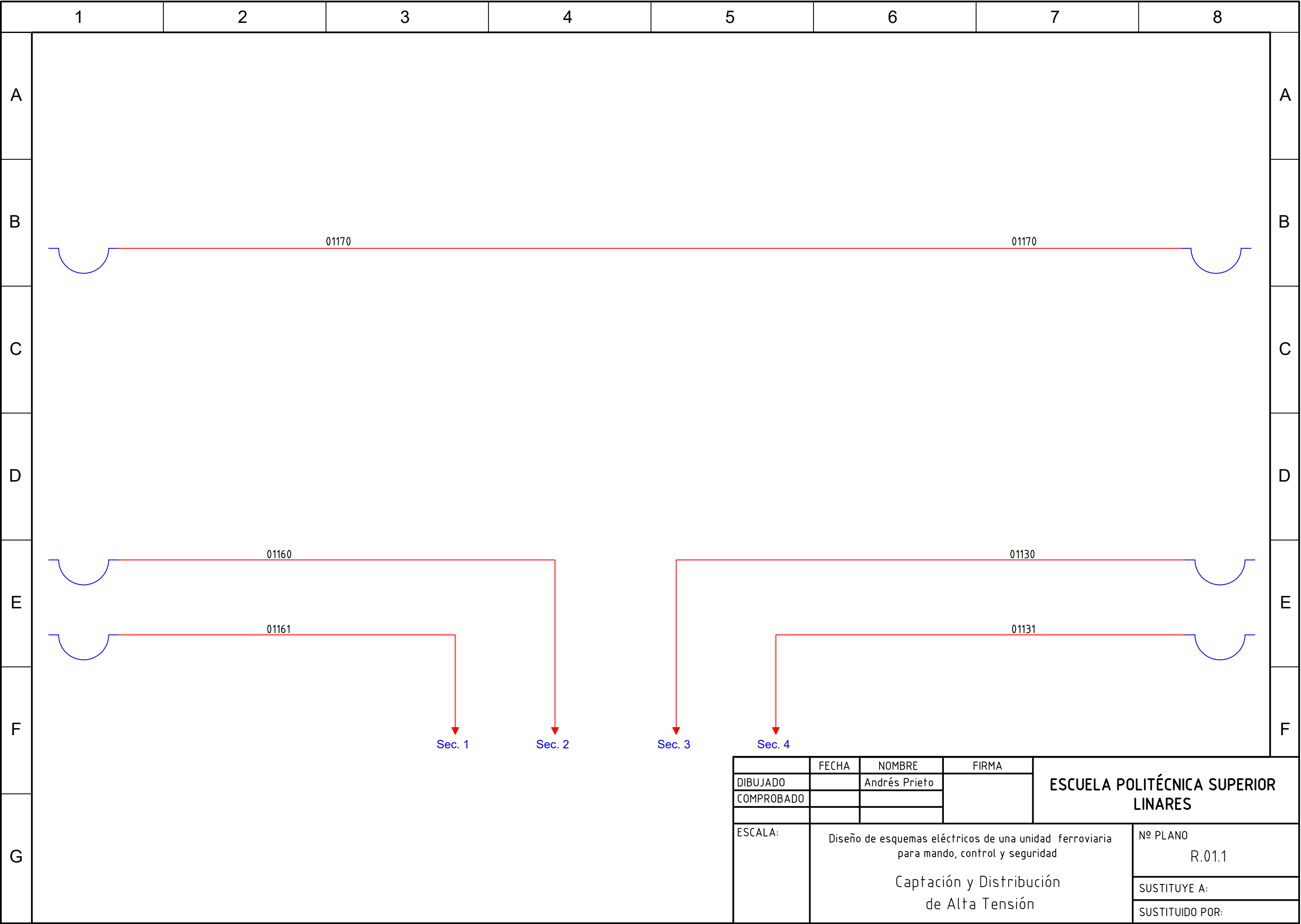






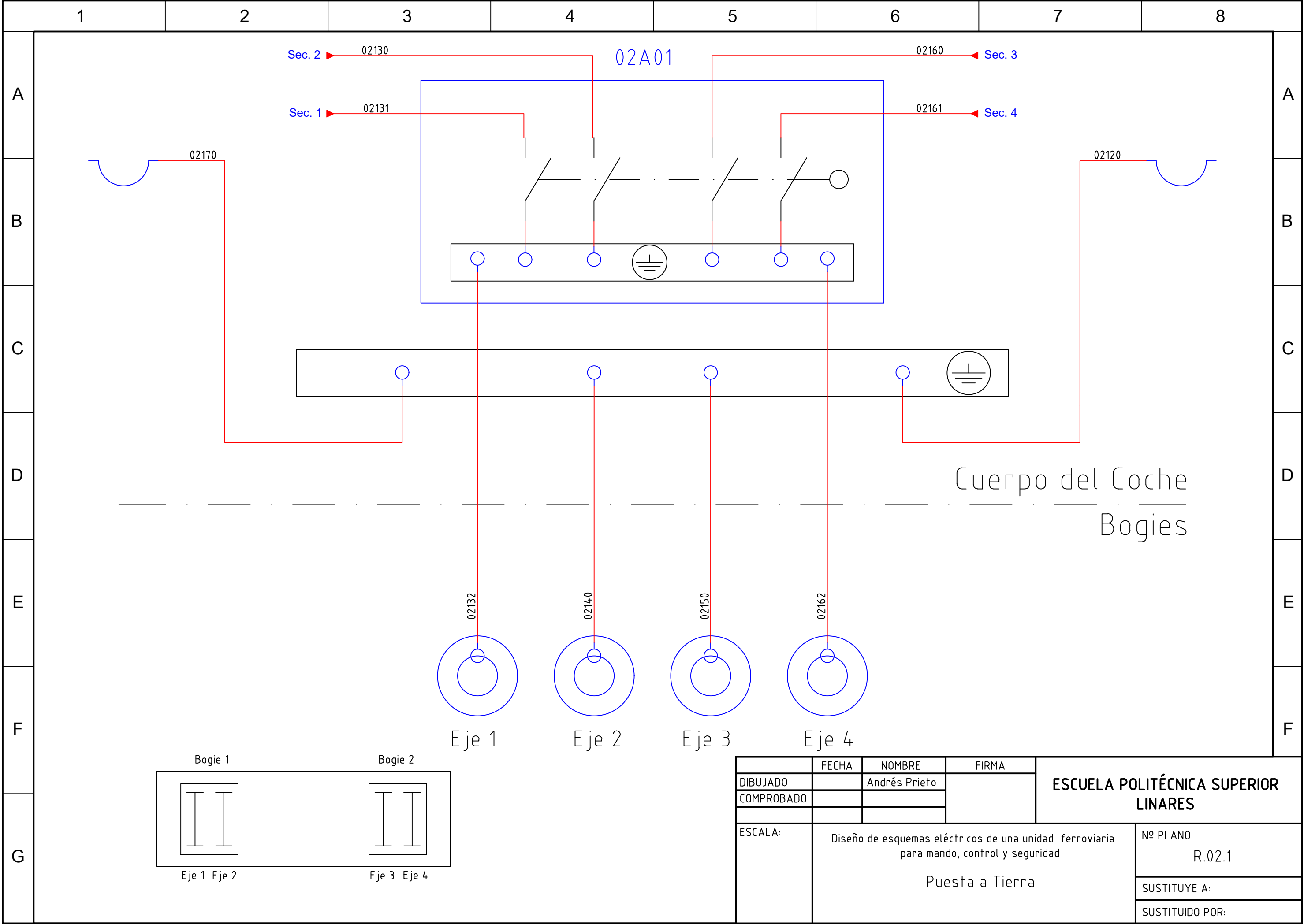
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

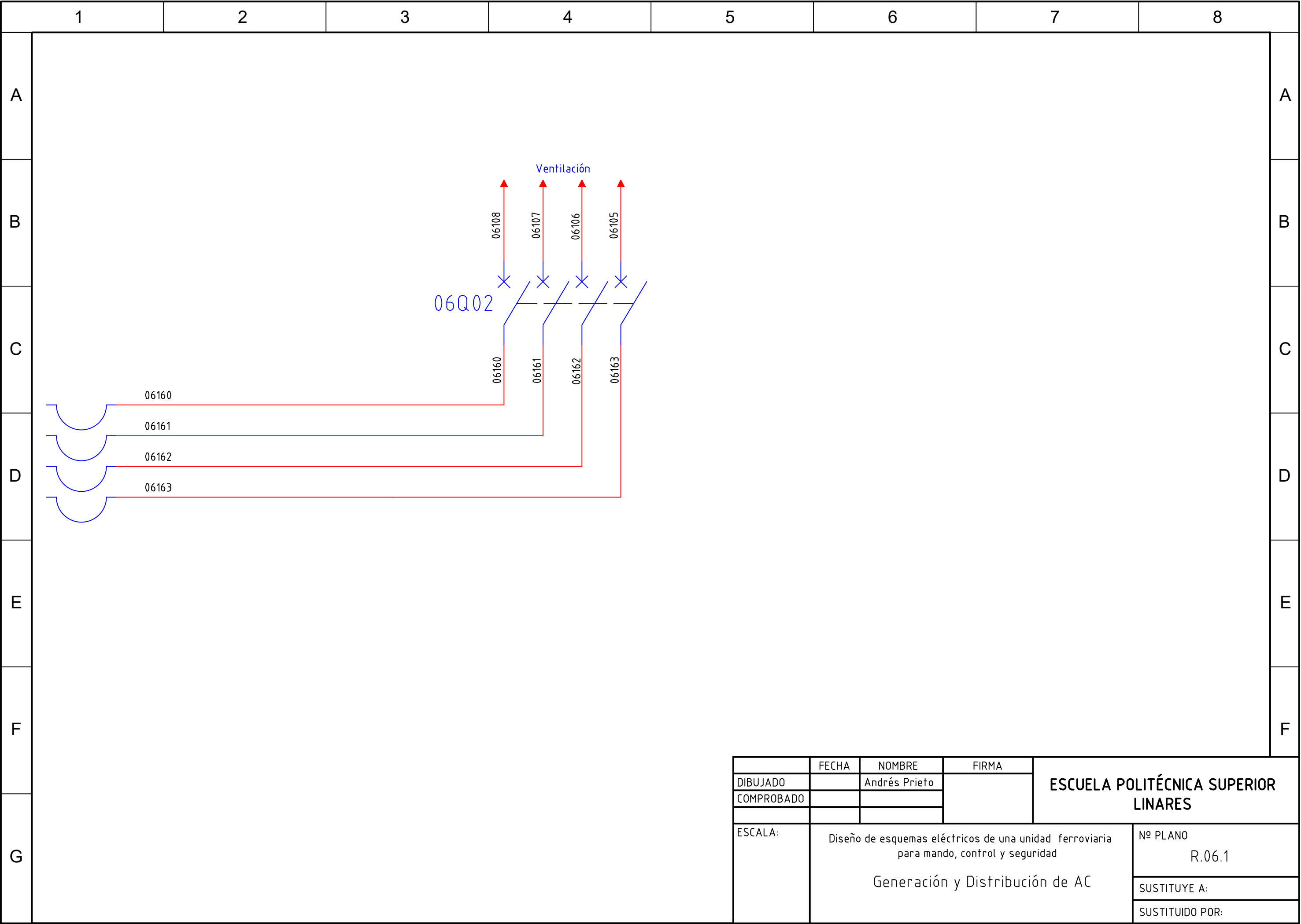
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

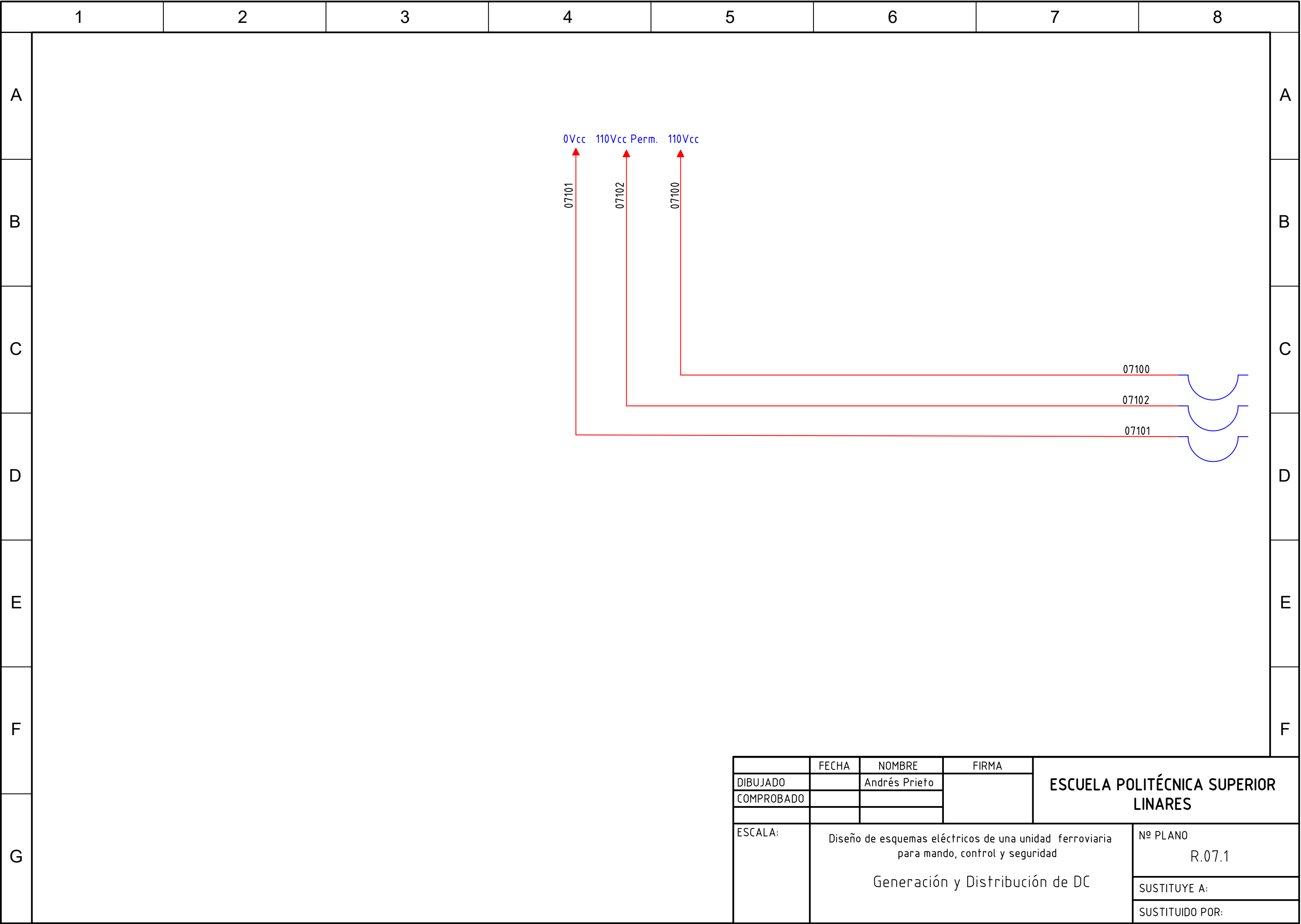


CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK







|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |   |
| A |   |   |   |   |   |   |   |   | A |
| B |   |   |   |   |   |   |   |   | B |
| C |   |   |   |   |   |   |   |   | C |
| D |   |   |   |   |   |   |   |   | D |
| E |   |   |   |   |   |   |   |   | E |
| F |   |   |   |   |   |   |   |   | F |
| G |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

|            |                                                                                         |               |       |                                         |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------|-----------------------------------------|
|            | FECHA                                                                                   | NOMBRE        | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES |
| DIBUJADO   |                                                                                         | Andrés Prieto |       |                                         |
| COMPROBADO |                                                                                         |               |       |                                         |
|            |                                                                                         |               |       |                                         |
| ESCALA:    | Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria para mando, control y seguridad |               |       | Nº PLANO                                |
|            | Control de Encendido                                                                    |               |       | R.10.1                                  |
|            |                                                                                         |               |       | SUSTITUYE A:                            |
|            |                                                                                         |               |       | SUSTITUIDO POR:                         |

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

|   |                                                                                                     |   |   |   |   |   |   |   |                                                                               |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|-------------------------------------------------------------------------------|
|   | 1                                                                                                   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |                                                                               |
| A | <div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div> |   |   |   |   |   |   |   | A                                                                             |
| B |                                                                                                     |   |   |   |   |   |   |   | B                                                                             |
| C |                                                                                                     |   |   |   |   |   |   |   | C                                                                             |
| D |                                                                                                     |   |   |   |   |   |   |   | D                                                                             |
| E |                                                                                                     |   |   |   |   |   |   |   | E                                                                             |
| F |                                                                                                     |   |   |   |   |   |   |   | F                                                                             |
| G |                                                                                                     |   |   |   |   |   |   |   | <div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div> |

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |   |   |   |   |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| A | <div><div><div></div><div>13101</div><div></div></div><div><div></div><div>13102</div><div></div></div><div><div></div><div>13108</div><div></div></div><div><div></div><div>13103</div><div></div></div><div><div></div><div>13104</div><div></div></div><div><div></div><div>13105</div><div></div></div><div><div></div><div>13106</div><div></div></div><div><div></div><div>13107</div><div></div></div></div> |   |   |   |   |   |   |   | A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| B |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |   |   |   |   |   |   | B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| C |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |   |   |   |   |   |   | C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| D |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |   |   |   |   |   |   | D                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| E |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |   |   |   |   |   |   | E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| F |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |   |   |   |   |   |   | F                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| G |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |   |   |   |   |   |   | <div><div></div><div>FECHA</div><div>NOMBRE</div><div>FIRMA</div></div> <div><div>DIBUJADO</div><div>COMPROBADO</div><div></div></div> <div><div>ESCALA:</div><div>Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria para mando, control y seguridad</div><div>Control de Disyuntores</div></div> <div><div>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES</div><div>Nº PLANO</div><div>R.13.1</div><div>SUSTITUYE A:</div><div>SUSTITUIDO POR:</div></div> |

|         |                                                                                                                                                                                                         |       |               |       |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |   |   |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |                    |  |  |                        |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |                 |  |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------|-------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|-------|--------|-------|-----------------------------------------|----------|--|---------------|--|------------|--|--|--|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--------------------|--|--|------------------------|--|--|--|--------------|--|--|--|--|--|--|-----------------|--|
|         | 1                                                                                                                                                                                                       | 2     | 3             | 4     | 5                                       | 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 7 | 8 |   |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |                    |  |  |                        |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |                 |  |
| A       | <div><div></div><div>13201</div><div></div></div> <div><div></div><div>13202</div><div></div></div> <div><div></div><div>13206</div><div></div></div> <div><div></div><div>13207</div><div></div></div> |       |               |       |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |   | A |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |                    |  |  |                        |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |                 |  |
| B       |                                                                                                                                                                                                         |       |               |       |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |   | B |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |                    |  |  |                        |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |                 |  |
| C       |                                                                                                                                                                                                         |       |               |       |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |   | C |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |                    |  |  |                        |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |                 |  |
| D       |                                                                                                                                                                                                         |       |               |       |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |   | D |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |                    |  |  |                        |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |                 |  |
| E       |                                                                                                                                                                                                         |       |               |       |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |   | E |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |                    |  |  |                        |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |                 |  |
| F       |                                                                                                                                                                                                         |       |               |       |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |   | F |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |                    |  |  |                        |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |                 |  |
| G       |                                                                                                                                                                                                         |       |               |       |                                         | <table><tr><td></td><td>FECHA</td><td>NOMBRE</td><td>FIRMA</td><td rowspan="3">ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br/>LINARES</td></tr><tr><td>DIBUJADO</td><td></td><td>Andrés Prieto</td><td></td></tr><tr><td>COMPROBADO</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>ESCALA:</td><td colspan="4">Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria para mando, control y seguridad</td><td colspan="2">Nº PLANO<br/>R.13.2</td></tr><tr><td></td><td colspan="4">Control de Disyuntores</td><td colspan="2">SUSTITUYE A:</td></tr><tr><td></td><td colspan="4"></td><td colspan="2">SUSTITUIDO POR:</td></tr></table> |   |   |   | FECHA | NOMBRE | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES | DIBUJADO |  | Andrés Prieto |  | COMPROBADO |  |  |  | ESCALA: | Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria para mando, control y seguridad |  |  |  | Nº PLANO<br>R.13.2 |  |  | Control de Disyuntores |  |  |  | SUSTITUYE A: |  |  |  |  |  |  | SUSTITUIDO POR: |  |
|         |                                                                                                                                                                                                         | FECHA | NOMBRE        | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |   |   |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |                    |  |  |                        |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |                 |  |
|         | DIBUJADO                                                                                                                                                                                                |       | Andrés Prieto |       |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |   |   |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |                    |  |  |                        |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |                 |  |
|         | COMPROBADO                                                                                                                                                                                              |       |               |       |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |   |   |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |                    |  |  |                        |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |                 |  |
| ESCALA: | Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria para mando, control y seguridad                                                                                                                 |       |               |       | Nº PLANO<br>R.13.2                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |   |   |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |                    |  |  |                        |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |                 |  |
|         | Control de Disyuntores                                                                                                                                                                                  |       |               |       | SUSTITUYE A:                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |   |   |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |                    |  |  |                        |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |                 |  |
|         |                                                                                                                                                                                                         |       |               |       | SUSTITUIDO POR:                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |   |   |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |                    |  |  |                        |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |                 |  |

|   |                  |                                                                                         |                          |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |   |   |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |  |  |                          |              |  |  |  |  |                 |
|---|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|--|-------|--------|-------|-----------------------------------------|----------|--|---------------|--|------------|--|--|--|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--------------------|--|--|--|--------------------------|--------------|--|--|--|--|-----------------|
| 1 | 2                | 3                                                                                       | 4                        | 5               | 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 7 | 8 |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |  |  |                          |              |  |  |  |  |                 |
| A |                  |                                                                                         |                          |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |   | A |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |  |  |                          |              |  |  |  |  |                 |
| B |                  |                                                                                         |                          |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |   | B |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |  |  |                          |              |  |  |  |  |                 |
| C | <div>20104</div> |                                                                                         |                          |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |   | C |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |  |  |                          |              |  |  |  |  |                 |
| D |                  |                                                                                         |                          |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |   | D |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |  |  |                          |              |  |  |  |  |                 |
| E |                  |                                                                                         |                          |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |   | E |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |  |  |                          |              |  |  |  |  |                 |
| F |                  |                                                                                         |                          |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |   | F |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |  |  |                          |              |  |  |  |  |                 |
| G |                  |                                                                                         |                          |                 | <table><tr><td></td><td>FECHA</td><td>NOMBRE</td><td>FIRMA</td><td rowspan="3">ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br/>LINARES</td></tr><tr><td>DIBUJADO</td><td></td><td>Andrés Prieto</td><td></td></tr><tr><td>COMPROBADO</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>ESCALA:</td><td colspan="3">Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria para mando, control y seguridad</td><td>Nº PLANO<br/>R.20.1</td></tr><tr><td colspan="3"></td><td>Habilitación de Tracción</td><td>SUSTITUYE A:</td></tr><tr><td colspan="3"></td><td></td><td>SUSTITUIDO POR:</td></tr></table> |   |   |  | FECHA | NOMBRE | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES | DIBUJADO |  | Andrés Prieto |  | COMPROBADO |  |  |  | ESCALA: | Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria para mando, control y seguridad |  |  | Nº PLANO<br>R.20.1 |  |  |  | Habilitación de Tracción | SUSTITUYE A: |  |  |  |  | SUSTITUIDO POR: |
|   |                  | FECHA                                                                                   | NOMBRE                   | FIRMA           | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |   |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |  |  |                          |              |  |  |  |  |                 |
|   | DIBUJADO         |                                                                                         | Andrés Prieto            |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |   |   |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |  |  |                          |              |  |  |  |  |                 |
|   | COMPROBADO       |                                                                                         |                          |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |   |   |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |  |  |                          |              |  |  |  |  |                 |
|   | ESCALA:          | Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria para mando, control y seguridad |                          |                 | Nº PLANO<br>R.20.1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |   |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |  |  |                          |              |  |  |  |  |                 |
|   |                  |                                                                                         | Habilitación de Tracción | SUSTITUYE A:    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |   |   |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |  |  |                          |              |  |  |  |  |                 |
|   |                  |                                                                                         |                          | SUSTITUIDO POR: |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |   |   |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |  |  |                          |              |  |  |  |  |                 |

|         |                                                                                                                           |       |               |       |                                         |                    |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |  |  |  |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |  |                    |  |                      |  |  |  |  |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------|-------|-----------------------------------------|--------------------|---|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|-------|--------|-------|-----------------------------------------|----------|--|---------------|--|------------|--|--|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--------------------|--|----------------------|--|--|--|--|
|         | 1                                                                                                                         | 2     | 3             | 4     | 5                                       | 6                  | 7 | 8 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |  |  |  |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |  |                    |  |                      |  |  |  |  |
| A       | <div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div> |       |               |       |                                         |                    |   |   | A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |  |                    |  |                      |  |  |  |  |
| B       |                                                                                                                           |       |               |       |                                         |                    |   |   | B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |  |                    |  |                      |  |  |  |  |
|         |                                                                                                                           |       |               |       |                                         |                    |   |   | B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |  |                    |  |                      |  |  |  |  |
|         |                                                                                                                           |       |               |       |                                         |                    |   |   | B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |  |                    |  |                      |  |  |  |  |
|         |                                                                                                                           |       |               |       |                                         |                    |   |   | B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |  |                    |  |                      |  |  |  |  |
| C       |                                                                                                                           |       |               |       |                                         |                    |   |   | C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |  |                    |  |                      |  |  |  |  |
| D       |                                                                                                                           |       |               |       |                                         |                    |   |   | D                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |  |                    |  |                      |  |  |  |  |
| E       |                                                                                                                           |       |               |       |                                         |                    |   |   | E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |  |                    |  |                      |  |  |  |  |
| F       |                                                                                                                           |       |               |       |                                         |                    |   |   | F                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |  |                    |  |                      |  |  |  |  |
| G       |                                                                                                                           |       |               |       |                                         |                    |   |   | <table><tr><td></td><td>FECHA</td><td>NOMBRE</td><td>FIRMA</td><td rowspan="3">ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br/>LINARES</td></tr><tr><td>DIBUJADO</td><td></td><td>Andrés Prieto</td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td>COMPROBADO</td><td></td><td></td></tr><tr><td>ESCALA:</td><td colspan="5">Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria para mando, control y seguridad</td><td>Nº PLANO<br/>R.21.1</td></tr><tr><td></td><td colspan="5">Control de Velocidad</td><td>SUSTITUYE A:</td></tr><tr><td></td><td colspan="5"></td><td>SUSTITUIDO POR:</td></tr></table> |  |  |  |  |  |  | FECHA | NOMBRE | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES | DIBUJADO |  | Andrés Prieto |  | COMPROBADO |  |  | ESCALA: | Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria para mando, control y seguridad |  |  |  |  | Nº PLANO<br>R.21.1 |  | Control de Velocidad |  |  |  |  |
|         |                                                                                                                           | FECHA | NOMBRE        | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES |                    |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |  |  |  |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |  |                    |  |                      |  |  |  |  |
|         | DIBUJADO                                                                                                                  |       | Andrés Prieto |       |                                         |                    |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |  |  |  |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |  |                    |  |                      |  |  |  |  |
|         | COMPROBADO                                                                                                                |       |               |       |                                         |                    |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |  |  |  |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |  |                    |  |                      |  |  |  |  |
| ESCALA: | Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria para mando, control y seguridad                                   |       |               |       |                                         | Nº PLANO<br>R.21.1 |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |  |  |  |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |  |                    |  |                      |  |  |  |  |
|         | Control de Velocidad                                                                                                      |       |               |       |                                         | SUSTITUYE A:       |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |  |  |  |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |  |                    |  |                      |  |  |  |  |
|         |                                                                                                                           |       |               |       |                                         | SUSTITUIDO POR:    |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |  |  |  |  |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |  |  |                    |  |                      |  |  |  |  |

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                           |   |   |                    |   |   |   |   |       |               |        |                                         |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |                   |  |  |              |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|--------------------|---|---|---|---|-------|---------------|--------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|----------|--|---------------|--|------------|--|--|--|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--------------------|--|-------------------|--|--|--------------|--|--|--|--|-----------------|--|--|--|--|--|--|--|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1                                                                                                                         | 2 | 3 | 4                  | 5 | 6 | 7 | 8 |       |               |        |                                         |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |                   |  |  |              |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div> |   |   |                    |   |   |   |   | A     |               |        |                                         |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |                   |  |  |              |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
| B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                           |   |   |                    |   |   |   |   | B     |               |        |                                         |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |                   |  |  |              |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                           |   |   |                    |   |   |   |   | C     |               |        |                                         |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |                   |  |  |              |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                           |   |   |                    |   |   |   |   | D     |               |        |                                         |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |                   |  |  |              |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
| E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                           |   |   |                    |   |   |   |   | E     |               |        |                                         |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |                   |  |  |              |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                           |   |   |                    |   |   |   |   | F     |               |        |                                         |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |                   |  |  |              |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                           |   |   |                    |   |   |   |   | G     |               |        |                                         |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |                   |  |  |              |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
| <table><tr><td></td><td>FECHA</td><td>NOMBRE</td><td>FIRMA</td><td rowspan="3">ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br/>LINARES</td></tr><tr><td>DIBUJADO</td><td></td><td>Andrés Prieto</td><td></td></tr><tr><td>COMPROBADO</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>ESCALA:</td><td colspan="3">Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria para mando, control y seguridad</td><td>Nº PLANO<br/>R.23.3</td></tr><tr><td></td><td colspan="3">Control de Marcha</td><td>SUSTITUYE A:</td></tr><tr><td></td><td colspan="3"></td><td>SUSTITUIDO POR:</td></tr></table> |                                                                                                                           |   |   |                    |   |   |   |   |       | FECHA         | NOMBRE | FIRMA                                   | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES | DIBUJADO |  | Andrés Prieto |  | COMPROBADO |  |  |  | ESCALA: | Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria para mando, control y seguridad |  |  | Nº PLANO<br>R.23.3 |  | Control de Marcha |  |  | SUSTITUYE A: |  |  |  |  | SUSTITUIDO POR: |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                           |   |   |                    |   |   |   |   | FECHA | NOMBRE        | FIRMA  | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |                   |  |  |              |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
| DIBUJADO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                           |   |   |                    |   |   |   |   |       | Andrés Prieto |        |                                         |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |                   |  |  |              |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
| COMPROBADO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                           |   |   |                    |   |   |   |   |       |               |        |                                         |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |                   |  |  |              |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
| ESCALA:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria para mando, control y seguridad                                   |   |   | Nº PLANO<br>R.23.3 |   |   |   |   |       |               |        |                                         |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |                   |  |  |              |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Control de Marcha                                                                                                         |   |   | SUSTITUYE A:       |   |   |   |   |       |               |        |                                         |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |                   |  |  |              |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                           |   |   | SUSTITUIDO POR:    |   |   |   |   |       |               |        |                                         |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |                   |  |  |              |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                         |               |                 |                                         |   |   |   |   |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |                       |  |  |              |  |  |  |  |                 |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------|-----------------------------------------|---|---|---|---|-------|--------|-------|-----------------------------------------|----------|--|---------------|--|------------|--|--|--|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--------------------|--|-----------------------|--|--|--------------|--|--|--|--|-----------------|
|   | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 2                                                                                       | 3             | 4               | 5                                       | 6 | 7 | 8 |   |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |                       |  |  |              |  |  |  |  |                 |
| A |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                         |               |                 |                                         |   |   |   | A |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |                       |  |  |              |  |  |  |  |                 |
| B |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                         |               |                 |                                         |   |   |   | B |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |                       |  |  |              |  |  |  |  |                 |
| C |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                         |               |                 |                                         |   |   |   | C |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |                       |  |  |              |  |  |  |  |                 |
| D | <div>32103</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                         |               |                 |                                         |   |   |   | D |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |                       |  |  |              |  |  |  |  |                 |
| E | <div>32104</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                         |               |                 |                                         |   |   |   | E |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |                       |  |  |              |  |  |  |  |                 |
| F |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                         |               |                 |                                         |   |   |   | F |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |                       |  |  |              |  |  |  |  |                 |
| G | <table><tr><td></td><td>FECHA</td><td>NOMBRE</td><td>FIRMA</td><td rowspan="3">ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br/>LINARES</td></tr><tr><td>DIBUJADO</td><td></td><td>Andrés Prieto</td><td></td></tr><tr><td>COMPROBADO</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>ESCALA:</td><td colspan="3">Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria para mando, control y seguridad</td><td>Nº PLANO<br/>R.32.1</td></tr><tr><td></td><td colspan="3">Freno de Aparcamiento</td><td>SUSTITUYE A:</td></tr><tr><td></td><td colspan="3"></td><td>SUSTITUIDO POR:</td></tr></table> |                                                                                         |               |                 |                                         |   |   |   |   | FECHA | NOMBRE | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES | DIBUJADO |  | Andrés Prieto |  | COMPROBADO |  |  |  | ESCALA: | Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria para mando, control y seguridad |  |  | Nº PLANO<br>R.32.1 |  | Freno de Aparcamiento |  |  | SUSTITUYE A: |  |  |  |  | SUSTITUIDO POR: |
|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | FECHA                                                                                   | NOMBRE        | FIRMA           | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES |   |   |   |   |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |                       |  |  |              |  |  |  |  |                 |
|   | DIBUJADO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                         | Andrés Prieto |                 |                                         |   |   |   |   |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |                       |  |  |              |  |  |  |  |                 |
|   | COMPROBADO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                         |               |                 |                                         |   |   |   |   |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |                       |  |  |              |  |  |  |  |                 |
|   | ESCALA:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria para mando, control y seguridad |               |                 | Nº PLANO<br>R.32.1                      |   |   |   |   |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |                       |  |  |              |  |  |  |  |                 |
|   | Freno de Aparcamiento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                         |               | SUSTITUYE A:    |                                         |   |   |   |   |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |                       |  |  |              |  |  |  |  |                 |
|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                         |               | SUSTITUIDO POR: |                                         |   |   |   |   |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |  |         |                                                                                         |  |  |                    |  |                       |  |  |              |  |  |  |  |                 |

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |   |
| A |   |   |   |   |   |   |   |   | A |
| B |   |   |   |   |   |   |   |   | B |
| C |   |   |   |   |   |   |   |   | C |
| D |   |   |   |   |   |   |   |   | D |
| E |   |   |   |   |   |   |   |   | E |
| F |   |   |   |   |   |   |   |   | F |
| G |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

DIBUJADO

COMPROBADO

FECHA

NOMBRE

Andrés Prieto

FIRMA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES

ESCALA:

Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria para mando, control y seguridad

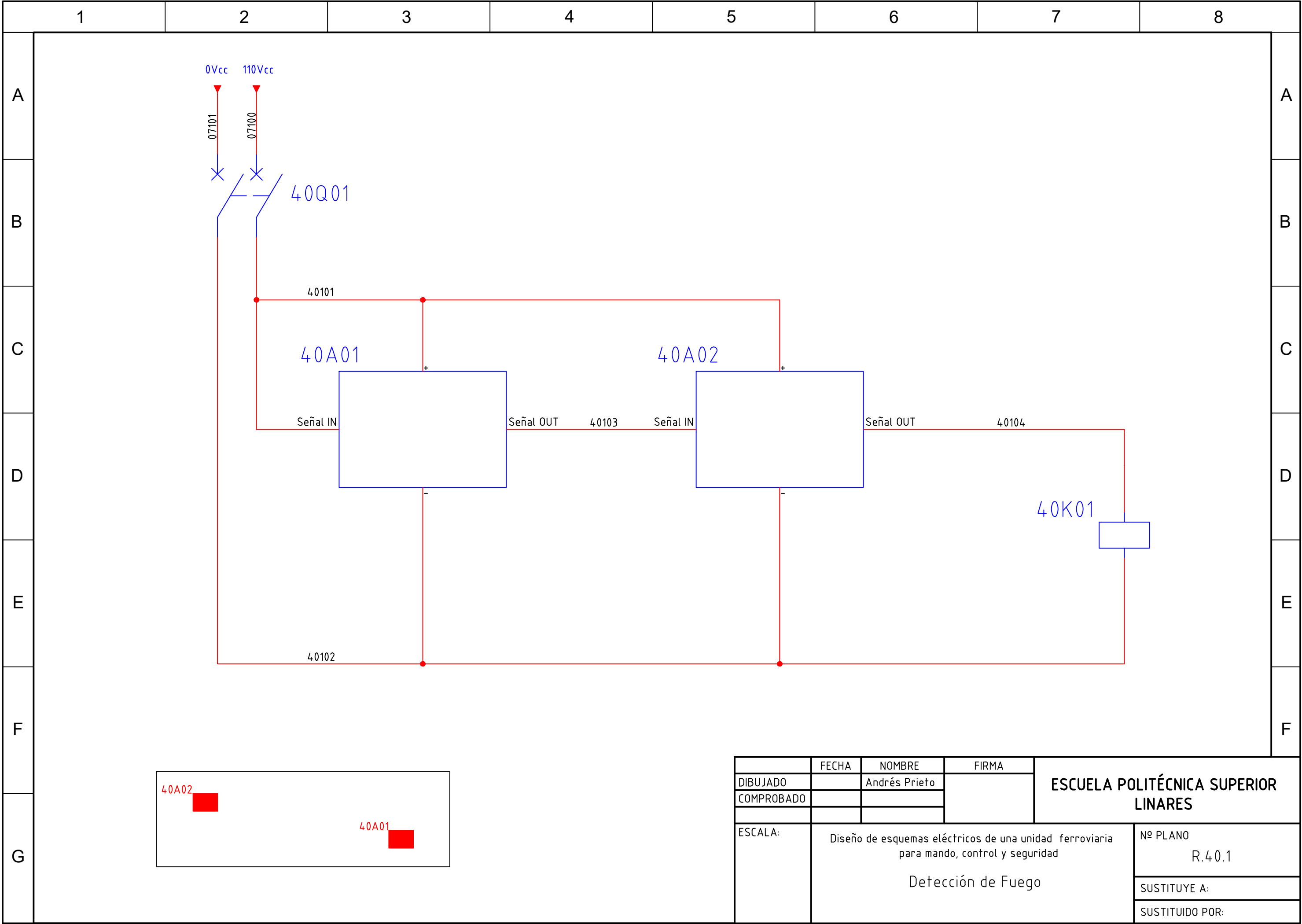
Freno de Emergencia

Nº PLANO

R.33.1

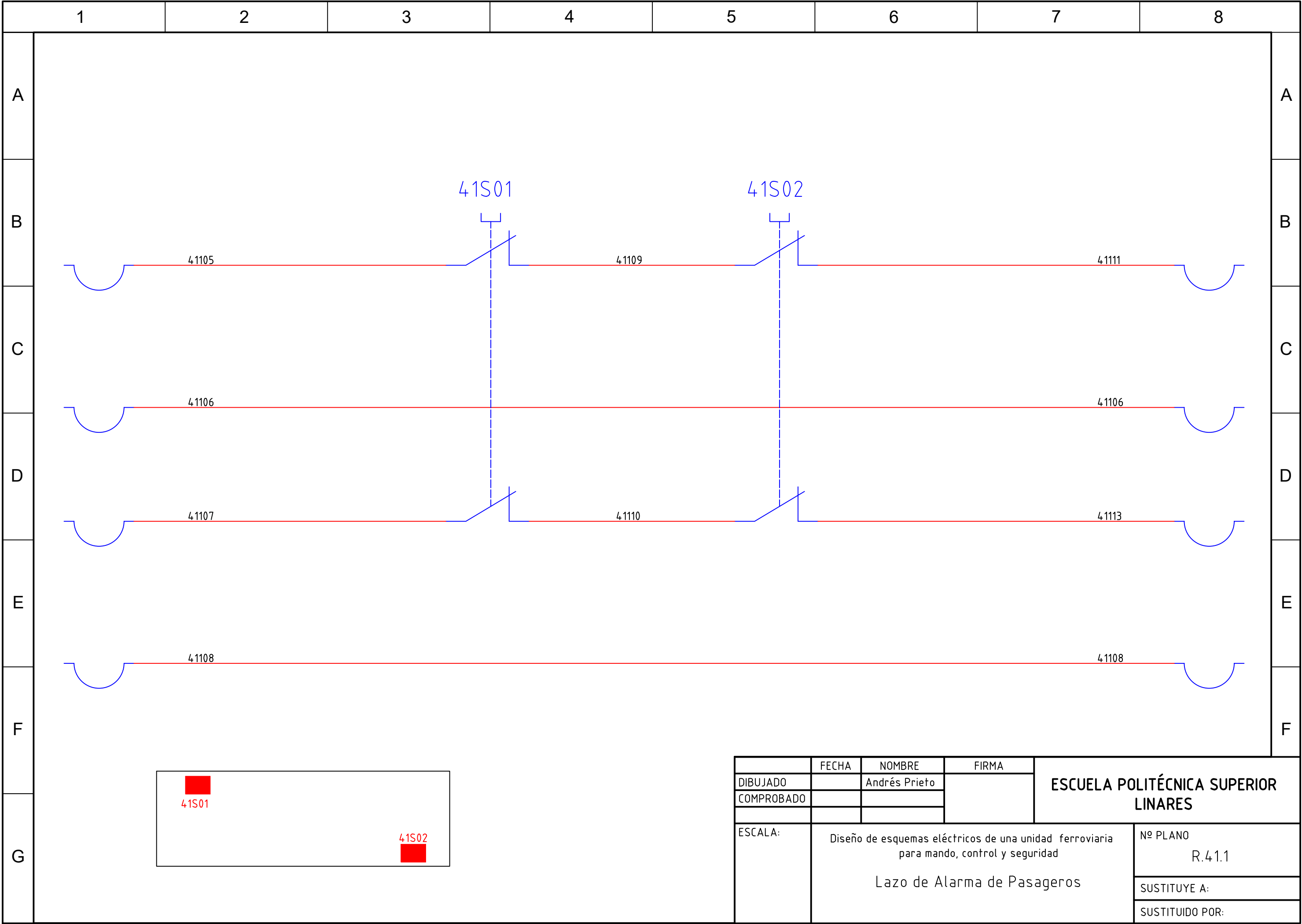
SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:



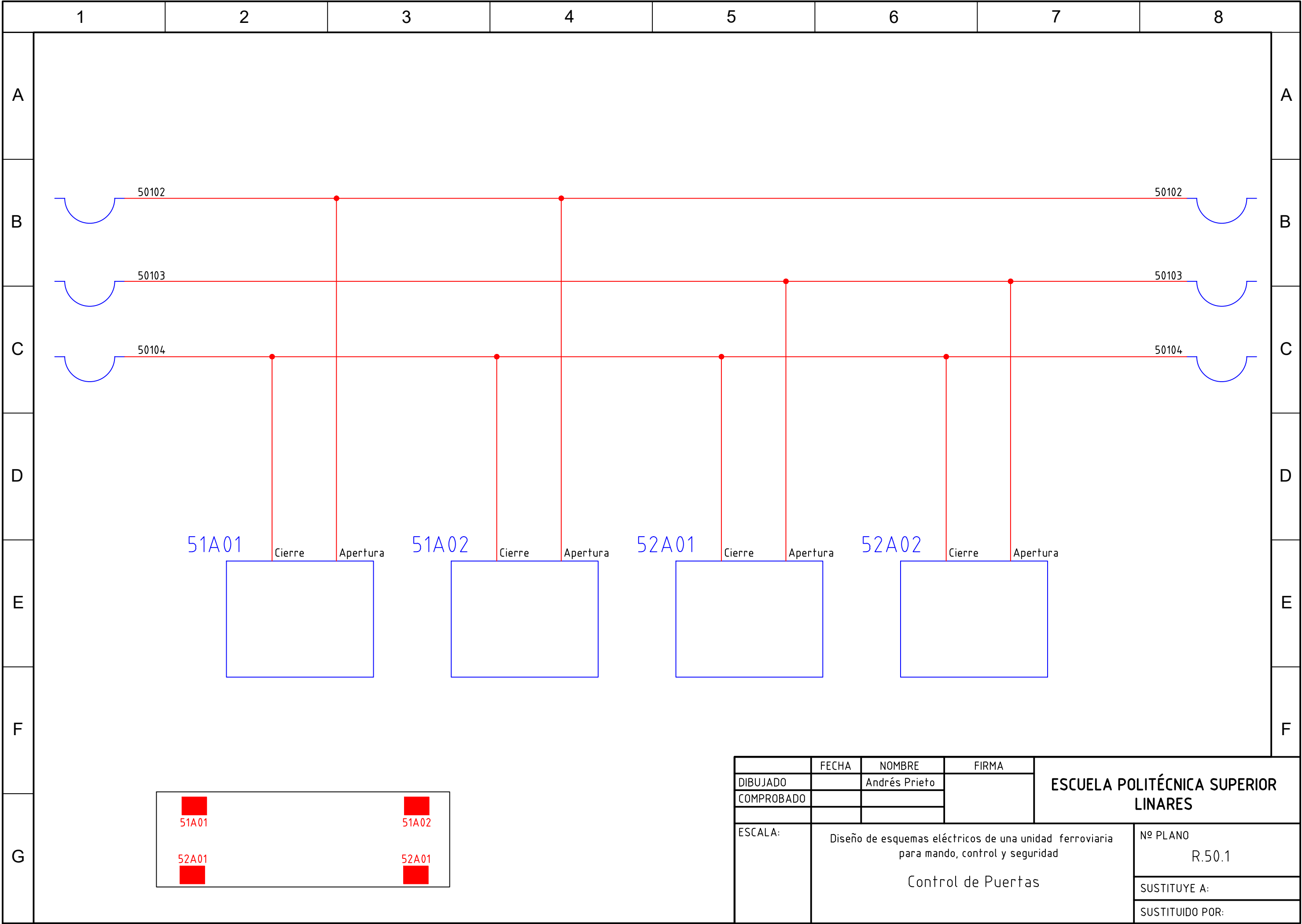
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



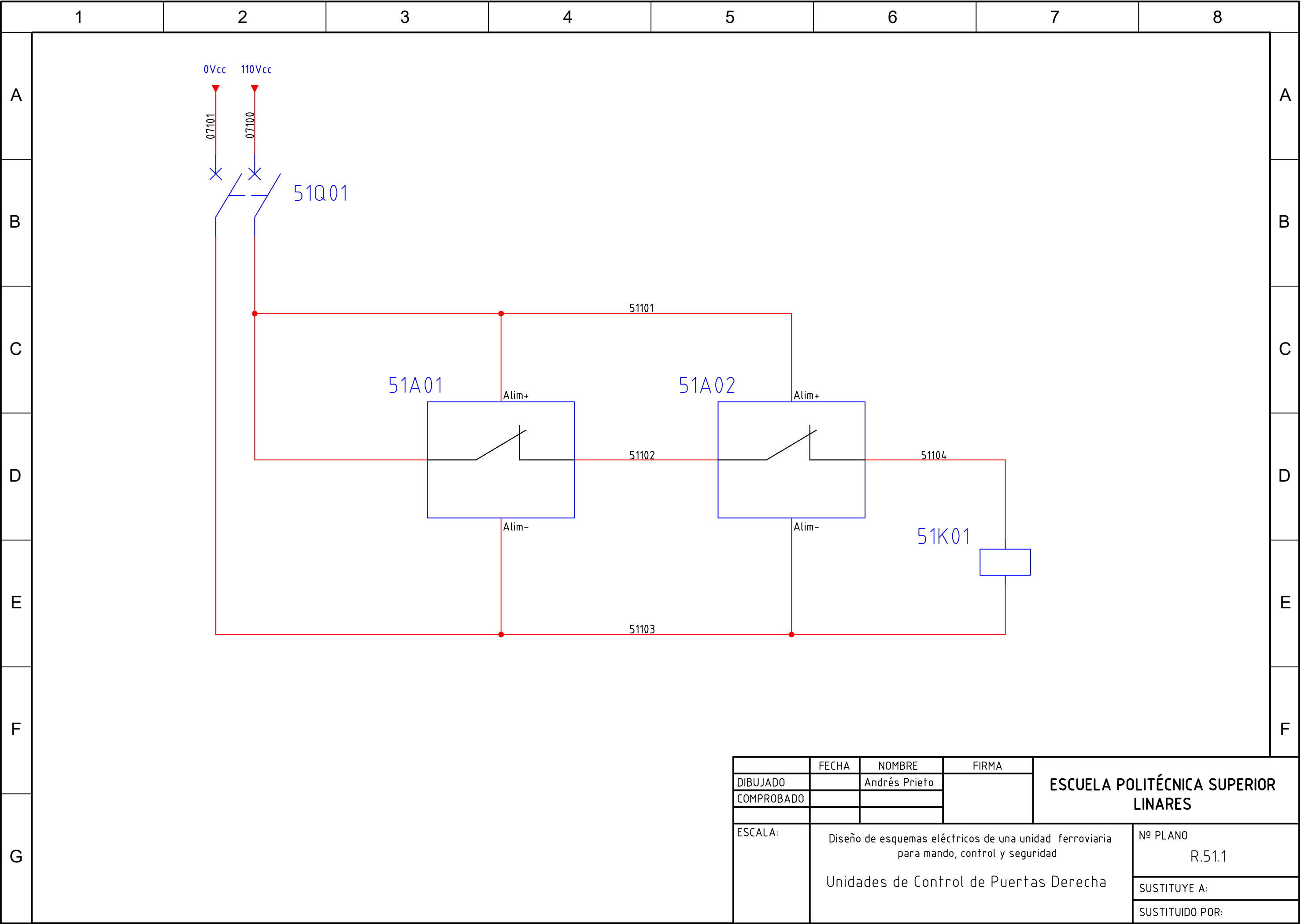
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



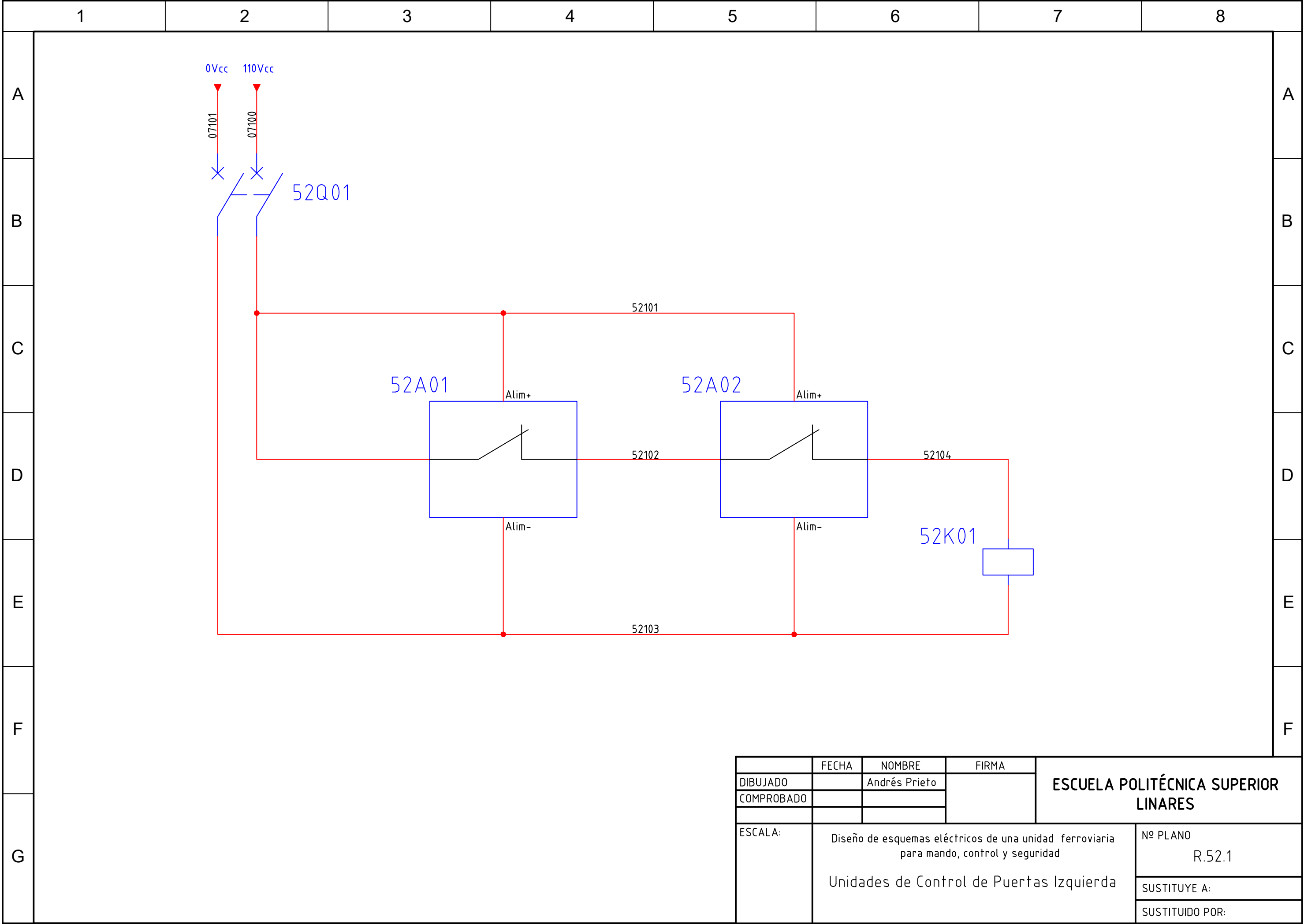
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



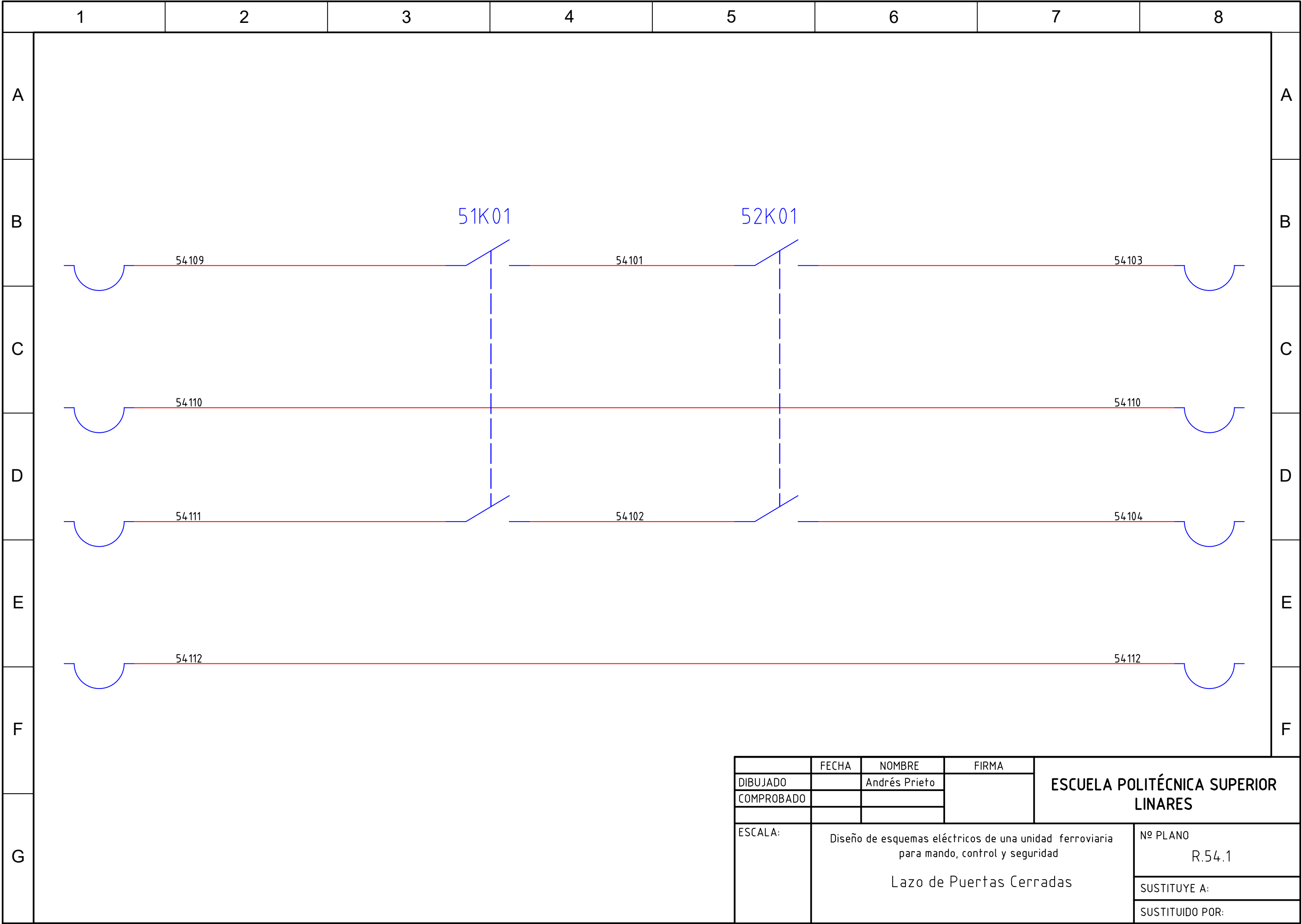
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

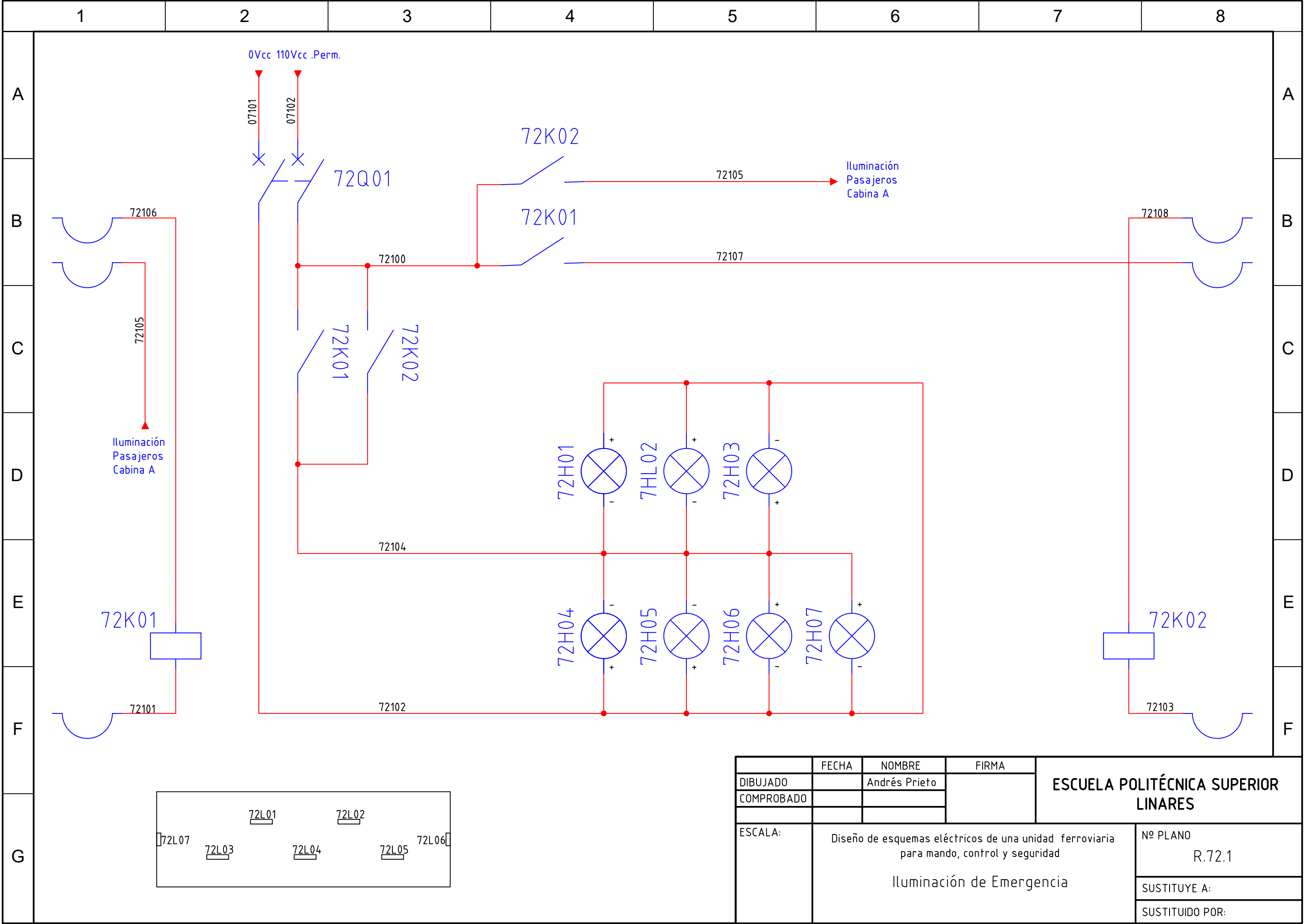
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

|   |                                                                                                                                                           |       |                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                              |                    |   |       |        |       |          |  |               |  |            |  |  |  |  |  |                                         |  |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---|-------|--------|-------|----------|--|---------------|--|------------|--|--|--|--|--|-----------------------------------------|--|
| 1 | 2                                                                                                                                                         | 3     | 4                                                                                                                   | 5                                                                                                                                                                                                                                            | 6                  | 7 | 8     |        |       |          |  |               |  |            |  |  |  |  |  |                                         |  |
| A |                                                                                                                                                           |       |                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                              |                    |   |       | A      |       |          |  |               |  |            |  |  |  |  |  |                                         |  |
| B |                                                                                                                                                           |       |                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                              |                    |   |       | B      |       |          |  |               |  |            |  |  |  |  |  |                                         |  |
| C |                                                                                                                                                           |       |                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                              |                    |   |       | C      |       |          |  |               |  |            |  |  |  |  |  |                                         |  |
| D | <div><div></div><div>70105</div><div></div><div>70105</div><div></div></div> <div><div></div><div>70103</div><div></div><div>70103</div><div></div></div> |       |                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                              |                    |   |       | D      |       |          |  |               |  |            |  |  |  |  |  |                                         |  |
| E |                                                                                                                                                           |       |                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                              |                    |   |       | E      |       |          |  |               |  |            |  |  |  |  |  |                                         |  |
| F |                                                                                                                                                           |       |                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                              |                    |   |       | F      |       |          |  |               |  |            |  |  |  |  |  |                                         |  |
| G |                                                                                                                                                           |       |                                                                                                                     | <table><tr><td></td><td>FECHA</td><td>NOMBRE</td><td>FIRMA</td></tr><tr><td>DIBUJADO</td><td></td><td>Andrés Prieto</td><td rowspan="3"></td></tr><tr><td>COMPROBADO</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table> |                    |   | FECHA | NOMBRE | FIRMA | DIBUJADO |  | Andrés Prieto |  | COMPROBADO |  |  |  |  |  | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES |  |
|   |                                                                                                                                                           | FECHA | NOMBRE                                                                                                              | FIRMA                                                                                                                                                                                                                                        |                    |   |       |        |       |          |  |               |  |            |  |  |  |  |  |                                         |  |
|   | DIBUJADO                                                                                                                                                  |       | Andrés Prieto                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                              |                    |   |       |        |       |          |  |               |  |            |  |  |  |  |  |                                         |  |
|   | COMPROBADO                                                                                                                                                |       |                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                              |                    |   |       |        |       |          |  |               |  |            |  |  |  |  |  |                                         |  |
|   |                                                                                                                                                           |       |                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                              |                    |   |       |        |       |          |  |               |  |            |  |  |  |  |  |                                         |  |
|   |                                                                                                                                                           |       | Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria para mando, control y seguridad<br><br>Iluminación Exterior |                                                                                                                                                                                                                                              | Nº PLANO<br>R.70.1 |   |       |        |       |          |  |               |  |            |  |  |  |  |  |                                         |  |
|   |                                                                                                                                                           |       |                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                              | SUSTITUYE A:       |   |       |        |       |          |  |               |  |            |  |  |  |  |  |                                         |  |
|   |                                                                                                                                                           |       |                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                              | SUSTITUIDO POR:    |   |       |        |       |          |  |               |  |            |  |  |  |  |  |                                         |  |

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

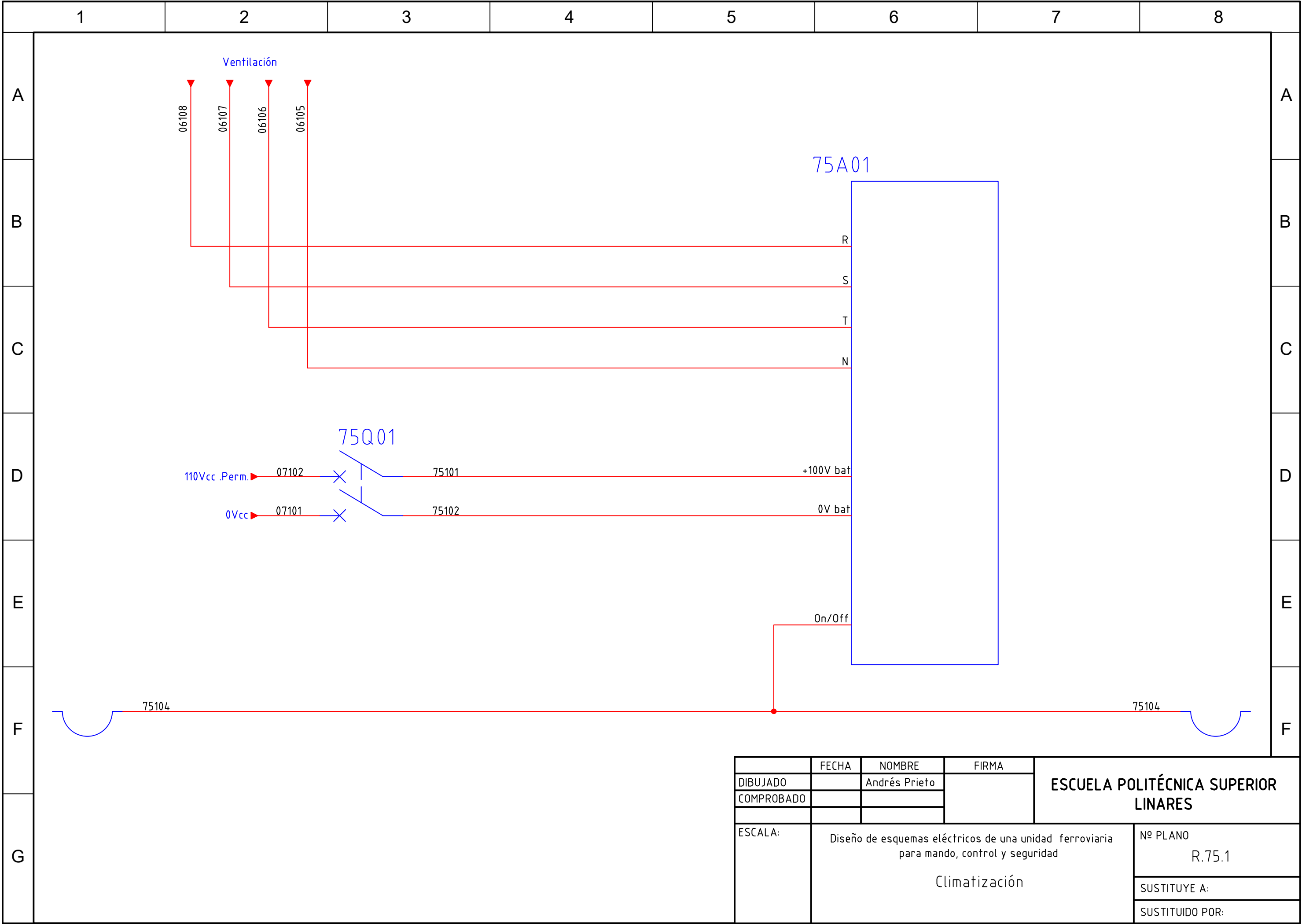
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK





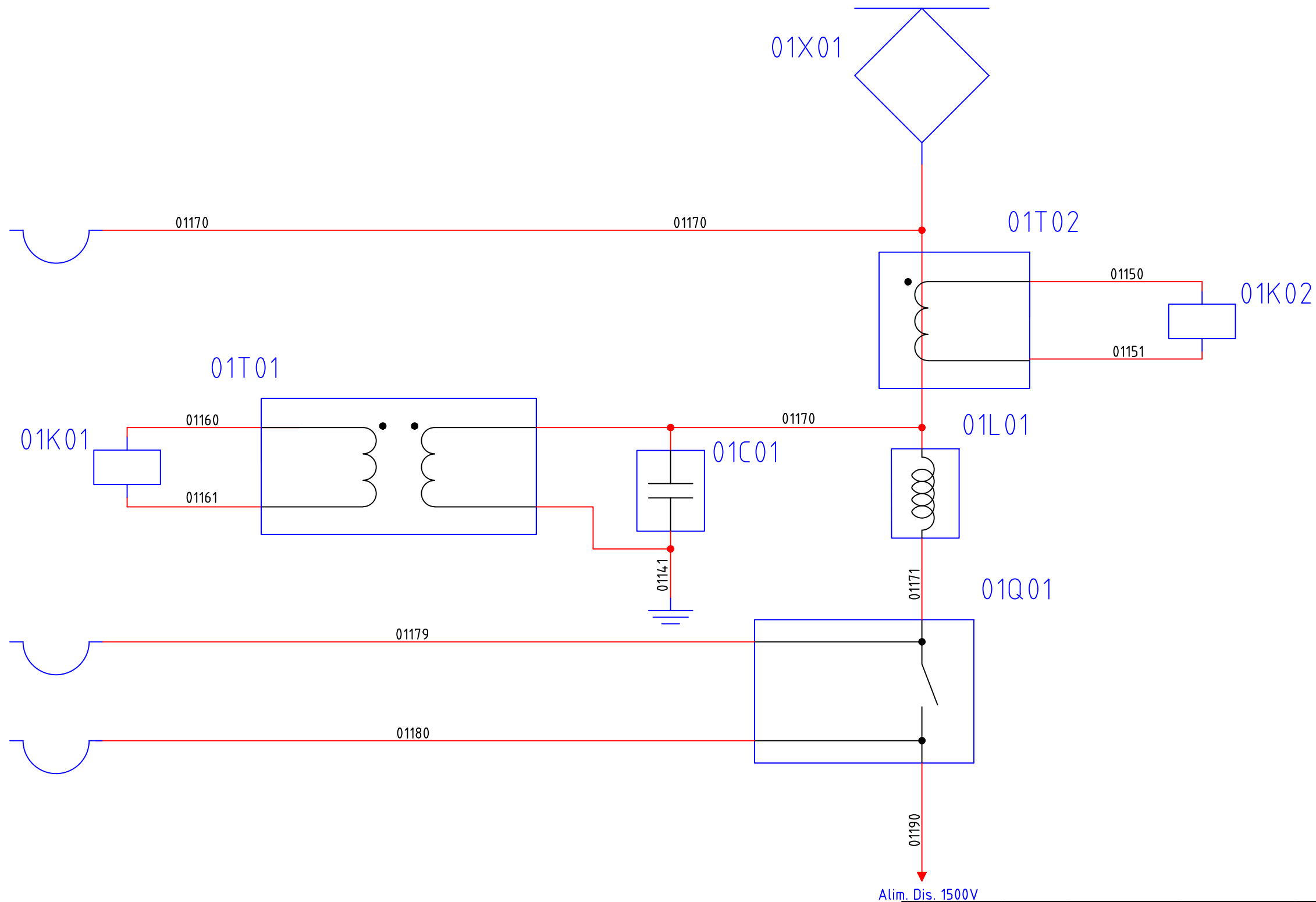
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

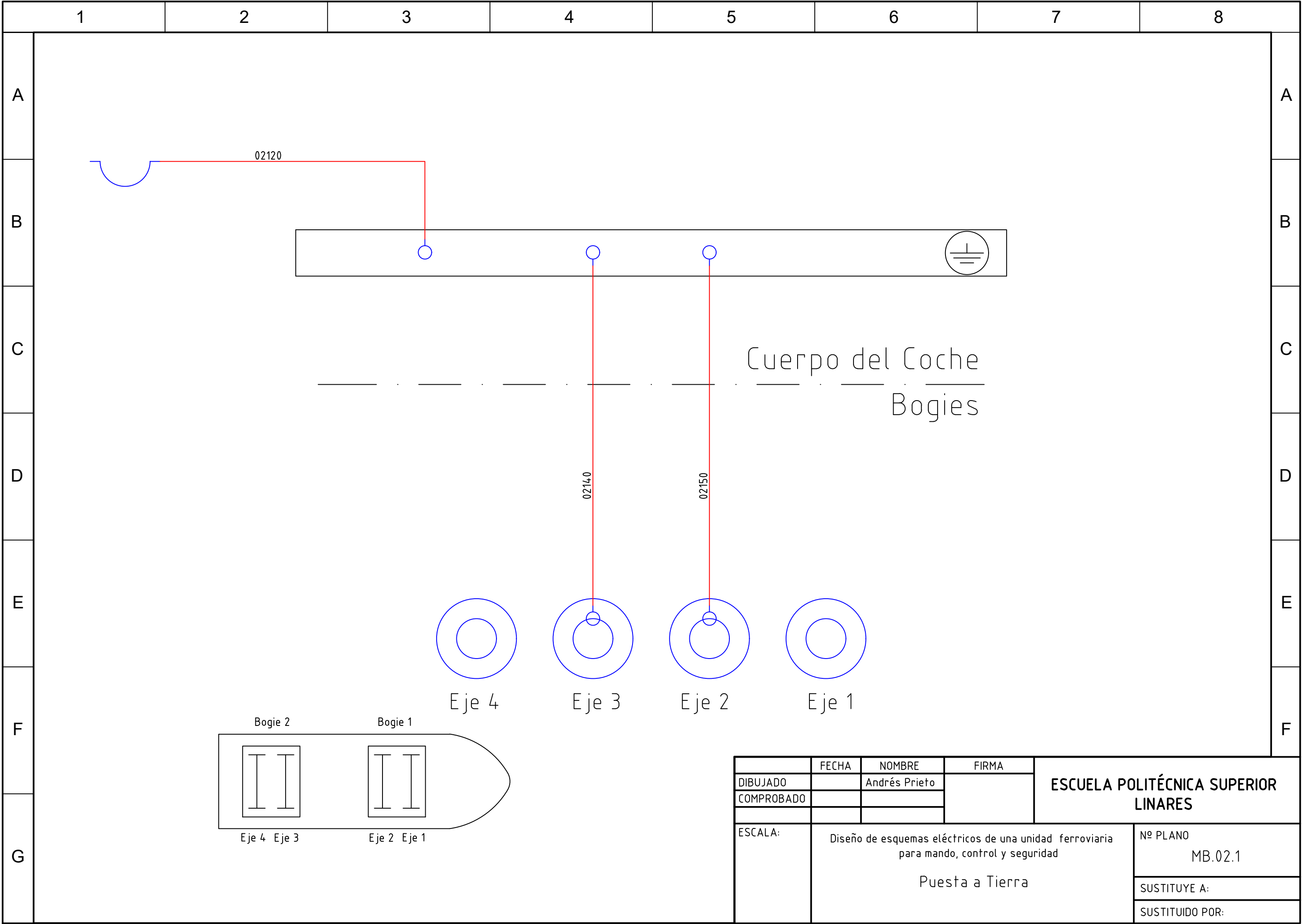


CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

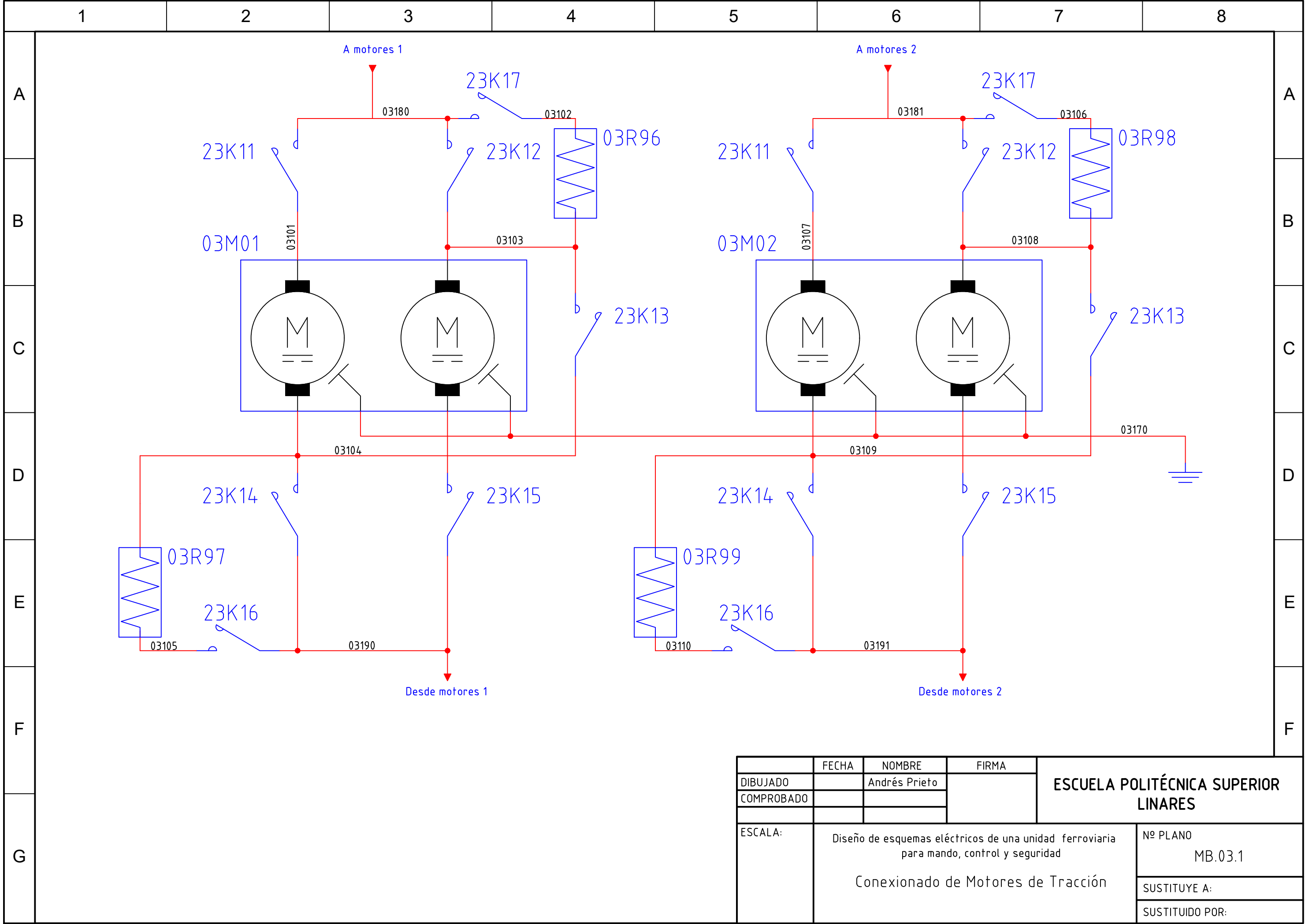


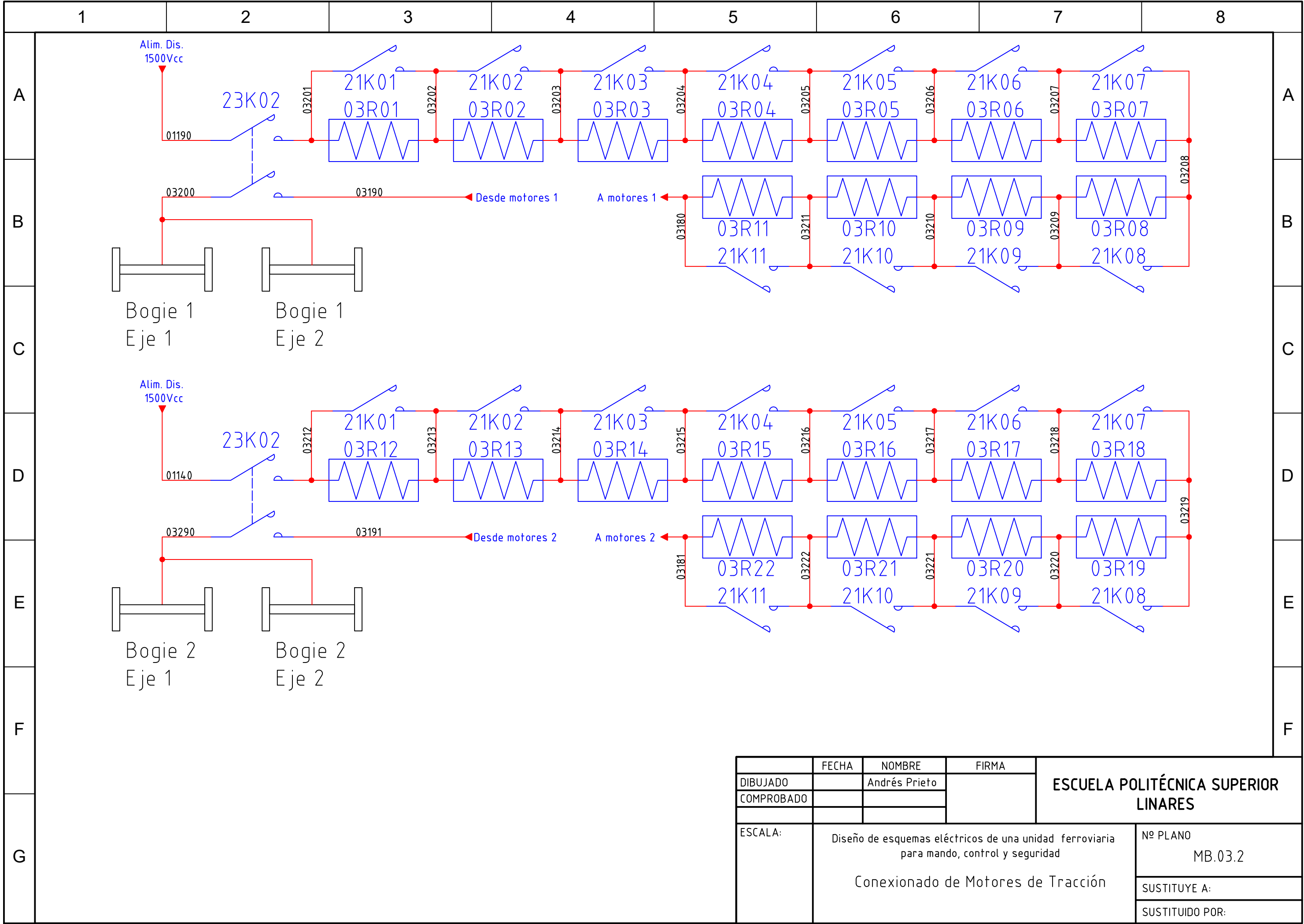
|            |                                                                                                                                            |               |  |       |  |                                                 |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--|-------|--|-------------------------------------------------|
| FECHA      |                                                                                                                                            | NOMBRE        |  | FIRMA |  | <b>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br/>LINARES</b> |
| DIBUJADO   |                                                                                                                                            | Andrés Prieto |  |       |  |                                                 |
| COMPROBADO |                                                                                                                                            |               |  |       |  |                                                 |
|            |                                                                                                                                            |               |  |       |  |                                                 |
| ESCALA:    | Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria<br>para mando, control y seguridad<br><br>Captación y Distribución de Alta Tensión |               |  |       |  | Nº PLANO<br><br>MB.01.1                         |
|            |                                                                                                                                            |               |  |       |  | SUSTITUYE A:                                    |
|            |                                                                                                                                            |               |  |       |  | SUSTITUIDO POR:                                 |

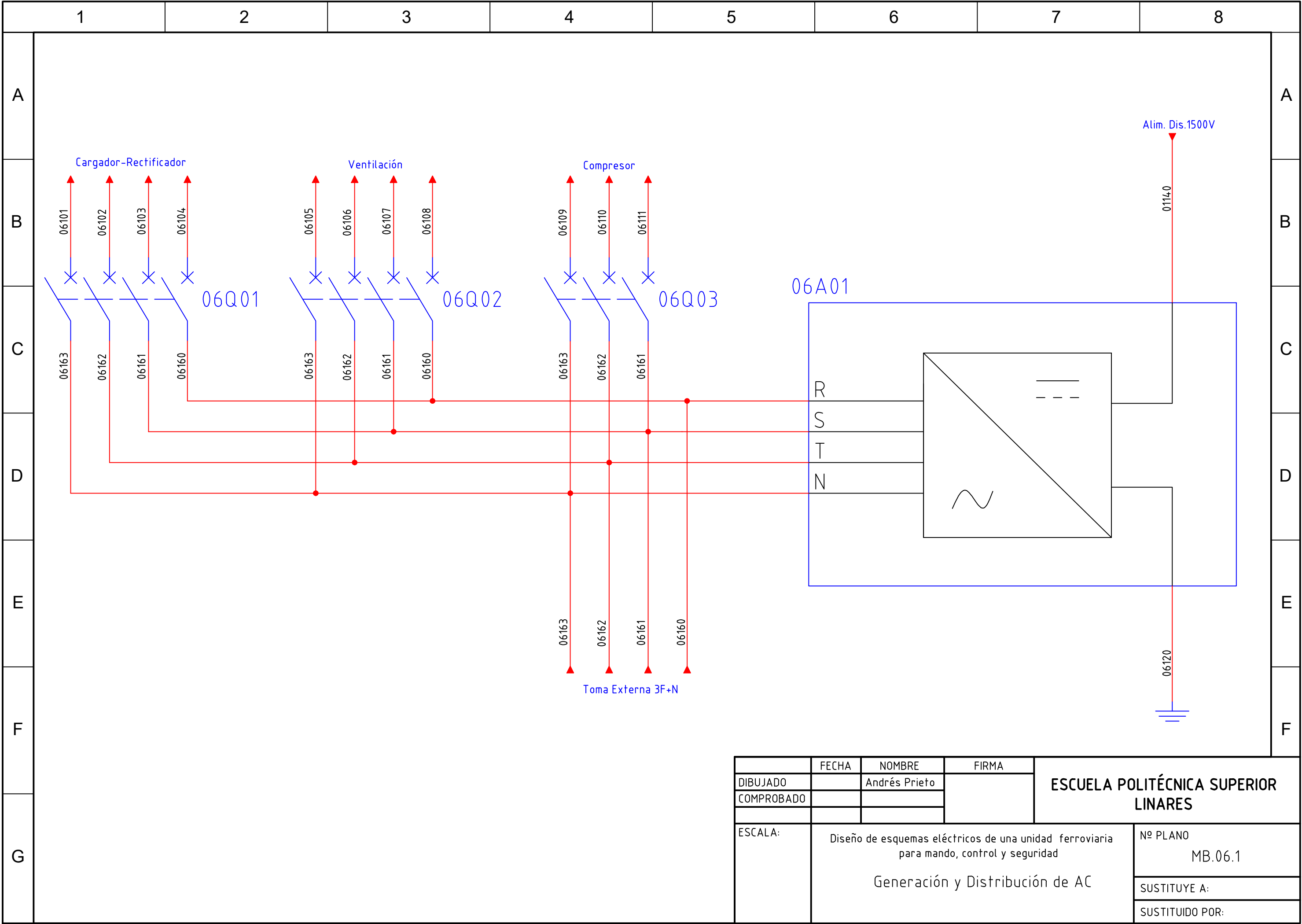


CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

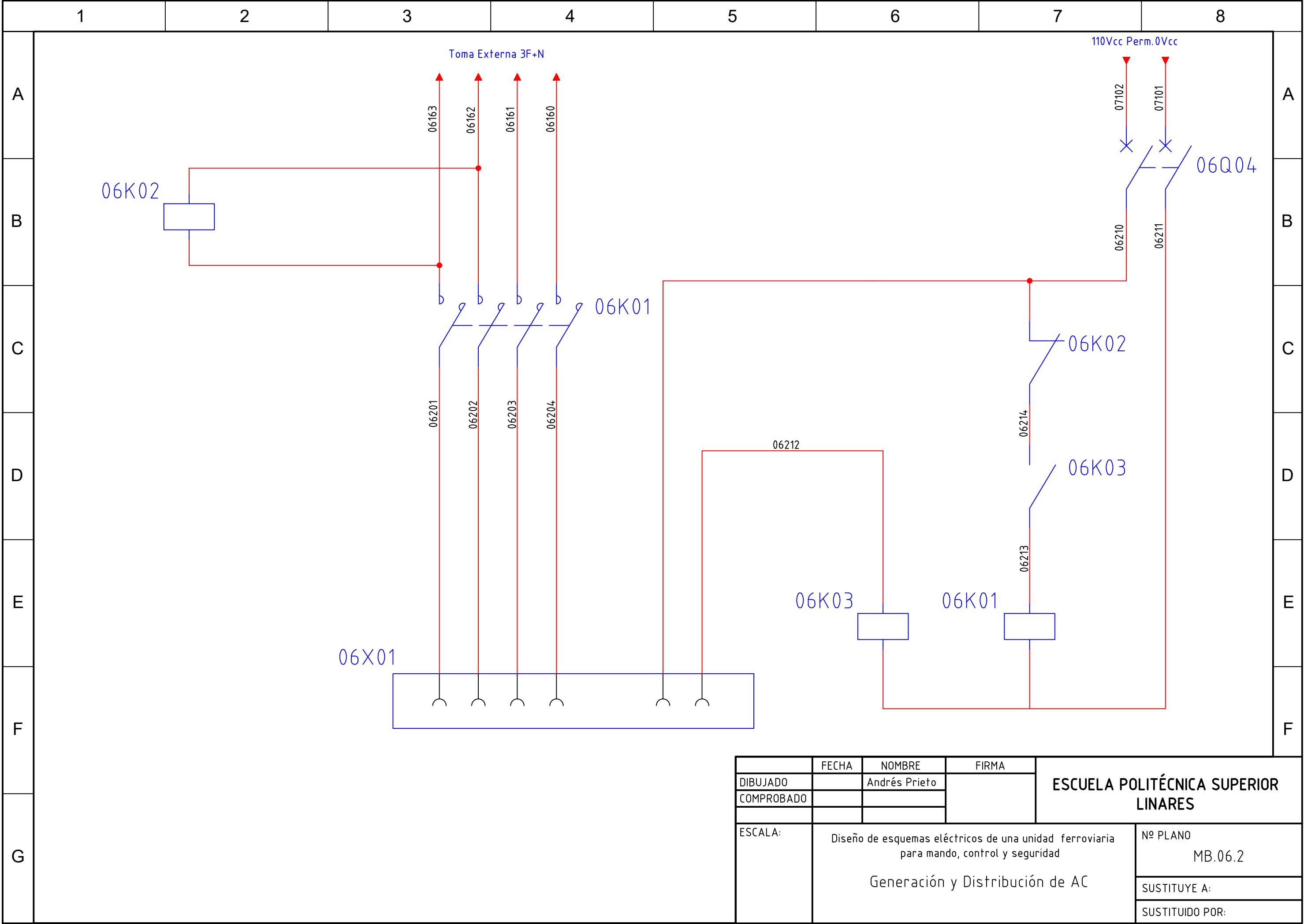






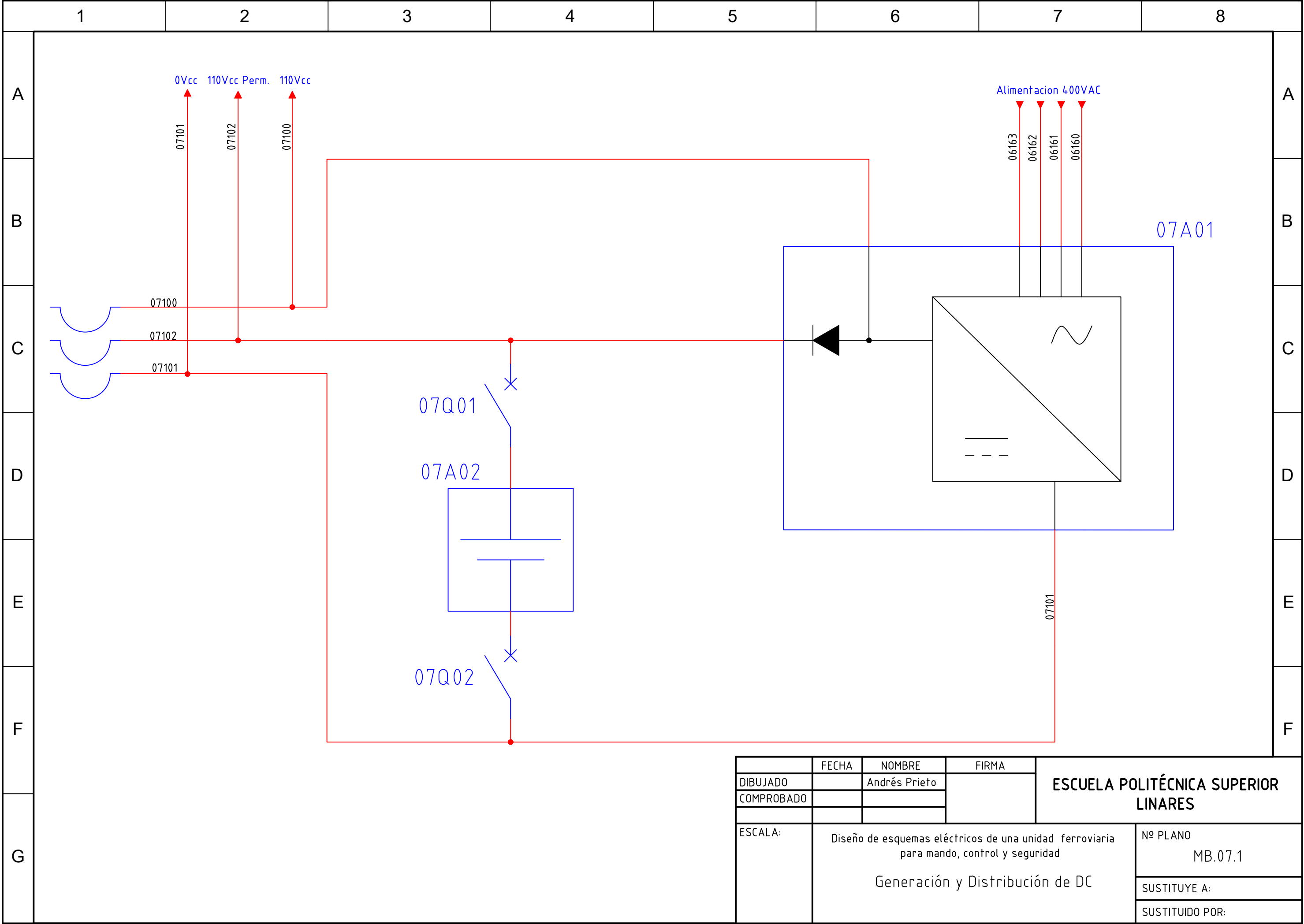
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

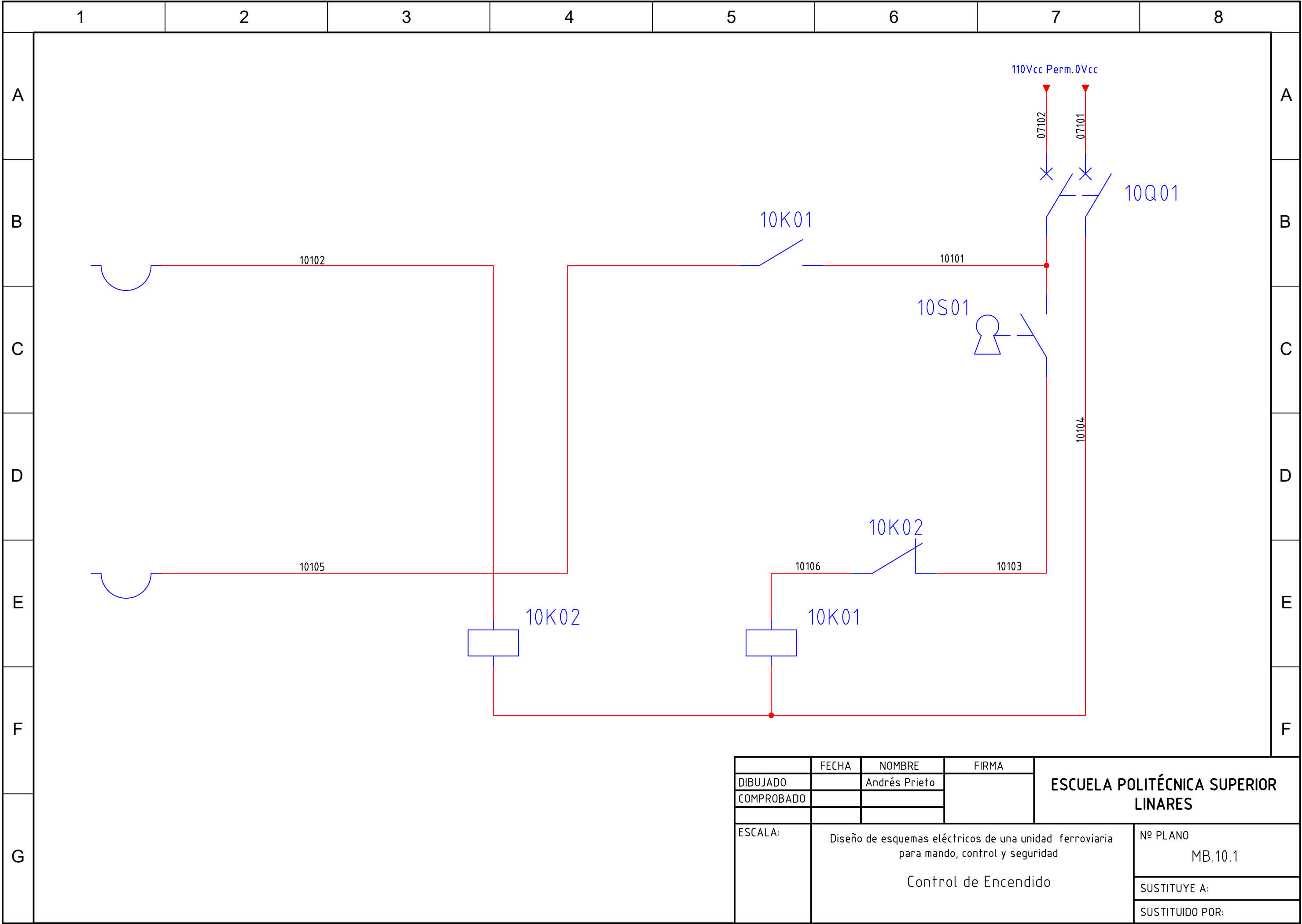
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

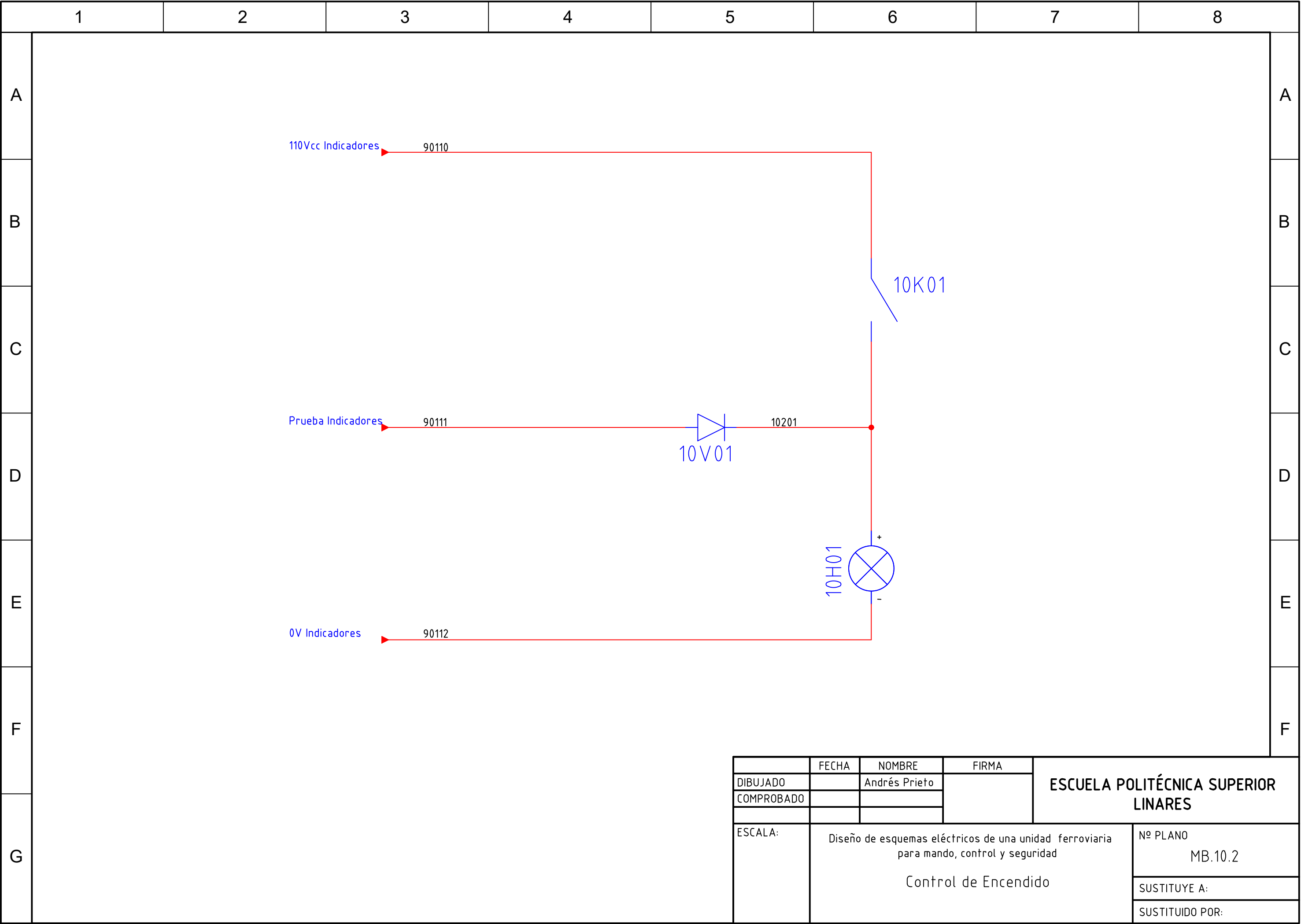
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

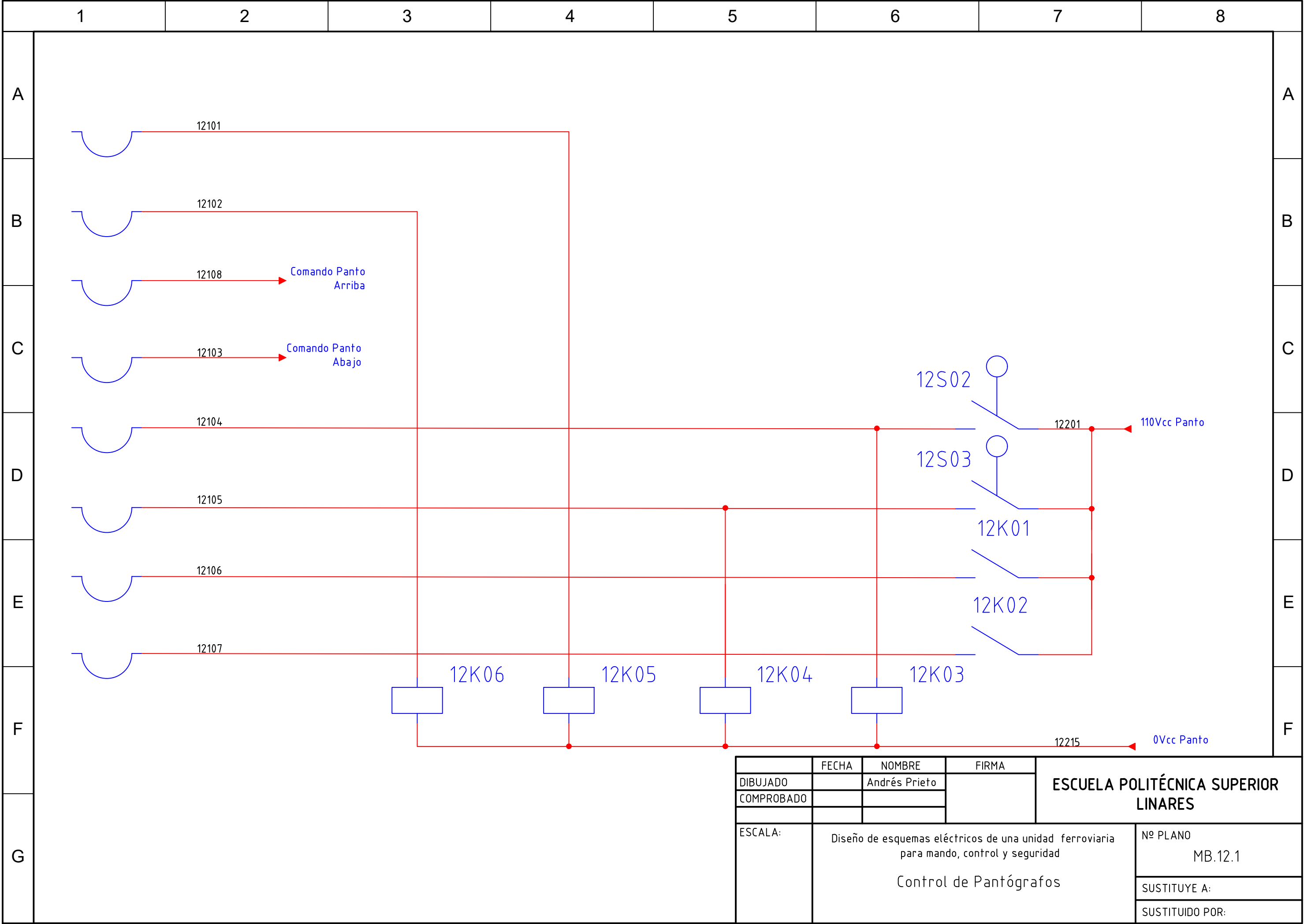




CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

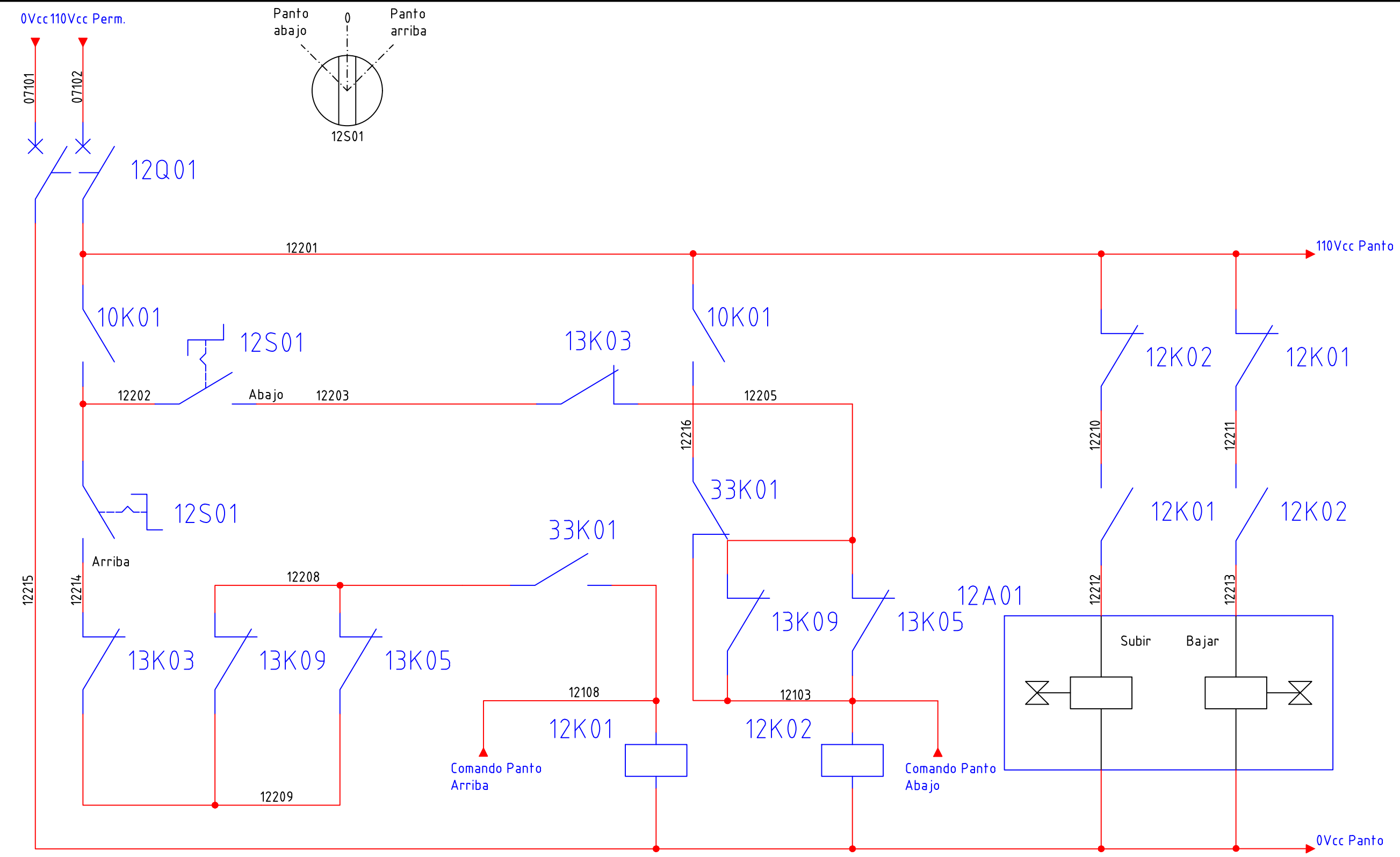
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



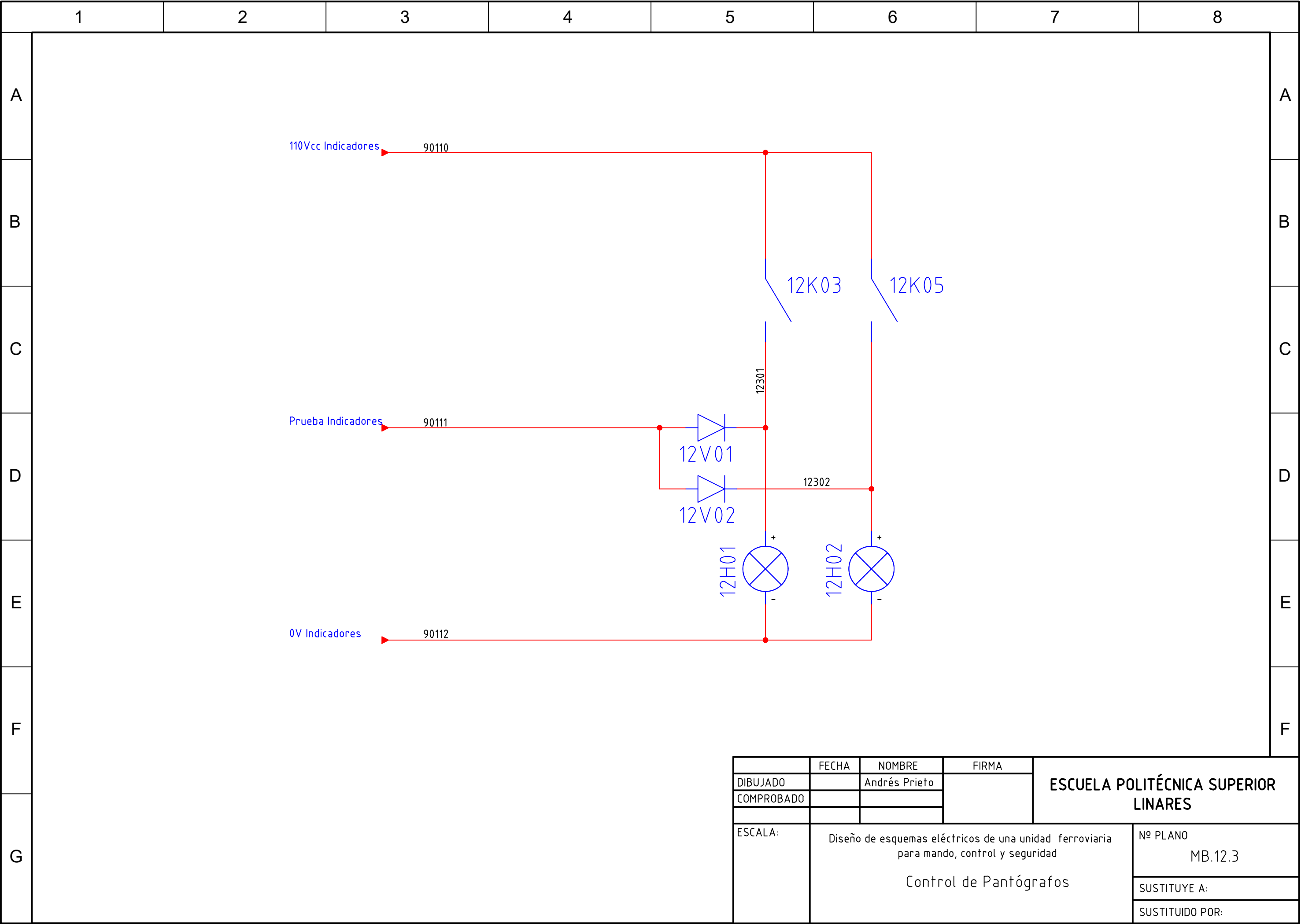


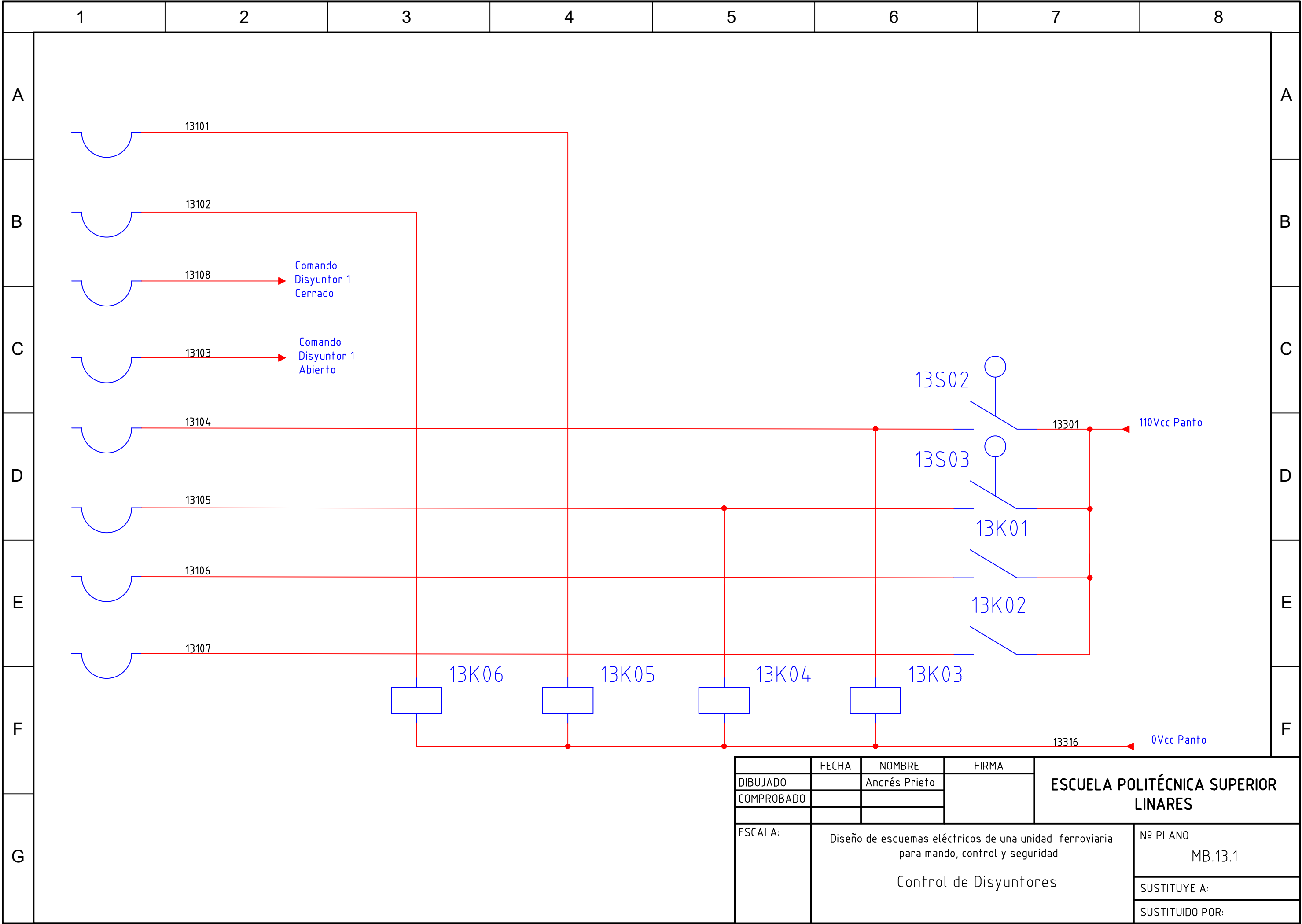
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

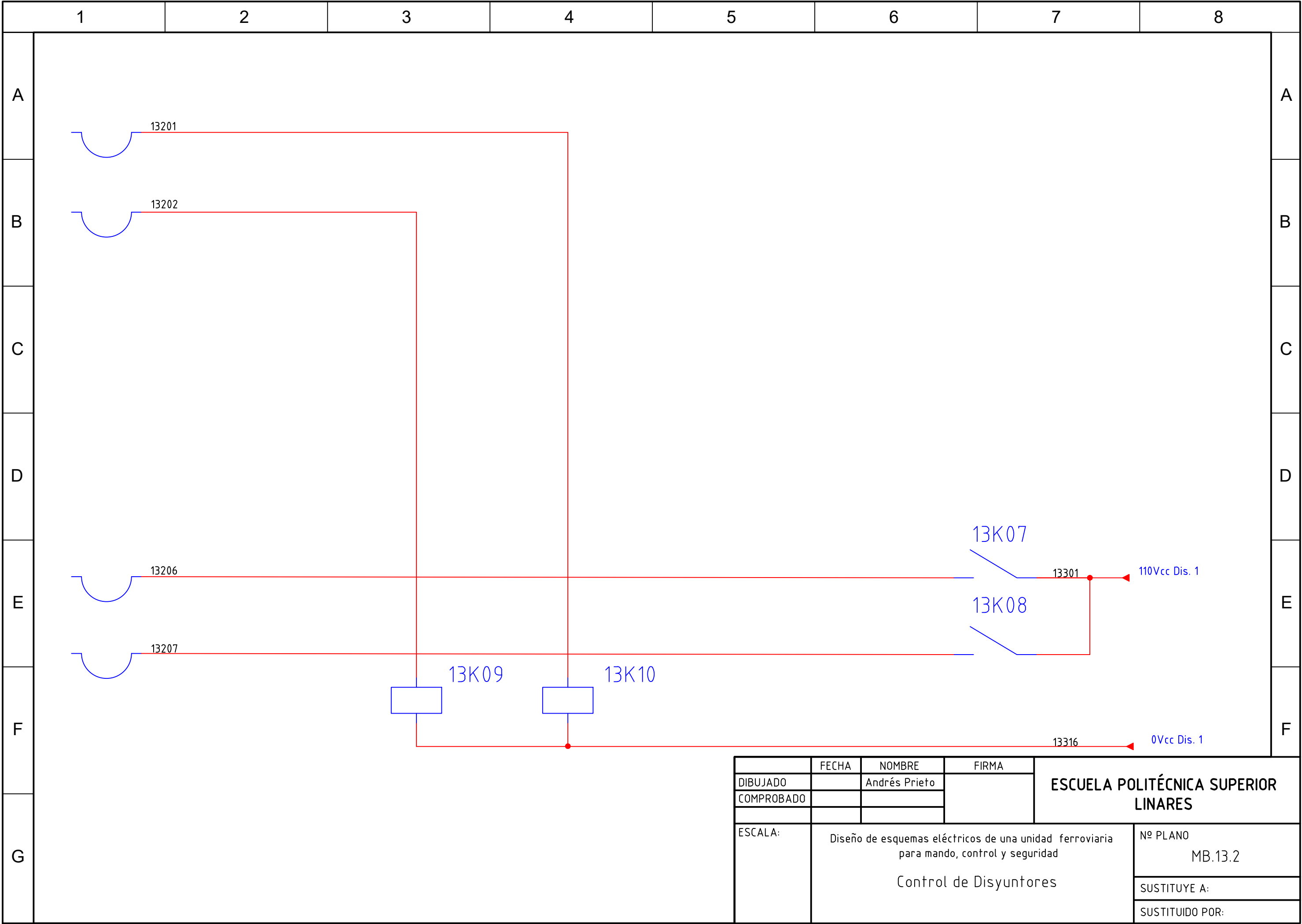
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



|            |                                                                                         |               |       |                                         |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------|-----------------------------------------|
|            | FECHA                                                                                   | NOMBRE        | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES |
| DIBUJADO   |                                                                                         | Andrés Prieto |       |                                         |
| COMPROBADO |                                                                                         |               |       |                                         |
| ESCALA:    | Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria para mando, control y seguridad |               |       | Nº PLANO                                |
|            | Control de Pantógrafos                                                                  |               |       | MB.12.2                                 |
|            |                                                                                         |               |       | SUSTITUYE A:                            |
|            |                                                                                         |               |       | SUSTITUIDO POR:                         |

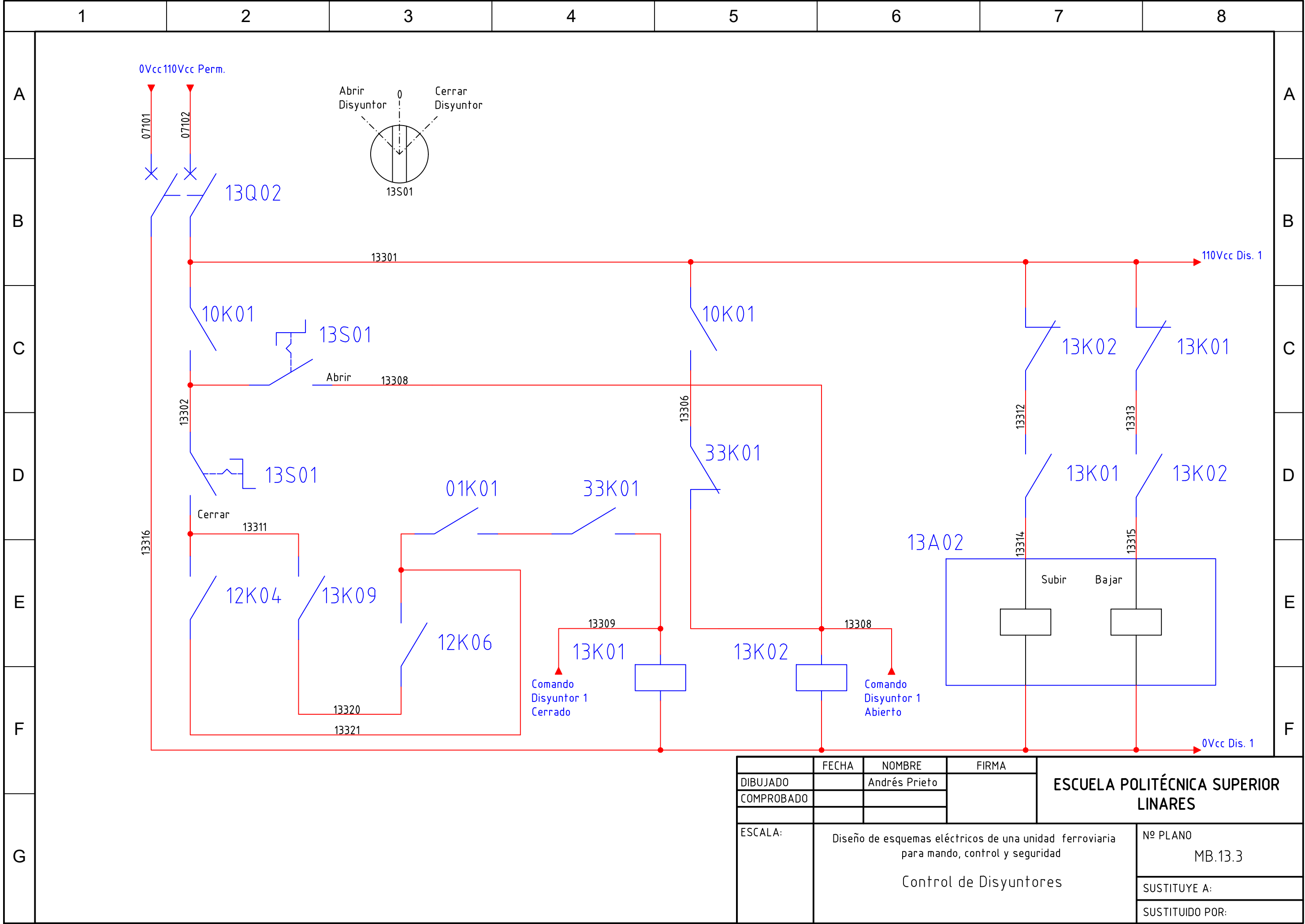


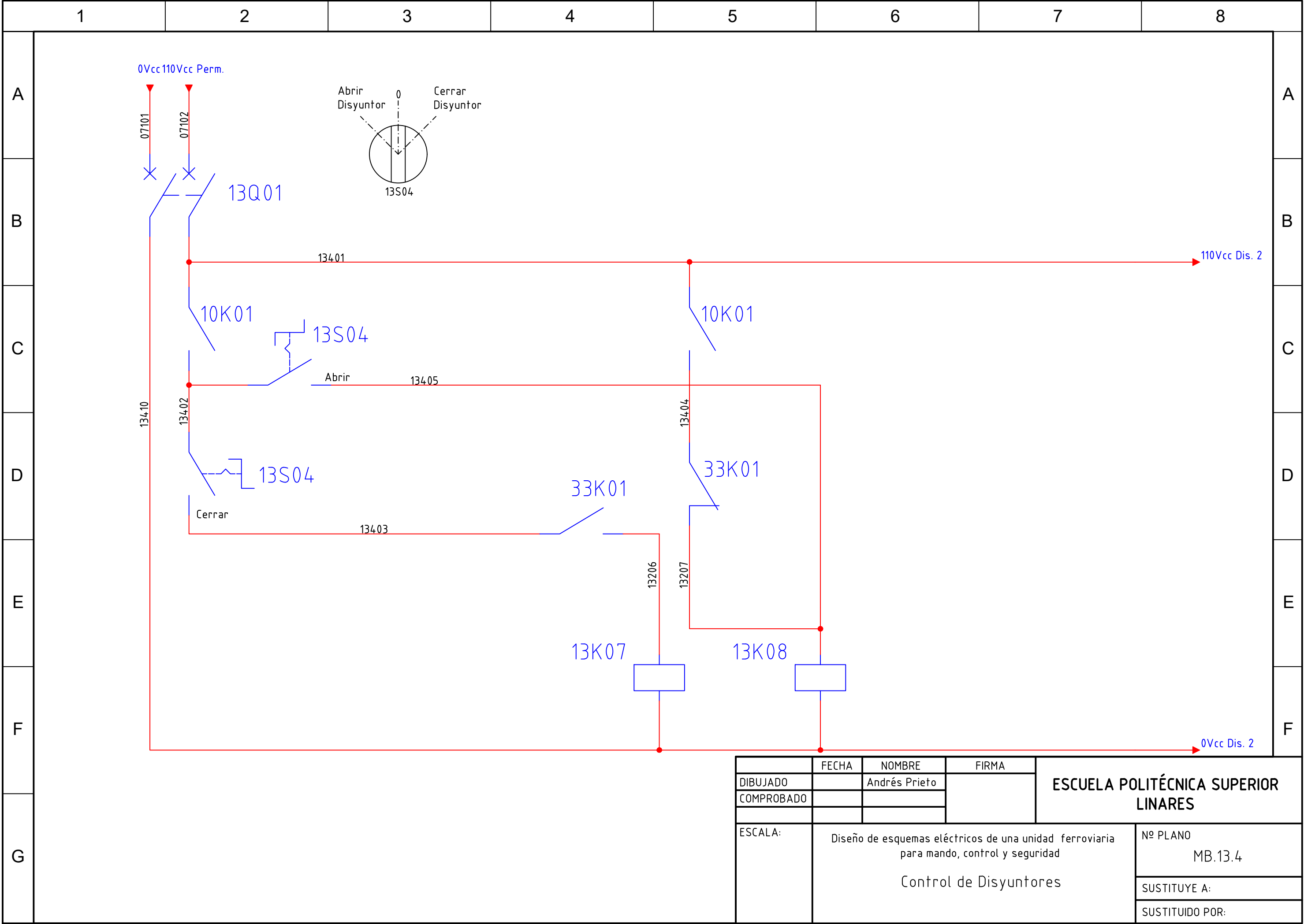


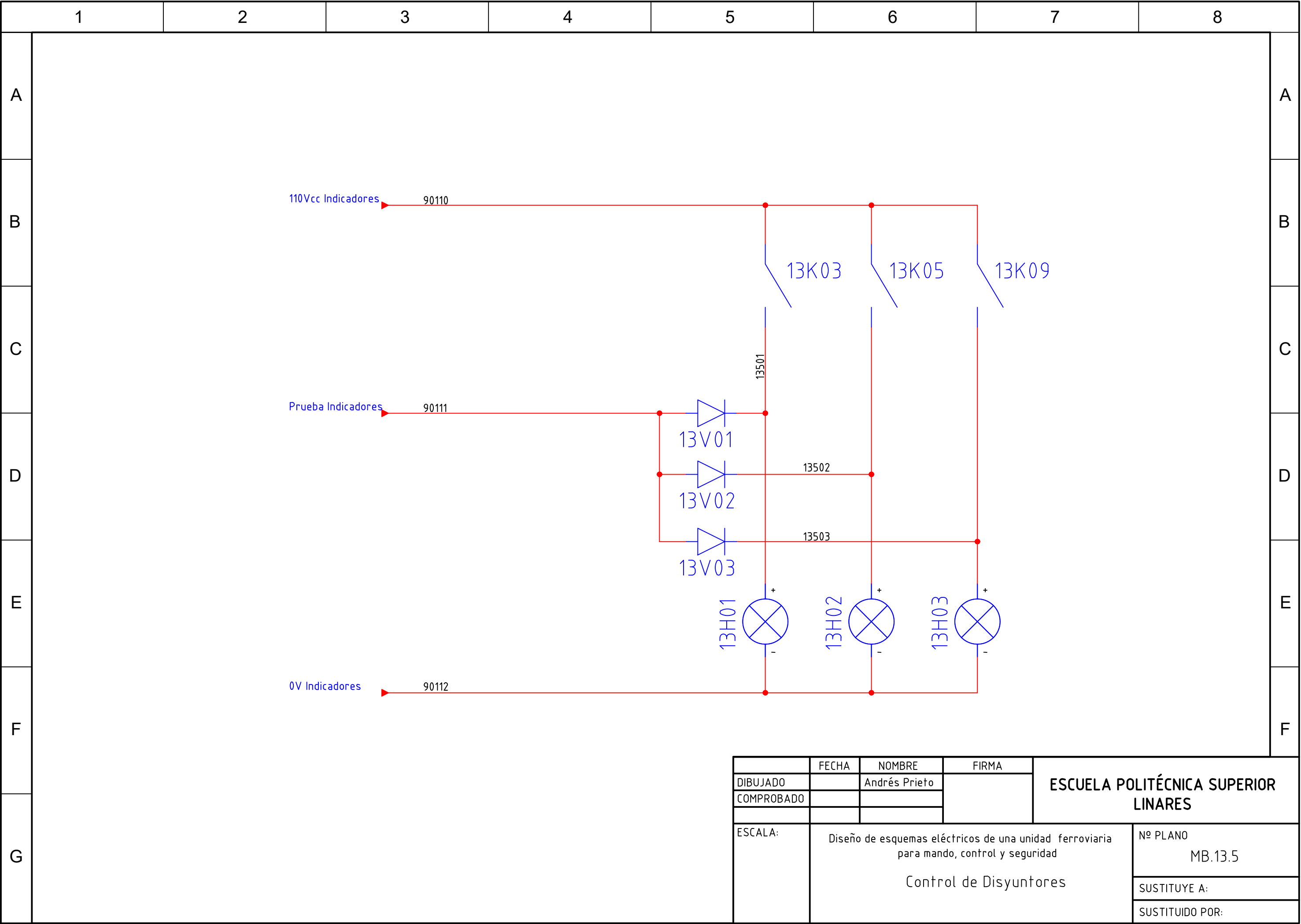


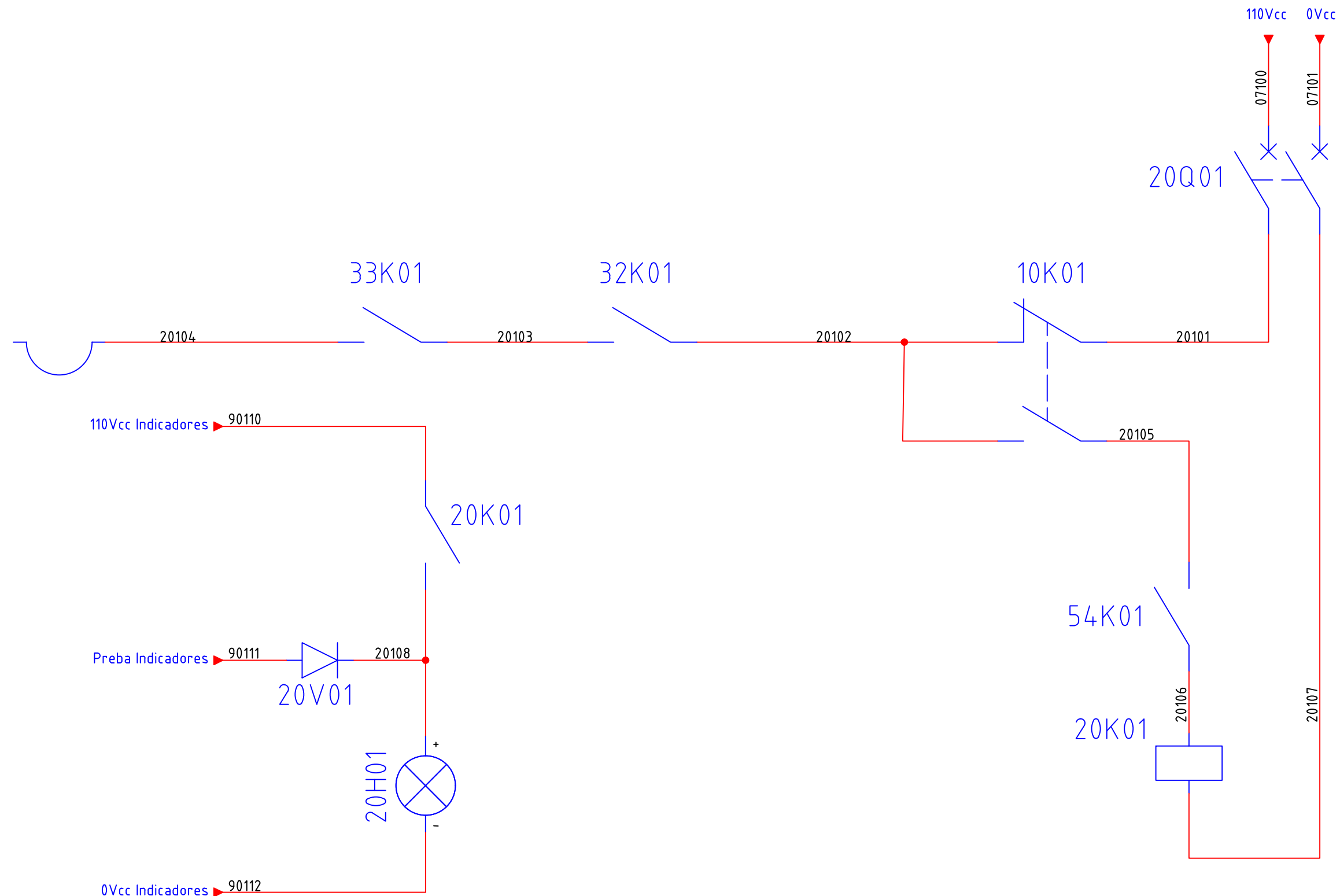
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

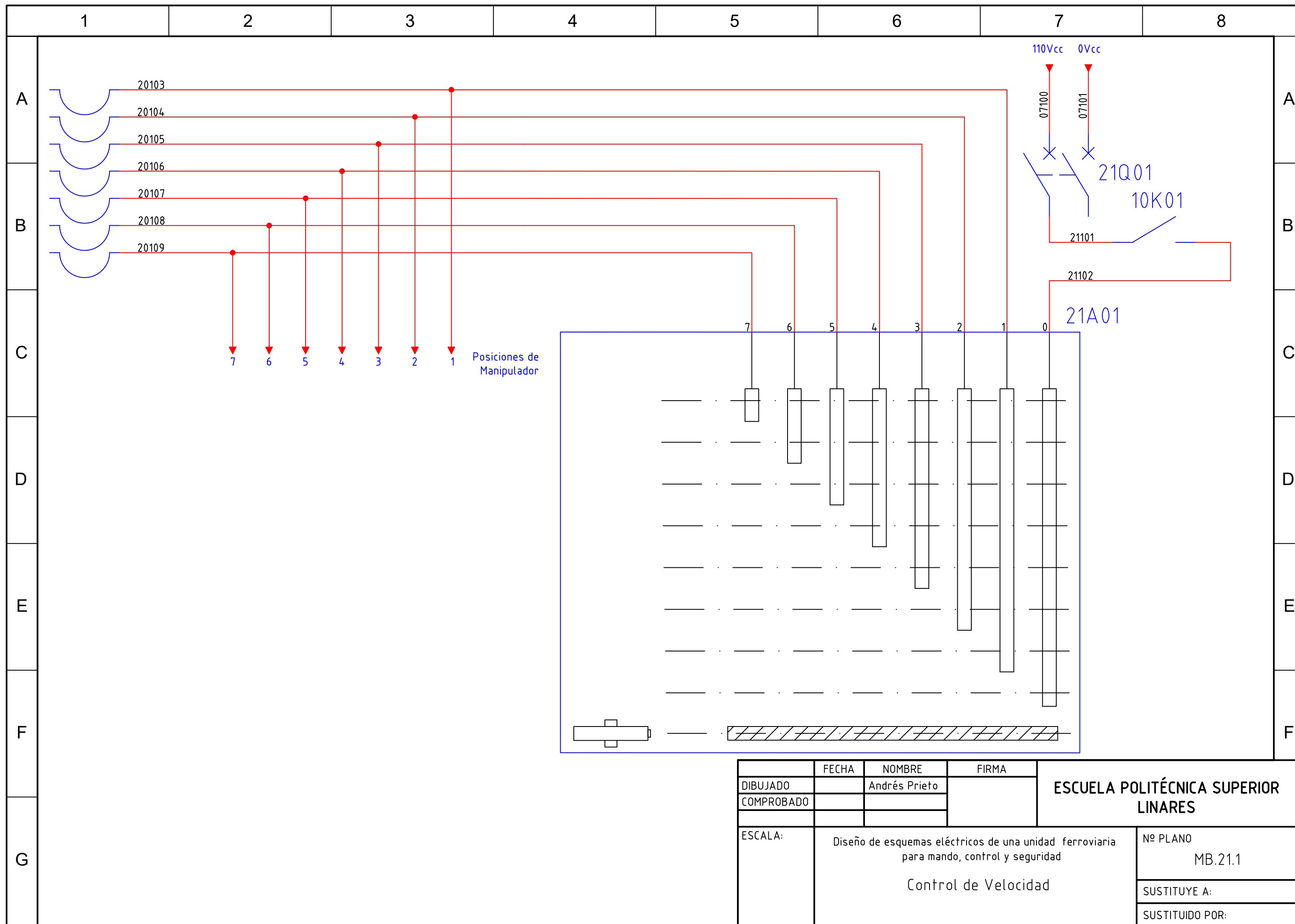


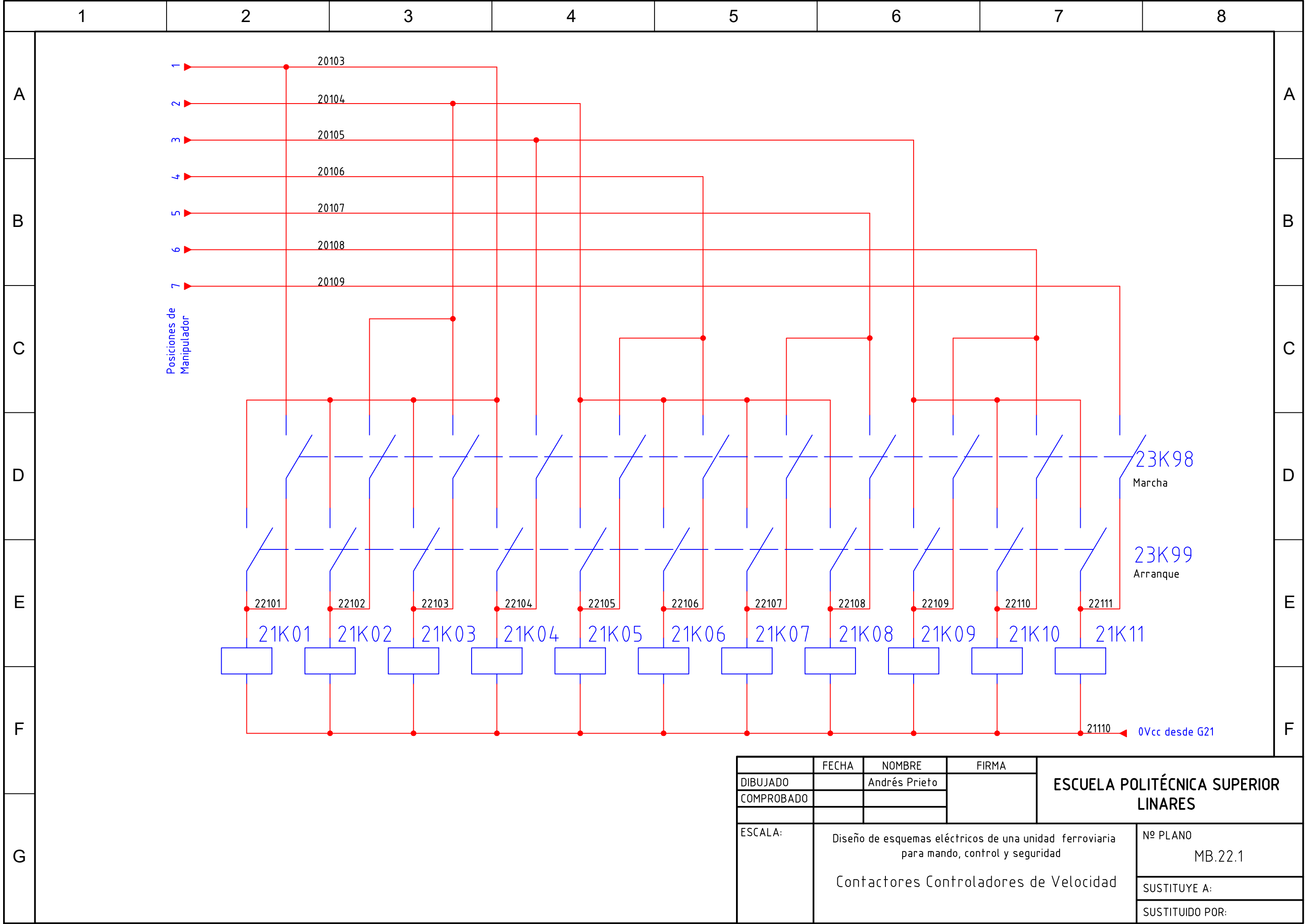


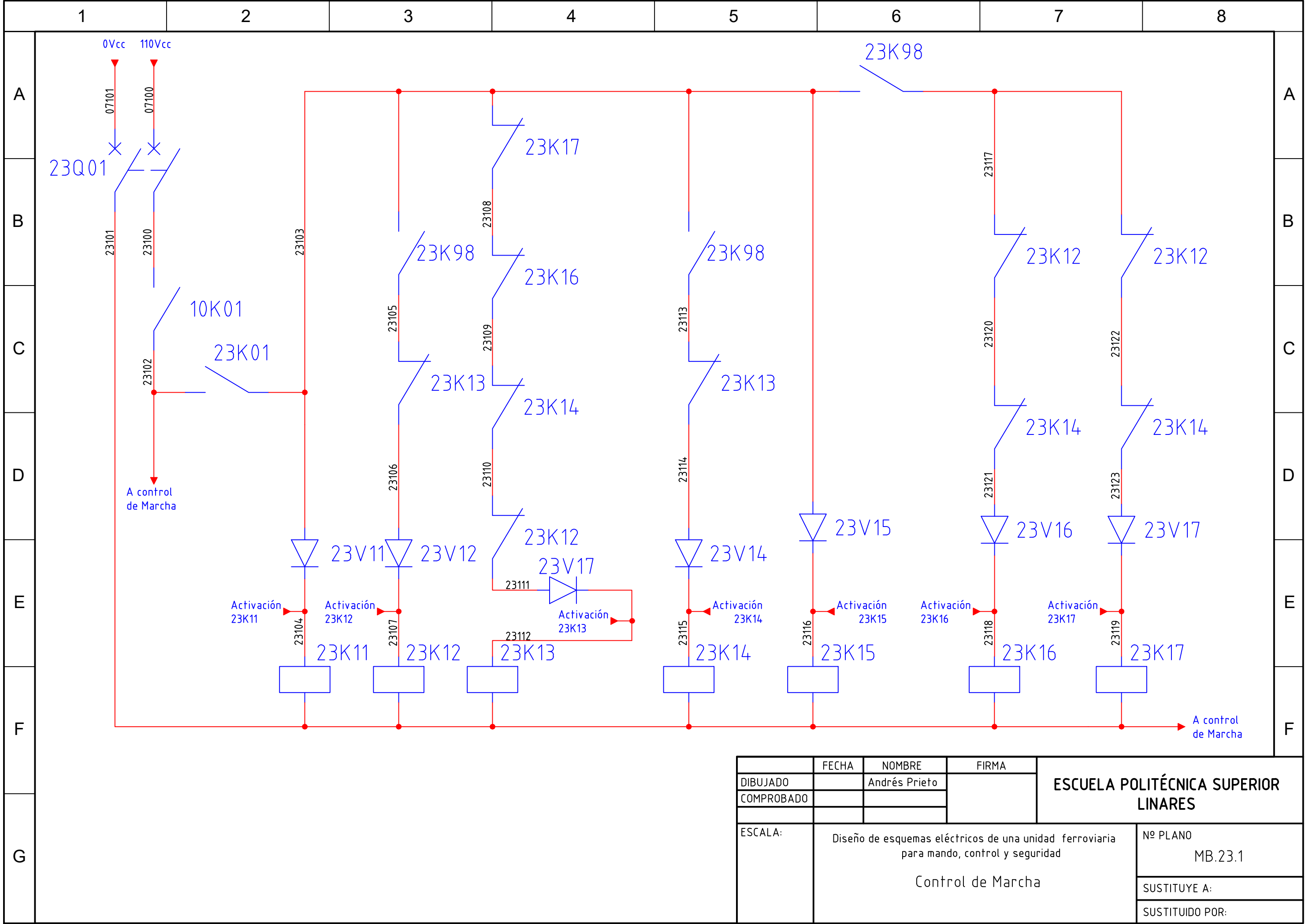




|            |                                                                                                                            |               |       |                                                 |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------|-------------------------------------------------|
|            | FECHA                                                                                                                      | NOMBRE        | FIRMA | <b>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br/>LINARES</b> |
| DIBUJADO   |                                                                                                                            | Andrés Prieto |       |                                                 |
| COMPROBADO |                                                                                                                            |               |       |                                                 |
|            |                                                                                                                            |               |       |                                                 |
| ESCALA:    | Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria<br>para mando, control y seguridad<br><br>Habilitación de tracción |               |       | Nº PLANO<br>MB.20.1                             |
|            |                                                                                                                            |               |       | SUSTITUYE A:                                    |
|            |                                                                                                                            |               |       | SUSTITUIDO POR:                                 |

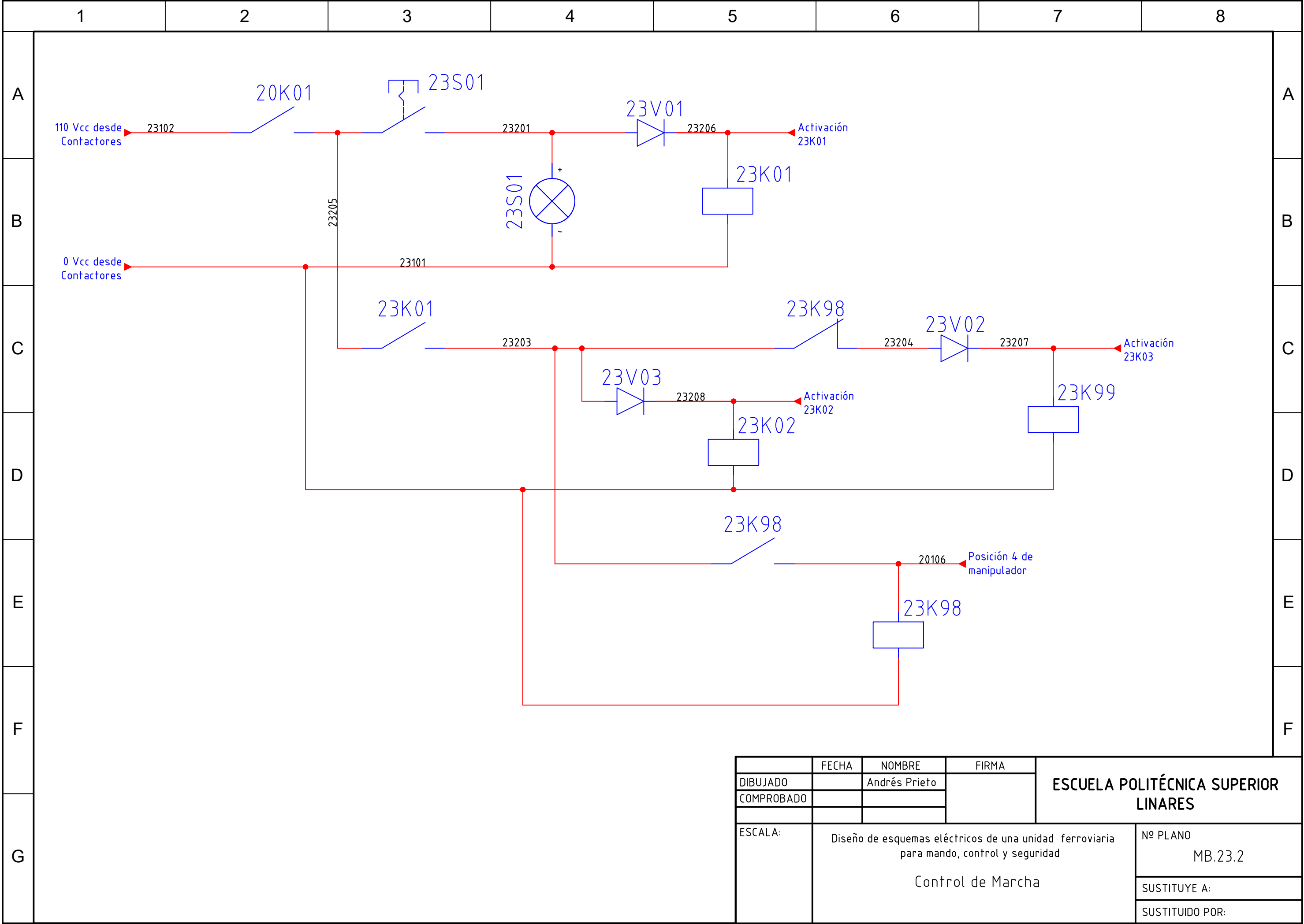






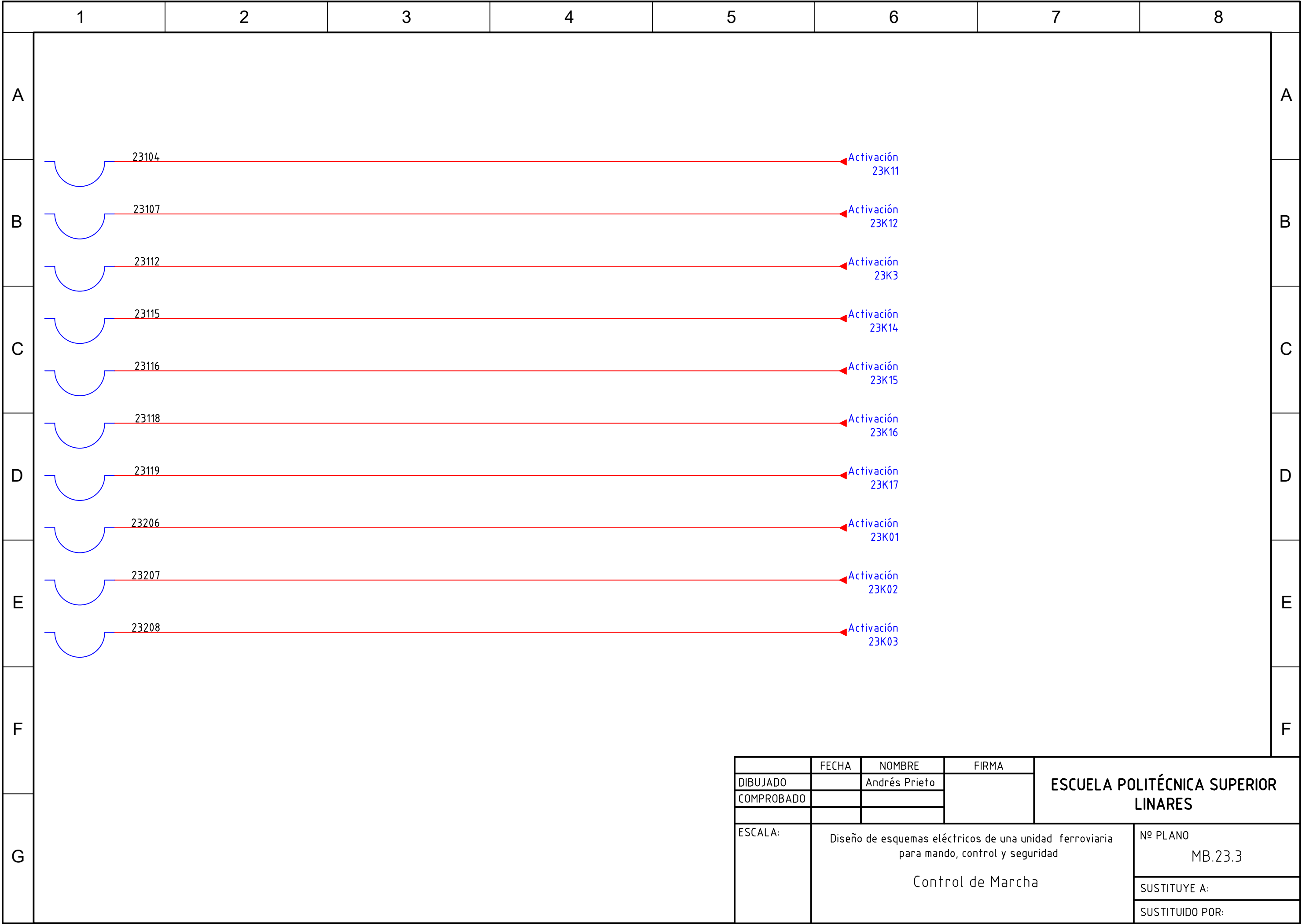
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



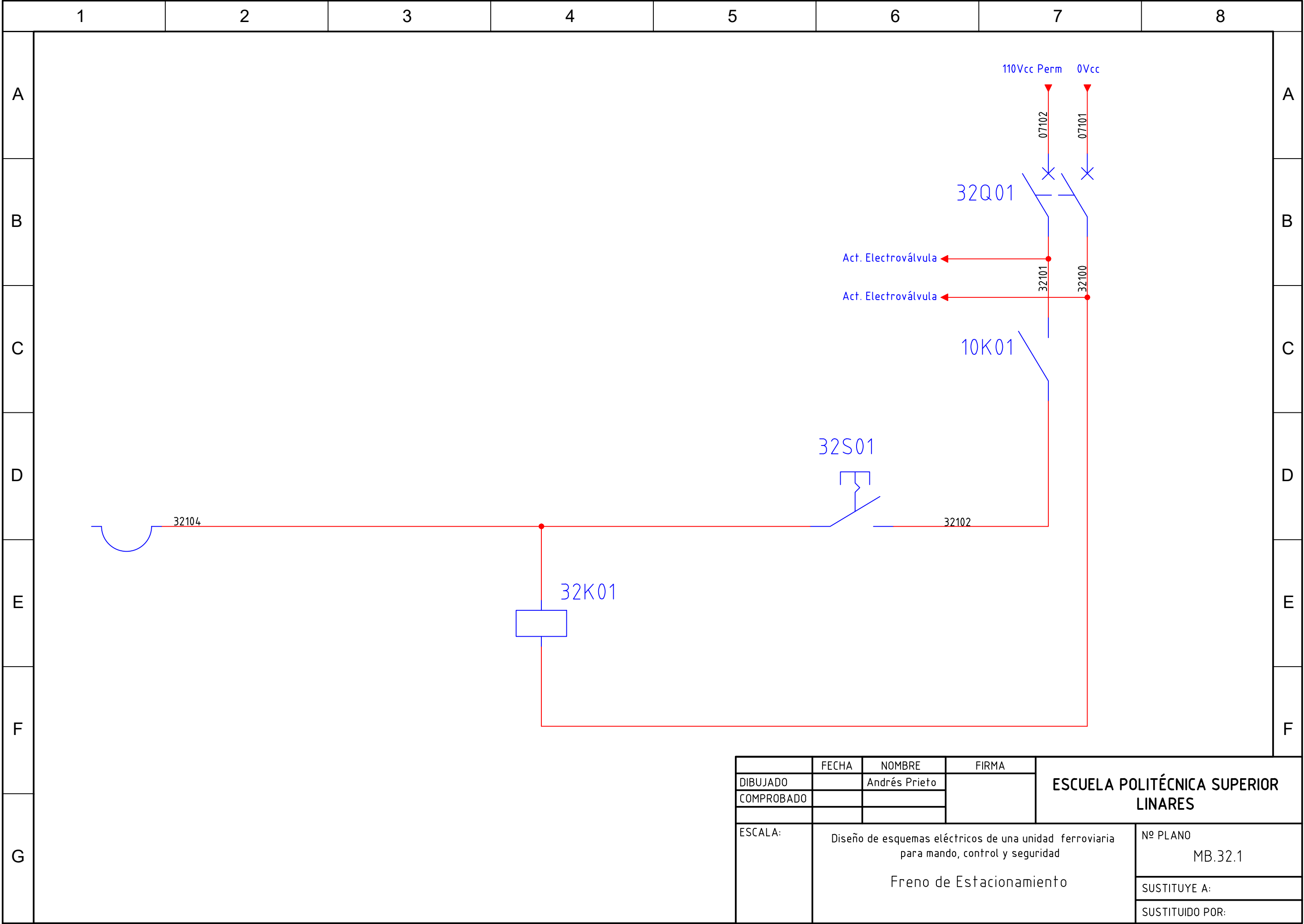
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

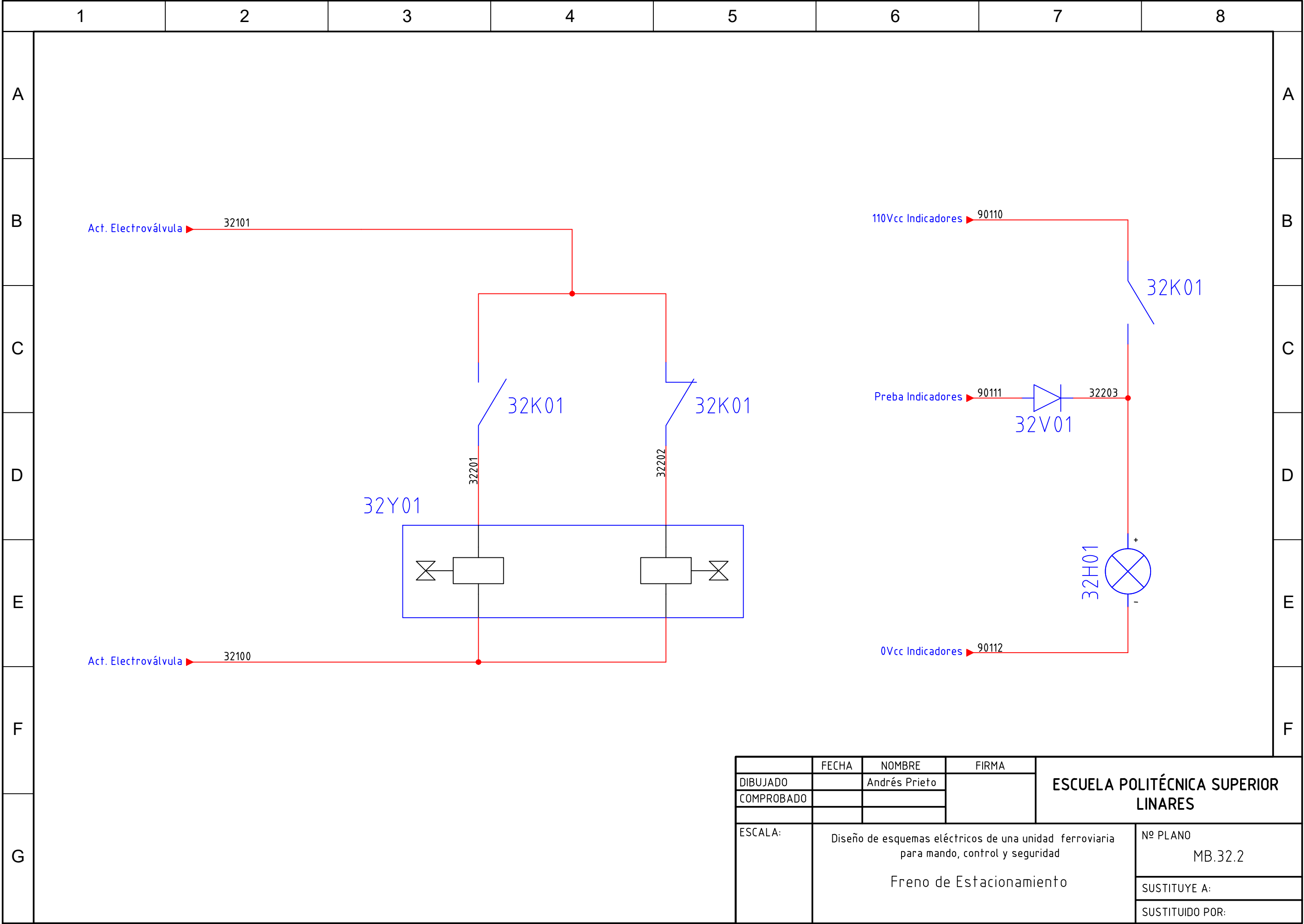
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

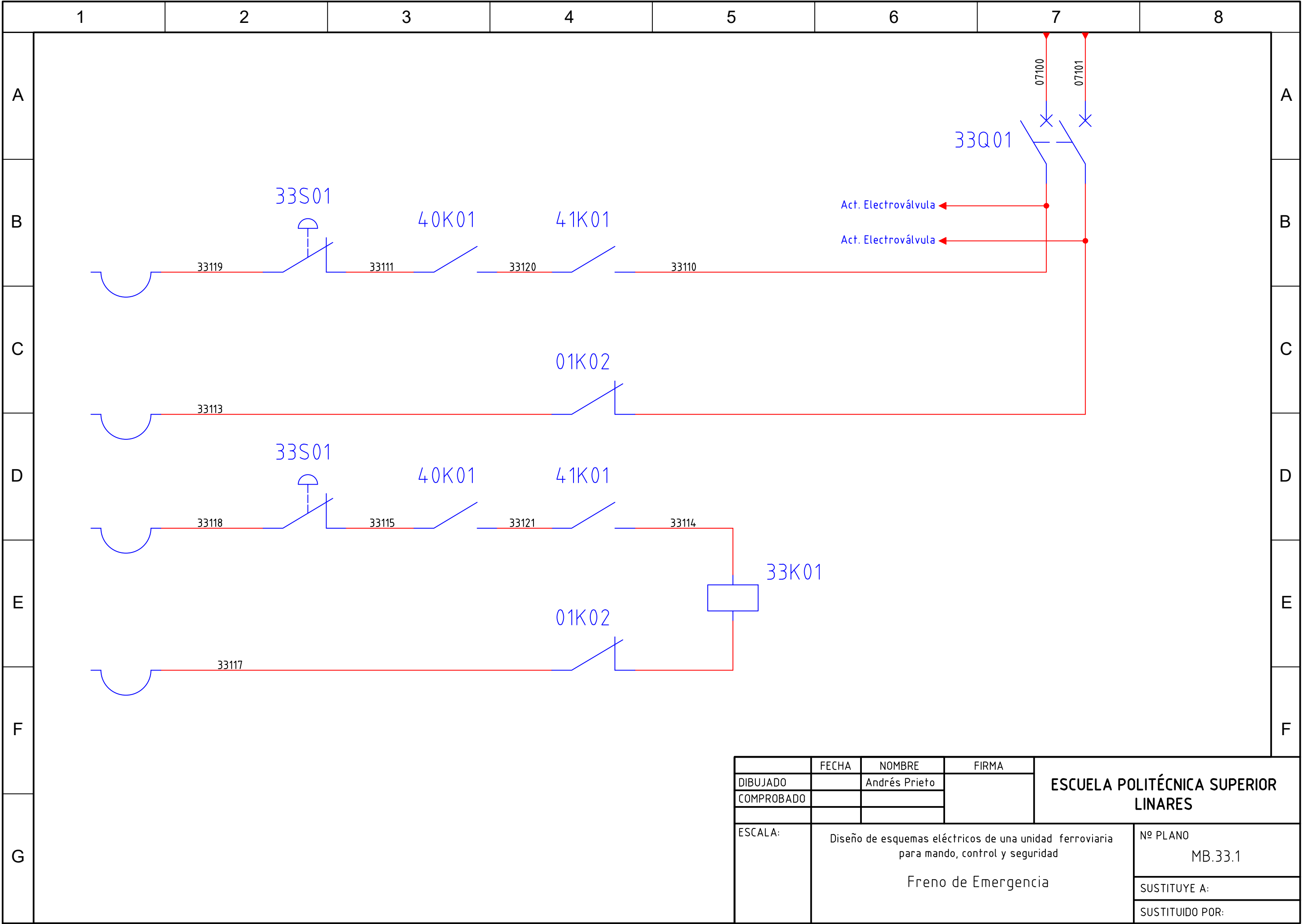
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

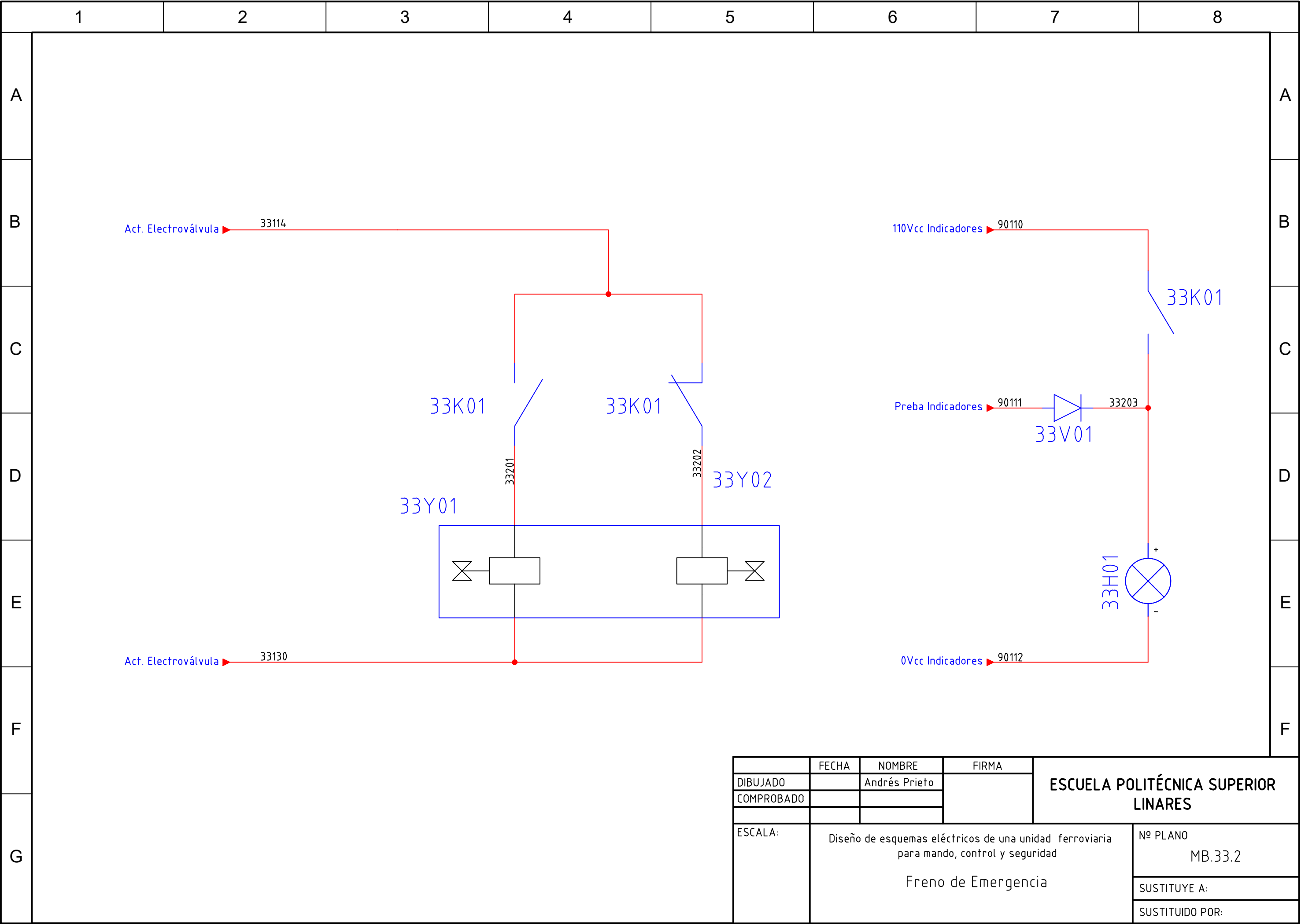




CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

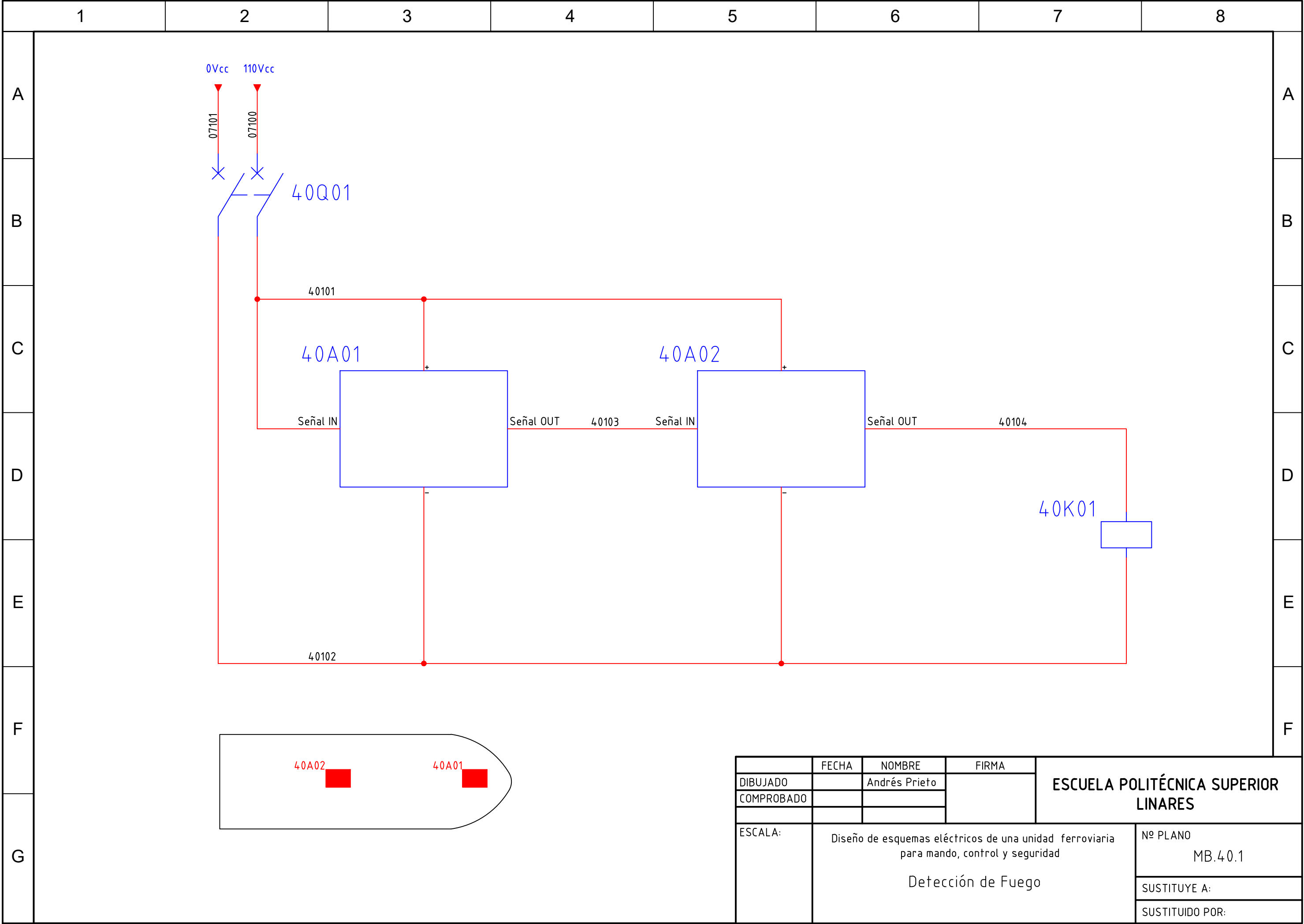
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK





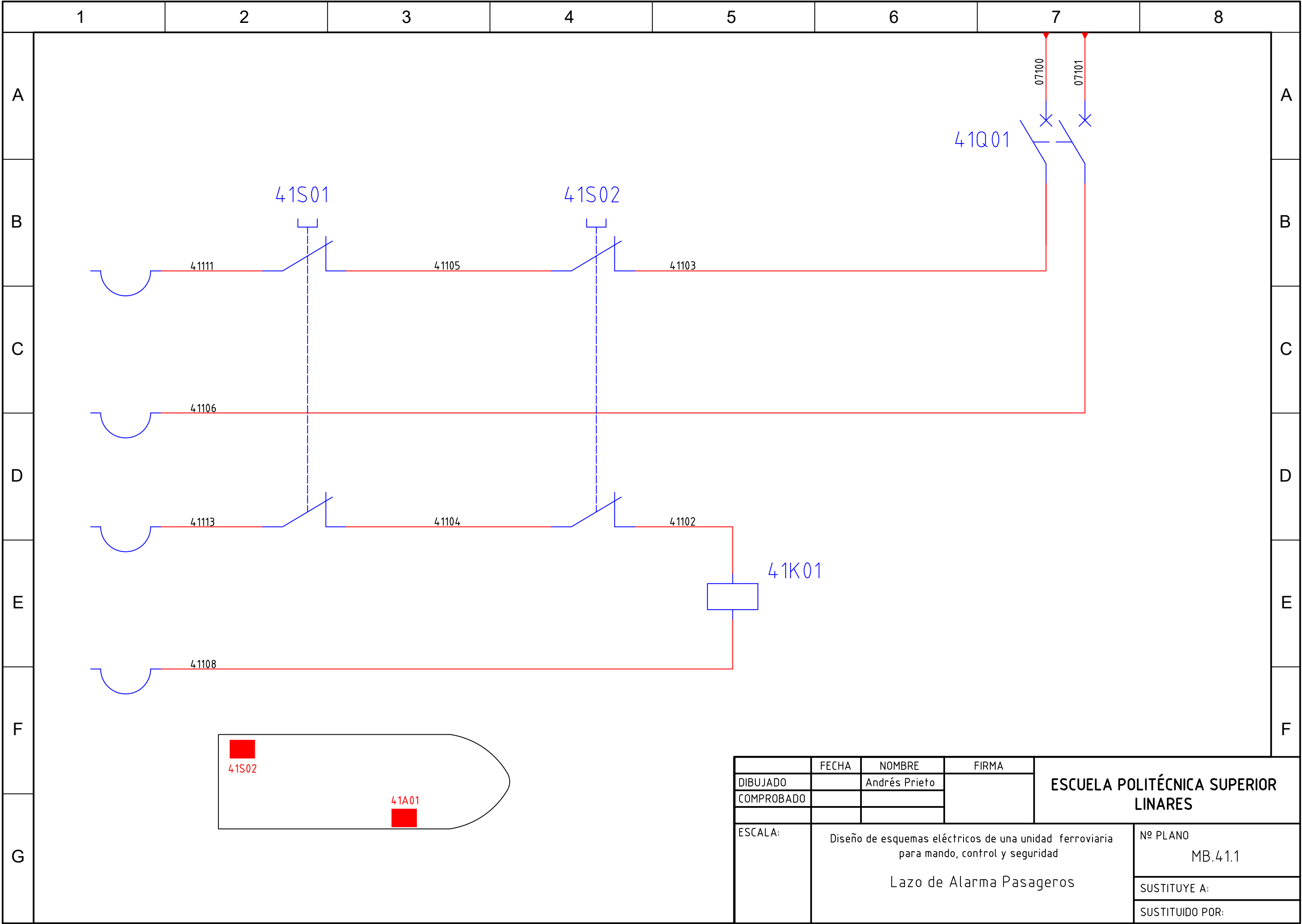
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



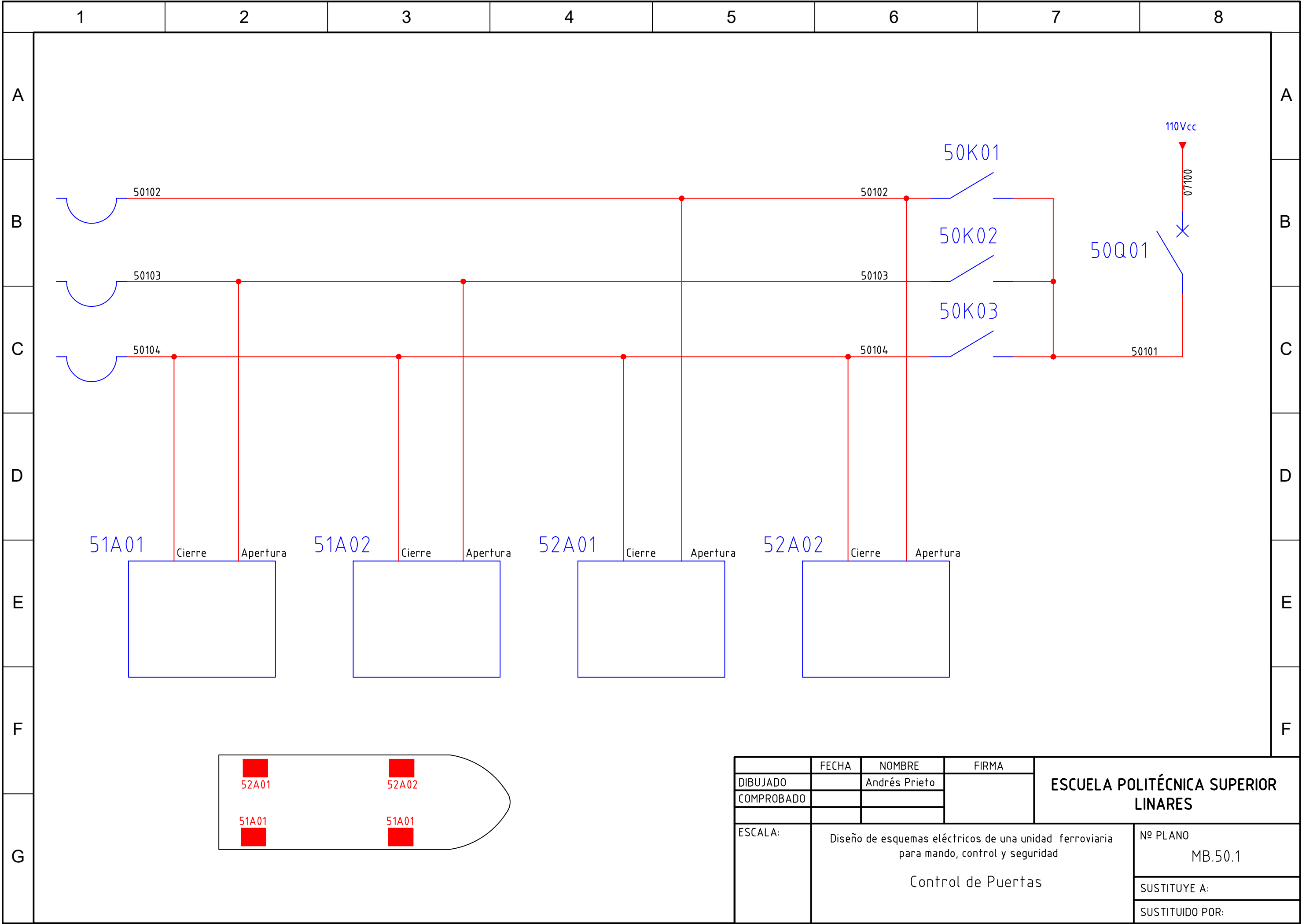
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



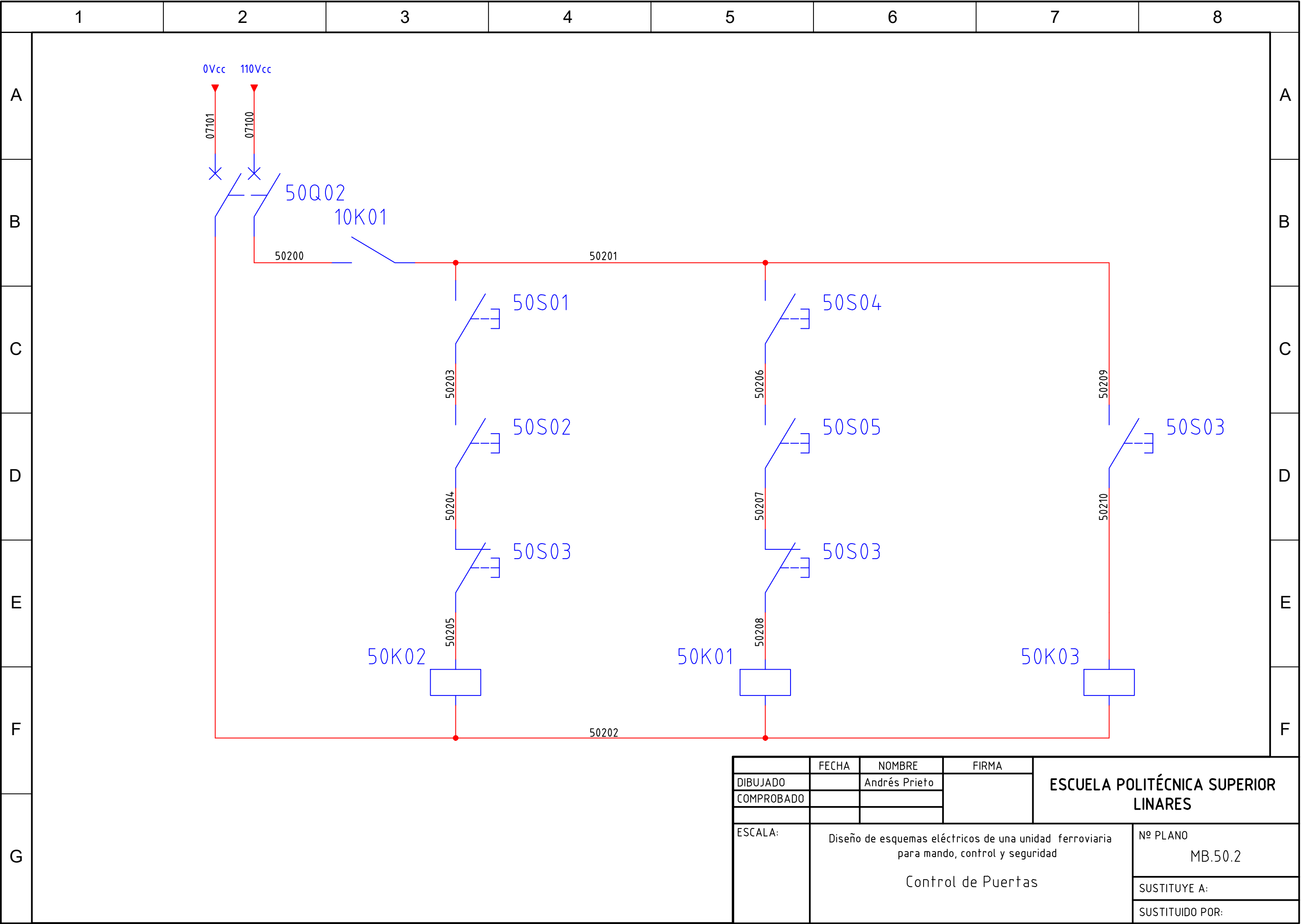
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



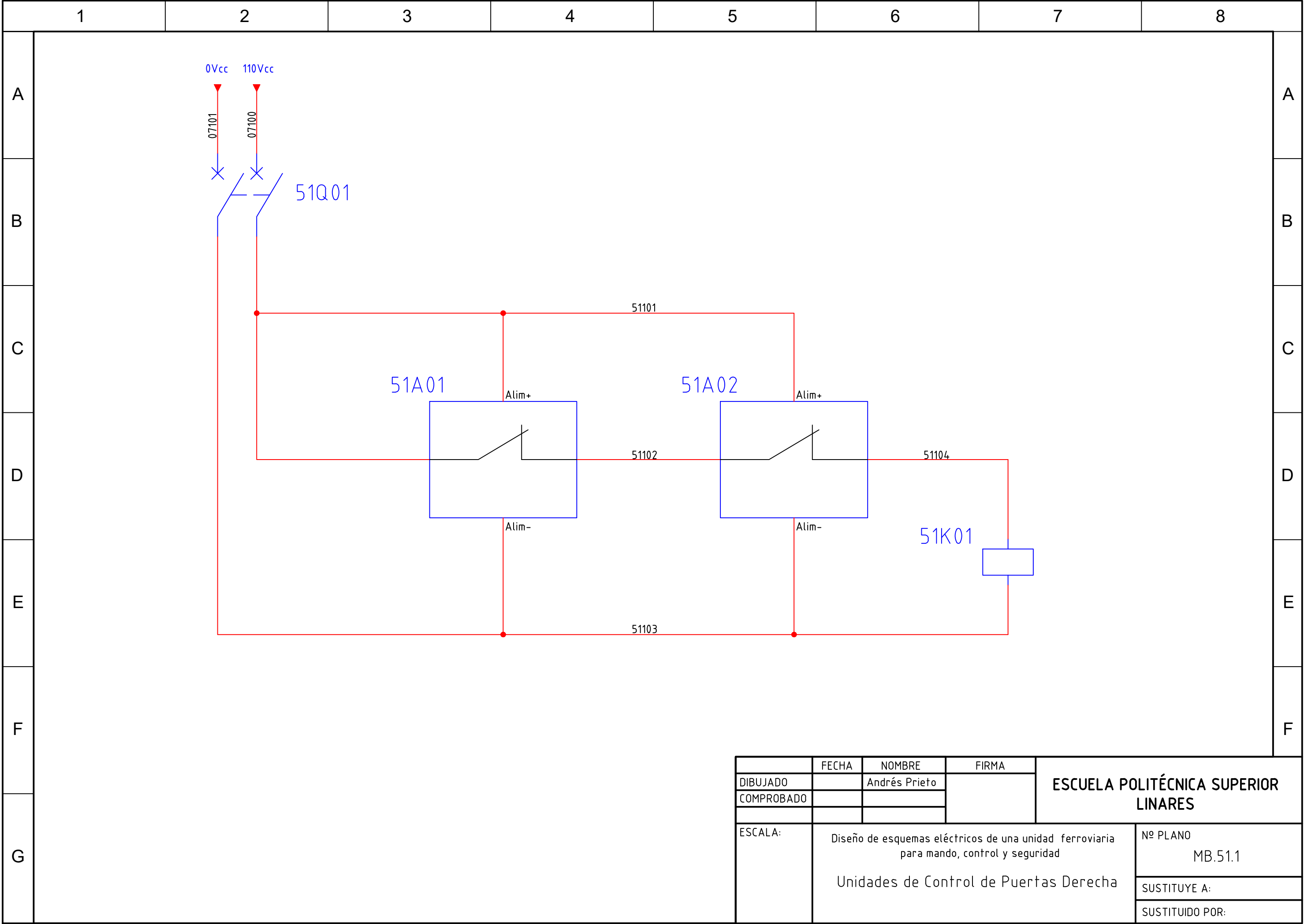
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

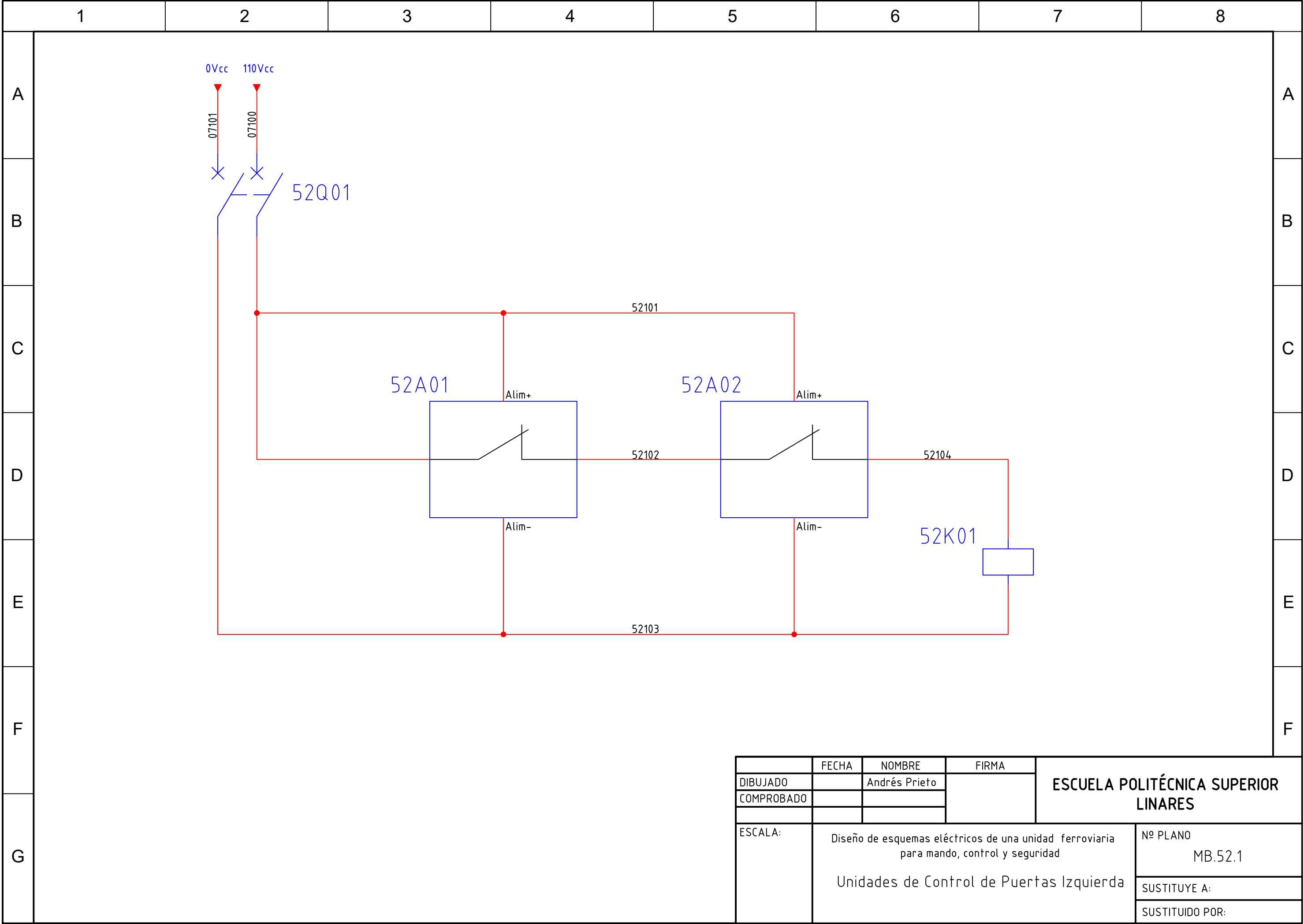
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

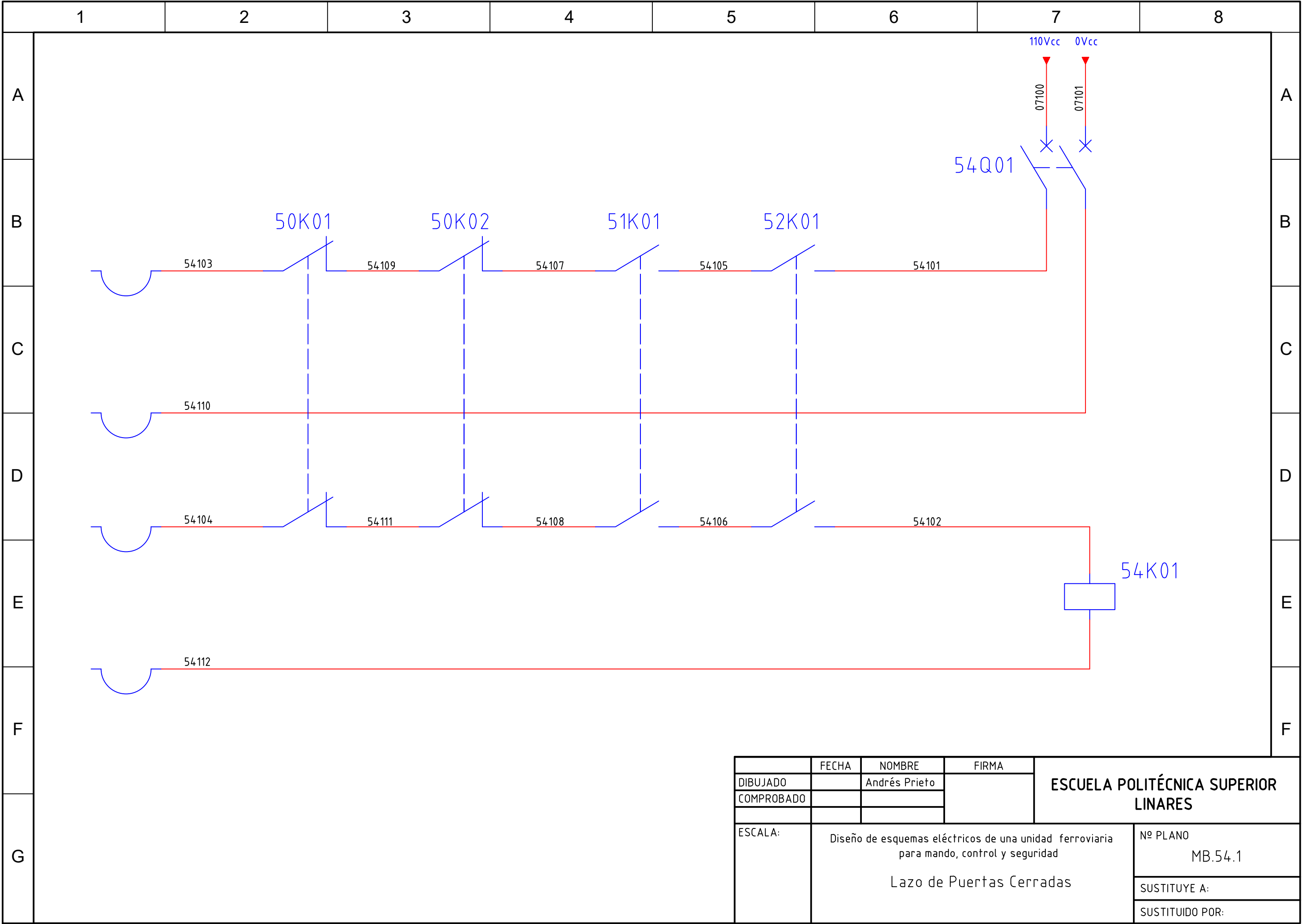


CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

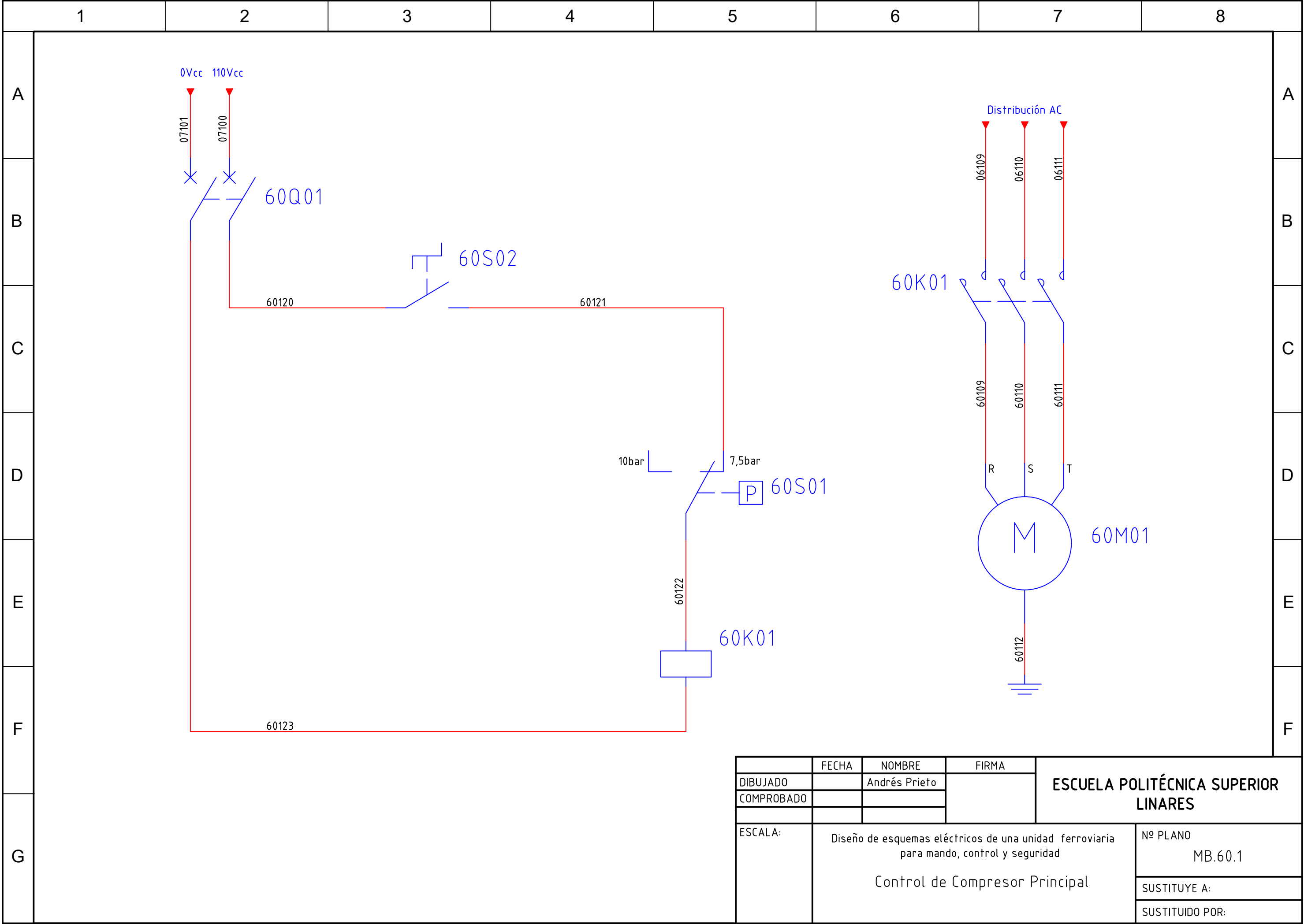






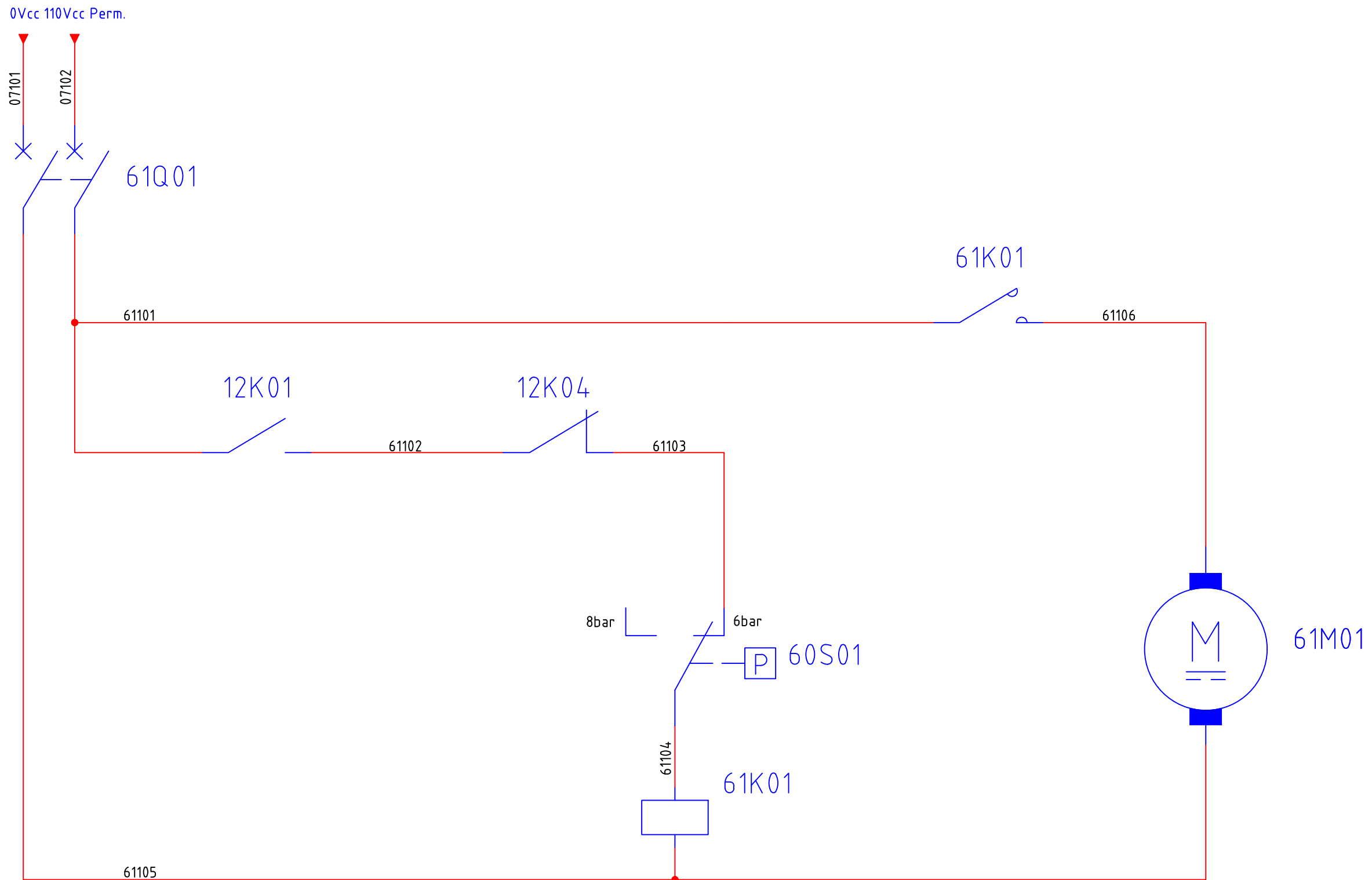
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

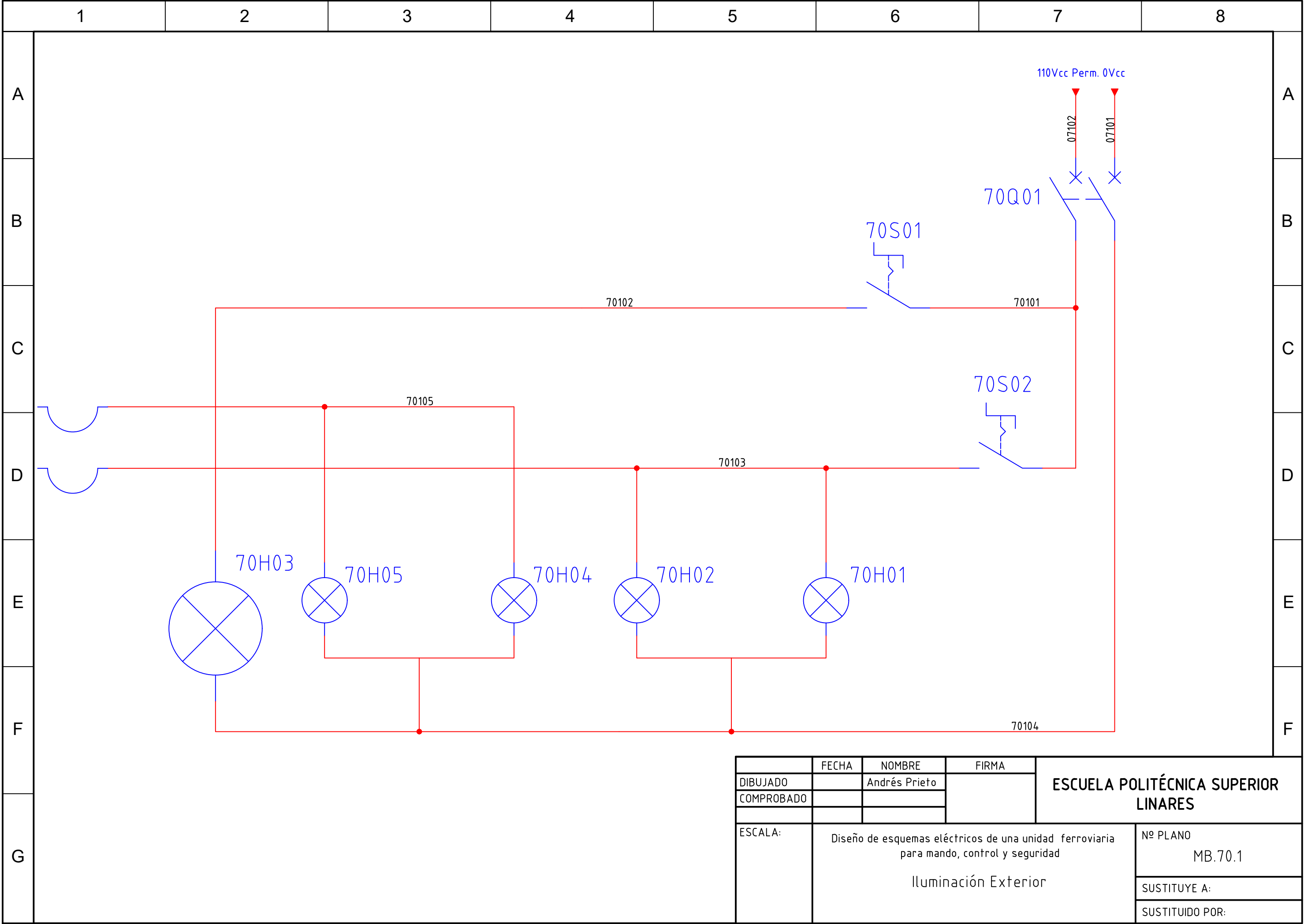


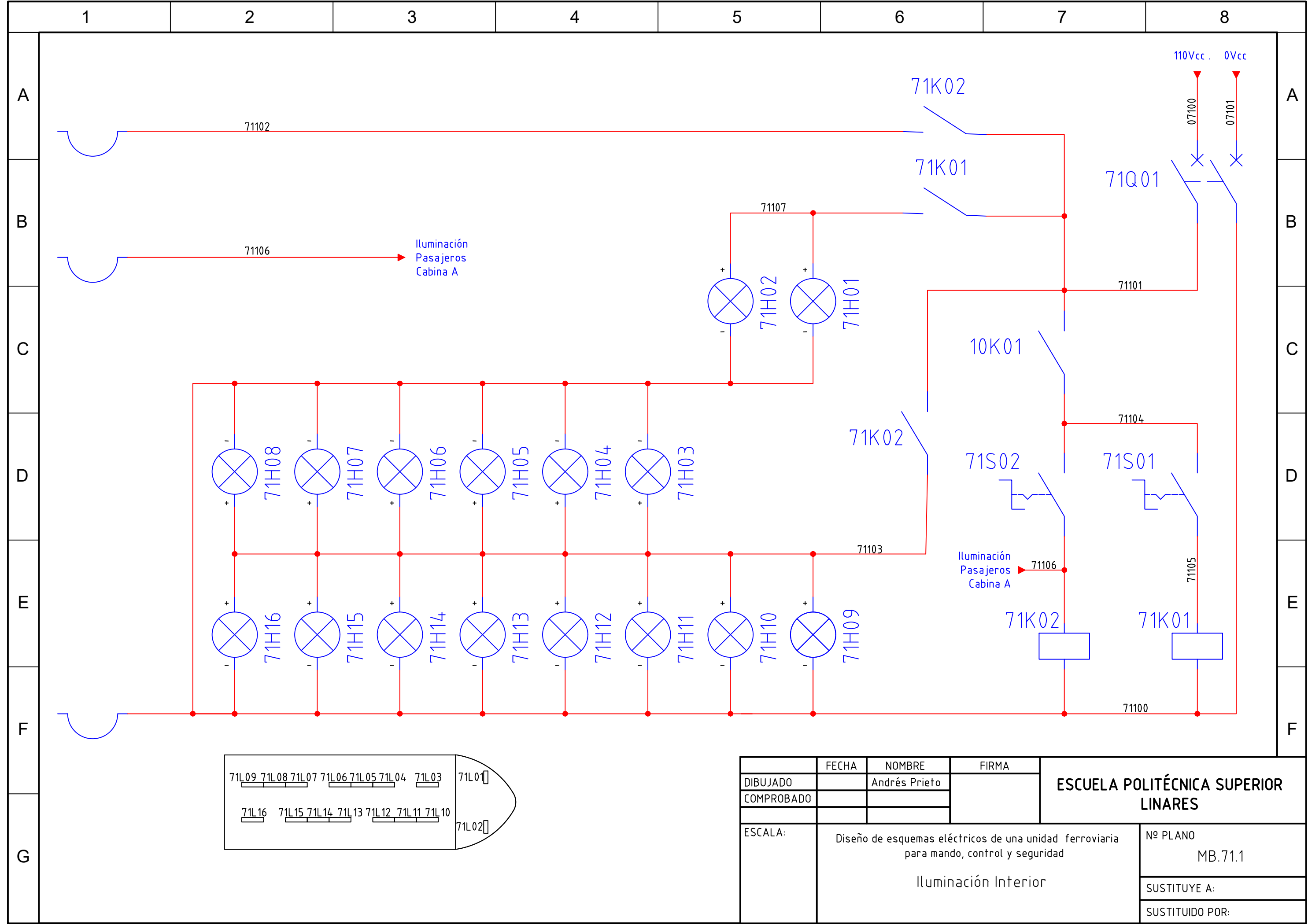
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



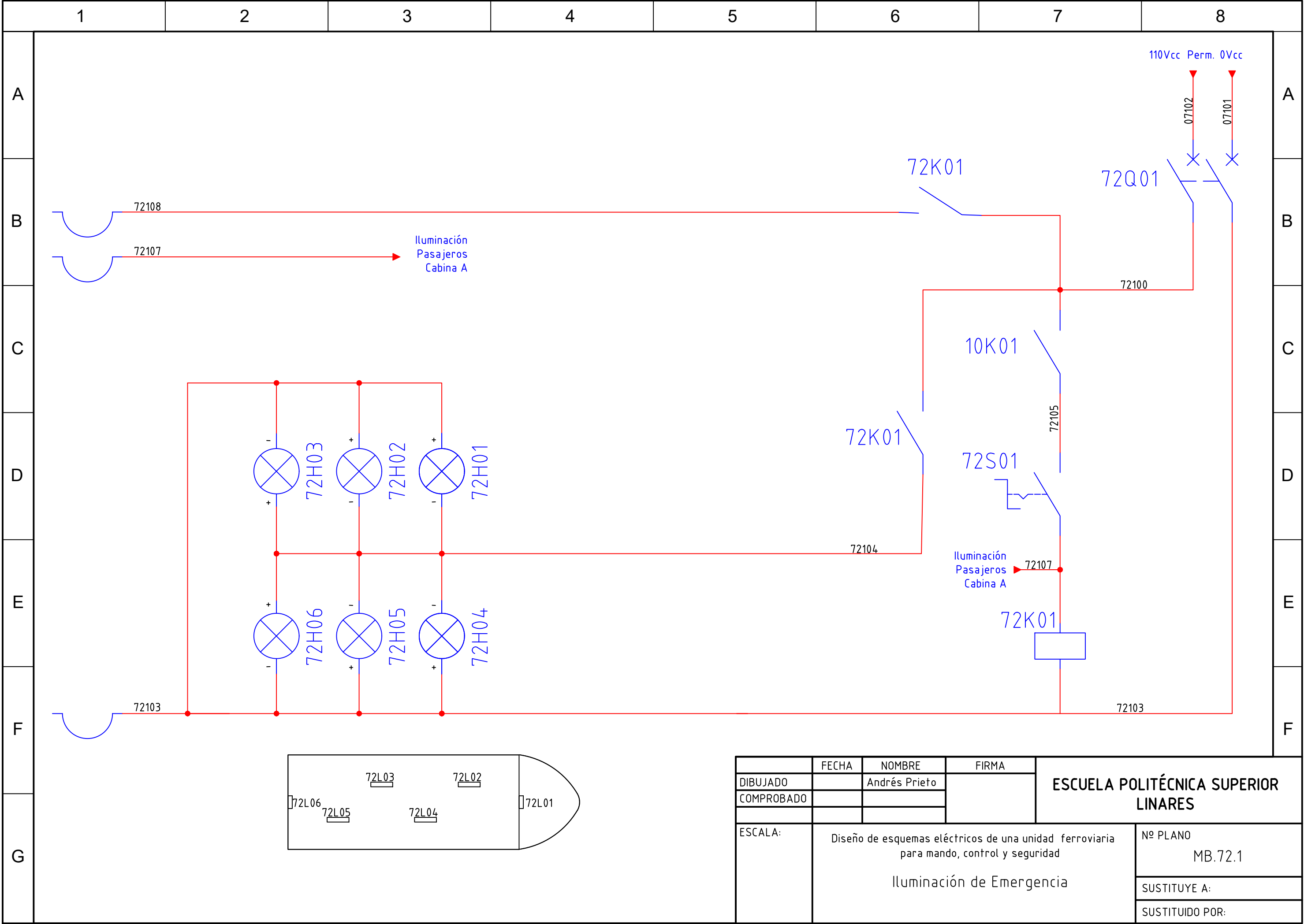
|            |                                                                                                                                 |               |       |                                         |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------|-----------------------------------------|
|            | FECHA                                                                                                                           | NOMBRE        | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES |
| DIBUJADO   |                                                                                                                                 | Andrés Prieto |       |                                         |
| COMPROBADO |                                                                                                                                 |               |       |                                         |
|            |                                                                                                                                 |               |       |                                         |
| ESCALA:    | Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria<br>para mando, control y seguridad<br><br>Control de Compresor Auxiliar |               |       | Nº PLANO<br>MB.61.1                     |
|            |                                                                                                                                 |               |       | SUSTITUYE A:                            |
|            |                                                                                                                                 |               |       | SUSTITUIDO POR:                         |





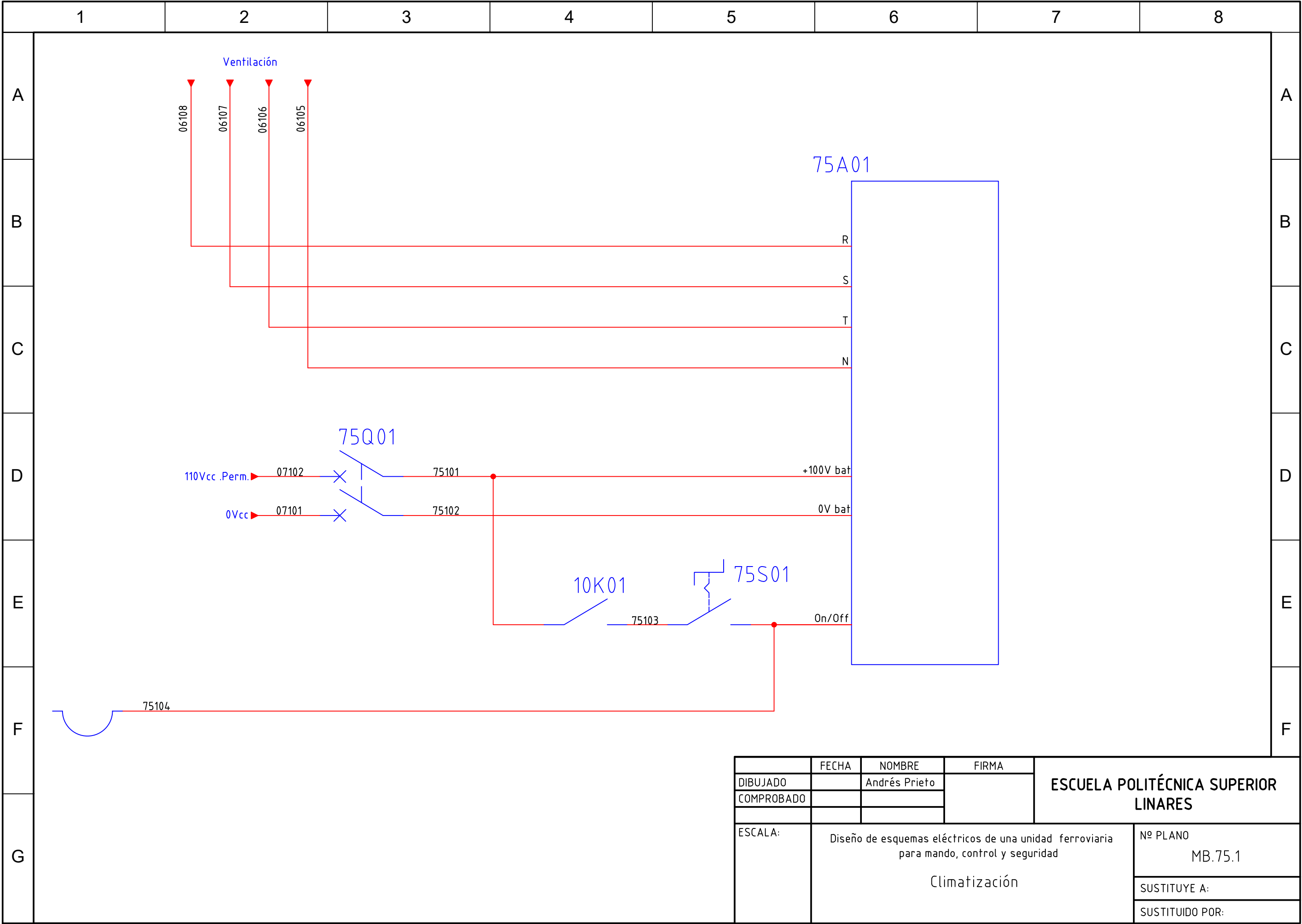
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

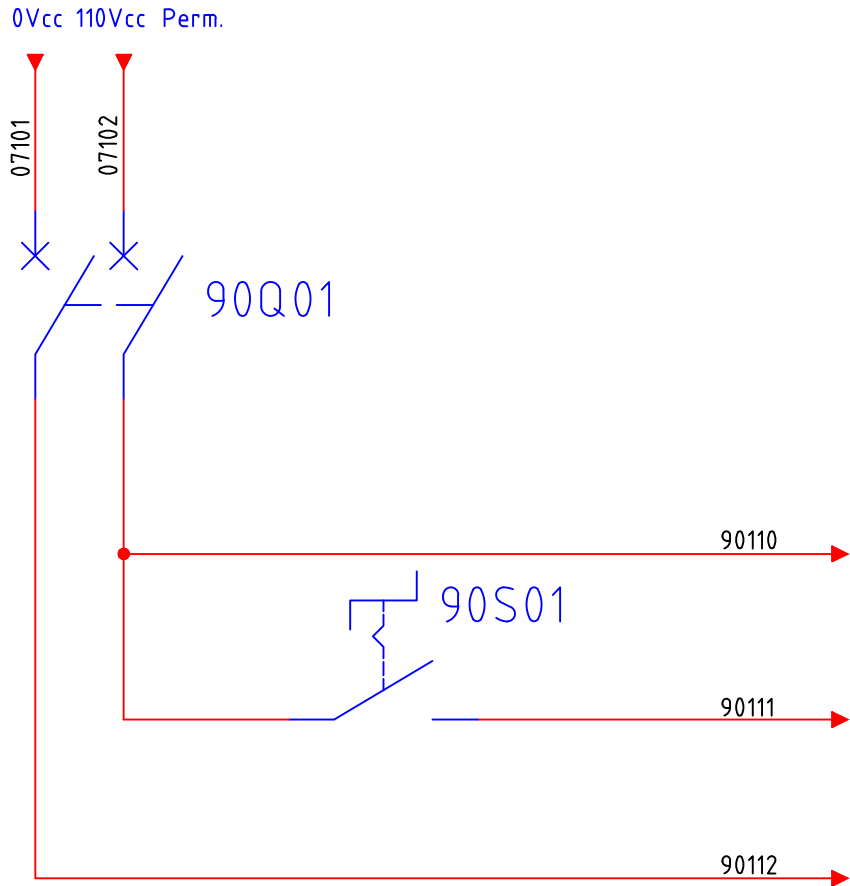
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |               |       |                                         |   |   |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |                     |  |                     |  |  |              |  |  |  |  |                 |  |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------|-----------------------------------------|---|---|-------|--------|-------|-----------------------------------------|----------|--|---------------|--|------------|--|--|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--|--|---------------------|--|---------------------|--|--|--------------|--|--|--|--|-----------------|--|
| 1          | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 3             | 4     | 5                                       | 6 | 7 | 8     |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |                     |  |                     |  |  |              |  |  |  |  |                 |  |
| A          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |               |       |                                         |   |   |       | A      |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |                     |  |                     |  |  |              |  |  |  |  |                 |  |
| B          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |               |       |                                         |   |   |       | B      |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |                     |  |                     |  |  |              |  |  |  |  |                 |  |
| C          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |               |       |                                         |   |   |       | C      |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |                     |  |                     |  |  |              |  |  |  |  |                 |  |
| D          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |               |       |                                         |   |   |       | D      |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |                     |  |                     |  |  |              |  |  |  |  |                 |  |
| E          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |               |       |                                         |   |   |       | E      |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |                     |  |                     |  |  |              |  |  |  |  |                 |  |
| F          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |               |       |                                         |   |   |       | F      |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |                     |  |                     |  |  |              |  |  |  |  |                 |  |
| G          | <table><tr><td></td><td>FECHA</td><td>NOMBRE</td><td>FIRMA</td><td rowspan="3">ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br/>LINARES</td></tr><tr><td>DIBUJADO</td><td></td><td>Andrés Prieto</td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td>COMPROBADO</td><td></td><td></td></tr><tr><td>ESCALA:</td><td colspan="3">Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria para mando, control y seguridad</td><td>Nº PLANO<br/>MB.90.1</td></tr><tr><td></td><td colspan="3">Sistemas Auxiliares</td><td>SUSTITUYE A:</td></tr><tr><td></td><td colspan="3"></td><td>SUSTITUIDO POR:</td></tr></table> |               |       |                                         |   |   | FECHA | NOMBRE | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES | DIBUJADO |  | Andrés Prieto |  | COMPROBADO |  |  | ESCALA: | Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria para mando, control y seguridad |  |  | Nº PLANO<br>MB.90.1 |  | Sistemas Auxiliares |  |  | SUSTITUYE A: |  |  |  |  | SUSTITUIDO POR: |  |
|            | FECHA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | NOMBRE        | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR<br>LINARES |   |   |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |                     |  |                     |  |  |              |  |  |  |  |                 |  |
| DIBUJADO   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Andrés Prieto |       |                                         |   |   |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |                     |  |                     |  |  |              |  |  |  |  |                 |  |
| COMPROBADO |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |               |       |                                         |   |   |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |                     |  |                     |  |  |              |  |  |  |  |                 |  |
| ESCALA:    | Diseño de esquemas eléctricos de una unidad ferroviaria para mando, control y seguridad                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |               |       | Nº PLANO<br>MB.90.1                     |   |   |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |                     |  |                     |  |  |              |  |  |  |  |                 |  |
|            | Sistemas Auxiliares                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |               |       | SUSTITUYE A:                            |   |   |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |                     |  |                     |  |  |              |  |  |  |  |                 |  |
|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |               |       | SUSTITUIDO POR:                         |   |   |       |        |       |                                         |          |  |               |  |            |  |  |         |                                                                                         |  |  |                     |  |                     |  |  |              |  |  |  |  |                 |  |

## **ANEXO I. CÁLCULOS ELÉCTRICOS PARA LA REGULACIÓN DE LOS MOTORES**

El objetivo de estos cálculos es determinar la cantidad y características de las resistencias introducidas en serie con los inducidos de los motores. Estas nos permitirán regular el esfuerzo que realizan los motores para cada posición del manipulador, controlado por el conductor.

Para empezar, el esfuerzo de tracción necesario estará determinado por las características físicas de la unidad, reunidas en la siguiente tabla:

| Descripción                                  | Cantidad          |
|----------------------------------------------|-------------------|
| Masa del coche motor sin pasajeros, $m_M$    | 30000 kg          |
| Masa del coche remolque sin pasajeros, $m_R$ | 25000 kg          |
| Capacidad total de pasajeros, $n_p$          | 210               |
| Radio de rueda, $R$                          | 0,35 m            |
| Relación de transmisión, $N$                 | 5                 |
| Área frontal                                 | 9.3m <sup>2</sup> |
| Coeficiente aerodinámico frontal             | 0.8               |

Tabla 1. Características físicas de la unidad.

Los cálculos para la potencia máxima se realizarán teniendo en cuenta solo la situación más exigente para el sistema de tracción, la cual supondrá que la unidad se encuentre en las siguientes condiciones:

- Pasaje completo, considerando que cada persona tiene una masa media de 65kg.
- Pendiente de la vía de +5,2°.
- Velocidad de la unidad 100km/h.

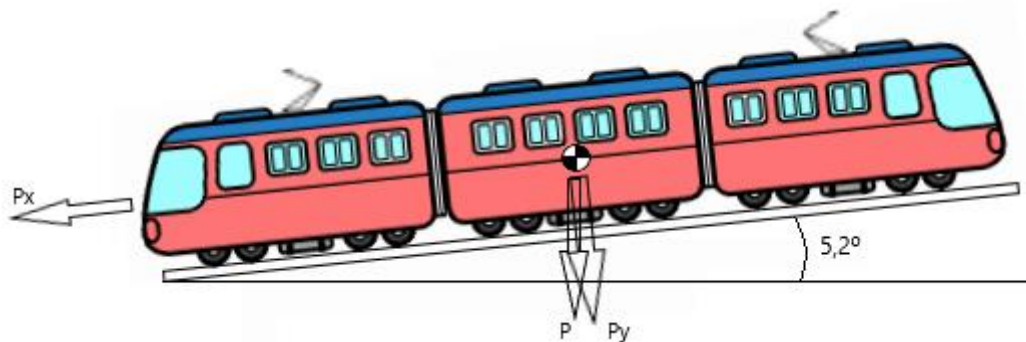


Ilustración 1. Representación esquemática de la situación más exigente.

$$P = 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot (2 \cdot m_M + m_R + 210 \cdot 65 \text{ kg})$$

Ecuación 1. Cálculo del peso total de la unidad.

$$P = 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot (2 \cdot 30000 \text{ kg} + 25000 \text{ kg} + 210 \cdot 65 \text{ kg}) = 967756,5 \text{ N} = 967,8 \text{ kN}$$

$$P_x = P \cdot \sin 5,2^\circ$$

Ecuación 2. Cálculo de la fuerza de oposición al movimiento generada por el peso.

$$P_x = 967,8 \text{ kN} \cdot \sin 5,2^\circ = 87,7 \text{ kN}$$

Una vez calculada la fuerza resistente que supone el propio peso de la unidad, calcularemos resistencia al avance que supone circular a una velocidad de 100 km/h:

$$F_v = \frac{1}{2} \rho v^2 \cdot S \cdot C_x$$

*Ecuación 3. Cálculo de la fuerza de oposición al movimiento generada por el aire.*

Donde:

- $\rho$  es la densidad del aire y su valor es de 1.225 kg/m<sup>3</sup> al nivel del mar.
- $v$  es la velocidad del aire relativa a la unidad.
- $S$  es la superficie frontal del coche motor.
- $C_x$  es el coeficiente aerodinámico frontal.

$$F_v = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \frac{kg}{m^3} \cdot \left(27.778 \frac{m}{s}\right)^2 \cdot 9,3m^2 \cdot 0,8 = 3516,2 N = 3,5 kN$$

$$F_R = P_x + F_v$$

*Ecuación 4. Fuerza resistente al avance total*

$$F_R = P_x + F_v = 87,7 kN + 3,5 kN = 91,2 kN$$

Las ruedas tractoras deberán realizar un par que genere una fuerza en los raíles de la vía igual a la fuerza resistente al avance para que la unidad se pueda mantener a 100km/h con una pendiente de 6 grados. Esta fuerza será de 5,7 kN por rueda, teniendo en cuenta que disponemos de 16 ruedas tractoras. Con esto, calcularemos el par que debe ejercer cada motor para conseguir estas condiciones.

$$\tau_R = F_R / 16 \cdot R$$

*Ecuación 5. Par tractor por rueda.*

Donde:

- $\tau_R$  es el par tractor por rueda.
- $R$  es el radio de la rueda.

$$\tau_R = 5,7 kN \cdot 0,35m = 2,0 kN \cdot m$$

Sabiendo que el par que ejerce el motor se distribuye de forma simétrica en las ruedas a través del eje y que la relación de transmisión es 5, el par ejercido por cada motor será:

$$\tau_M = 2 \cdot \frac{\tau_R}{N} = 2 \cdot \frac{2,3 kN \cdot m}{5} = 0,8 kN \cdot m$$

*Ecuación 5. Par tractor por motor.*

Una vez conocido el par máximo que los motores deben realizar, para saber la potencia consumida por cada uno de ellos en esta situación, necesitamos calcular su velocidad de giro.

$$\omega_M = \omega_R \cdot N = \frac{v}{R} \cdot N = \frac{27,778 \frac{m}{s}}{0,35 m} \cdot 5 = 396,8 \text{ rad/s}$$

Ecuación 6. Velocidad de giro de los motores.

$$N_M = \omega_M \cdot \tau_M = 396,8 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot 0,8 \text{ kN} \cdot \text{m} = 317,5 \text{ kW}$$

Ecuación 7. Potencia mecánica de los motores.

A diferencia de otros sistemas de tracción, en los que los motores eliminan pérdidas en escobillas, o donde la regulación mediante la electrónica de potencia permite aumentar la eficiencia, este tiene un rendimiento más bajo, el cual se estima en un 85%. Por tanto, se necesitará una mayor potencia eléctrica consumida por los motores para realizar este trabajo, la cual se calculará a continuación:

$$N_E = \frac{N_M}{\eta} = \frac{317,5 \text{ kW}}{0,85} = 372,7 \text{ kW}$$

Ecuación 8. Potencia mecánica de los motores.

A continuación, se realizará una tabla para mostrar la regulación de tensión a través de la introducción de resistencias en los inducidos y la alternancia de conexión de los mismos de serie a paralelo:

| Fase de marcha | Tensión en bornas de cada motor en régimen permanente (V) | Intensidad (A) | Potencia (kW) | Ptotal (kW) | Intensidad en captación para motores (A) | Resistencia necesaria a insertar en inducido (Ohm) |
|----------------|-----------------------------------------------------------|----------------|---------------|-------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Apagado        | -                                                         | -              | -             | -           | -                                        | -                                                  |
| Arranque 0     | 200                                                       | 250            | 50            | 200         | 1000                                     | 4,4                                                |
| Arranque 1     | 400                                                       | 250            | 100           | 400         | 1000                                     | 2,8                                                |
| Arranque 2     | 600                                                       | 250            | 150           | 600         | 1000                                     | 1,2                                                |
| Arranque 3     | 800                                                       | 250            | 200           | 800         | 1000                                     | 0,0                                                |
| Marcha 4       | 1000                                                      | 250            | 250           | 1000        | 1000                                     | 2,0                                                |
| Marcha 5       | 1200                                                      | 250            | 300           | 1200        | 1000                                     | 1,2                                                |
| Marcha 6       | 1400                                                      | 250            | 350           | 1400        | 1000                                     | 0,4                                                |
| Marcha 7       | 1500                                                      | 250            | 375           | 3000        | 1000                                     | 0,0                                                |

Tabla 2. Cálculos eléctricos para la regulación del sistema de tracción en fase de arranque.

Se puede apreciar en la anterior tabla como, mediante esta regulación, se permite realizar un arranque progresivo y se consigue alcanzar en *Marcha 7* la potencia necesaria para satisfacer las necesidades de la unidad en la situación más desfavorable.

Estos cálculos nos permiten conocer la resistencia necesaria a introducir en serie con los inducidos, la cual podemos dividir en 11 partes iguales de 0,4 Ohmios, reduciendo los costes y simplificando el diseño de la lógica de esquemas eléctricos para la regulación.

Para finalizar, también se realizará el cálculo eléctrico en cada fase de marcha una vez la unidad ha salido de la fase de arranque, con el objetivo de conocer el esfuerzo de tracción que realizan los motores en las mismas.

| Fase de marcha | Resistencia insertada en inducido (Ohm) | Tensión en bornas de cada motor en régimen permanente (V) | Intensidad (A) | Potencia (kW) | Ptotal (kW) | Intensidad en captación para motores |
|----------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------|---------------|-------------|--------------------------------------|
| Apagado        | -                                       | -                                                         | -              | -             | -           | -                                    |
| Marcha 0       | 4,4                                     | 400                                                       | 250            | 100           | 400         | 1000                                 |
| Marcha 1       | 4,0                                     | 500                                                       | 250            | 125           | 500         | 1000                                 |
| Marcha 2       | 3,2                                     | 700                                                       | 250            | 175           | 700         | 1000                                 |
| Marcha 3       | 2,8                                     | 800                                                       | 250            | 200           | 800         | 1000                                 |
| Marcha 4       | 2,0                                     | 1000                                                      | 250            | 250           | 1000        | 1000                                 |
| Marcha 5       | 1,2                                     | 1200                                                      | 250            | 300           | 1200        | 1000                                 |
| Marcha 6       | 0,4                                     | 1400                                                      | 250            | 350           | 1400        | 1000                                 |
| Marcha 7       | 0,0                                     | 1500                                                      | 250            | 375           | 3000        | 1000                                 |

*Tabla 3. Cálculos eléctricos de la regulación del sistema de tracción en fase de marcha.*

La elección de compra de todos los componentes que forman el sistema de tracción se deberá ajustar lo máximo posible a estos cálculos. En caso de que no sea posible conseguir alguno, se modificarán los cálculos realizados, y si procediera, los esquemas eléctricos.

## **PRESUPUESTO**

Este documento contendrá el presupuesto estimado para realizar la totalidad de este proyecto.

Los costes fijos serán independientes de la cantidad de unidades modernizadas y se contabilizarán de la siguiente manera:

| Concepto                                  | Cantidad | Precio unitario | Total        |
|-------------------------------------------|----------|-----------------|--------------|
| Horas ingeniería de esquemas              | 380      | 80,00 €         | 30.400,00 €  |
| Horas ingeniería de instalación neumática | 120      | 80,00 €         | 9.600,00 €   |
| Horas ingeniería de montajes              | 420      | 75,00 €         | 31.500,00 €  |
| Horas ingeniería de equipos eléctricos    | 350      | 80,00 €         | 28.000,00 €  |
| Horas ingeniería de equipos neumáticos    | 300      | 80,00 €         | 24.000,00 €  |
| Total                                     |          |                 | 123.500,00 € |

Los costes variables serán aplicados a cada unidad modernizada, siendo para este caso 10 de ellas:

| Concepto                                             | Cantidad | Precio unitario | Total        |
|------------------------------------------------------|----------|-----------------|--------------|
| Horas mano de obra para la construcción de la unidad | 600      | 65,00 €         | 39.000,00 €  |
| Equipos eléctricos                                   | 1        | 244.860,00 €    | 244.860,00 € |
| Equipos neumáticos                                   | 1        | 52.200,00 €     | 52.200,00 €  |
| Instalación eléctrica                                | 1        | 250.000,00 €    | 250.000,00 € |
| Instalación neumática                                | 1        | 40.000,00 €     | 40.000,00 €  |
| Portes                                               | 1        | 15.000,00 €     | 15.000,00 €  |
| Total por unidad                                     |          |                 | 641.060,00 € |

Dentro de estos costes variables, se pueden desglosar a su vez los costes de los equipos eléctricos y neumáticos.

El desglose del coste de equipos neumáticos será el siguiente:

| Concepto                     | Cantidad | Precio untario | Total       |
|------------------------------|----------|----------------|-------------|
| Compresor Principal          | 1        | 5.000,00 €     | 5.000,00 €  |
| Compresor Auxiliar           | 2        | 800,00 €       | 1.600,00 €  |
| Unidad de Control de Puertas | 12       | 3.500,00 €     | 42.000,00 € |
| Válvula Biestable            | 6        | 600,00 €       | 3.600,00 €  |
| Total                        |          |                | 52.200,00 € |

El desglose del coste de equipos eléctricos será el siguiente:

| Concepto                | Cantidad | Precio Unitario | Total        |
|-------------------------|----------|-----------------|--------------|
| Pantógrafo              | 2        | 10.000,00 €     | 20.000,00 €  |
| Disyuntor               | 3        | 15.000,00 €     | 45.000,00 €  |
| Cargador de Baterías    | 2        | 12.500,00 €     | 25.000,00 €  |
| Convertidor de Potencia | 2        | 50.000,00 €     | 100.000,00 € |
| Manipulador             | 2        | 2.000,00 €      | 4.000,00 €   |
| Batería                 | 2        | 8.000,00 €      | 16.000,00 €  |
| Seccionador             | 1        | 5.500,00 €      | 5.500,00 €   |

|                            |    |            |              |
|----------------------------|----|------------|--------------|
| Luminarias LED             | 66 | 60,00 €    | 3.960,00 €   |
| Iluminación exterior corta | 8  | 350,00 €   | 2.800,00 €   |
| Iluminación exterior larga | 2  | 800,00 €   | 1.600,00 €   |
| Climatizador               | 3  | 7.000,00 € | 21.000,00 €  |
| Total                      |    |            | 244.860,00 € |

Finalmente, se calculará el coste total de la modernización de 10 unidades completas, con I.V.A. incluido:

| Concepto         | Cantidad | Precio unitario | Total          |
|------------------|----------|-----------------|----------------|
| Costes fijos     | 1        | 123.500,00 €    | 123.500,00 €   |
| Costes variables | 10       | 641.060,00 €    | 6.410.600,00 € |
| Total            |          |                 | 6.534.100,00 € |
| I.V.A. (21%)     |          |                 | 1.372.161,00 € |
|                  |          |                 | 7.906.261,00 € |

El coste total de la realización de este proyecto será **SIETE MILLONES NOVECIENTOS SEIS MIL DOSCIENTOS SESENTA Y UN EUROS.**