

Universidad
de La Laguna

Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología
Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO FIN DE GRADO

**DISEÑO, DESARROLLO, CONTROL E
IMPLEMENTACIÓN DE UN COMPRESOR EN UN
VEHÍCULO TRANVIARIO**

Autor: Carlos González Delgado

Tutor: D. Ignacio Teresa Fernández

D. Ignacio Teresa Fernández, Ingeniero Industrial, Profesor Asociado perteneciente al Área de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad de La Laguna.

AUTORIZA: a D. Carlos González Delgado, estudiante de Ingeniería Electrónica Industrial y Automática, a presentar el Trabajo de fin de Grado que ha realizado bajo mi dirección.

Lo que firmo, en La Laguna a 29 de junio de 2017.

D. Ignacio Teresa Fernández
Dpto. Ingeniería Industrial Universidad de La Laguna.

*A mis padres y a mi hermana,
por haberme ayudado en todo
para llegar hasta aquí.*

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a mi tutor, Ignacio Teresa Fernández, puesto que han sido muchas horas de trabajo que me han hecho crecer como estudiante de ingeniería y he aprendido muchísimo bajo su dirección.

A Sara y Johny del departamento de mantenimiento del tranvía de Tenerife, ya que me han tratado como uno más en los talleres y me han facilitado enormemente el acceso a los vehículos y a toda la documentación técnica relativa a estos.

Por último, a Anatael y Gregorio de la empresa Manuel Olivera Rodríguez S.L. por haberme ayudado con todo lo respectivo a la automatización del sistema y el dimensionado de la instalación neumática.

Carlos González Delgado.

INDICE

RESUMEN	11
----------------------	-----------

ABSTRACT	12
-----------------------	-----------

Capítulo 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Origen del proyecto	14
-------------------------------	-----------

1.2 Objetivo del proyecto	15
---------------------------------	-----------

1.3 Localización del proyecto	16
-------------------------------------	-----------

1.4 Estructura de la memoria	17
------------------------------------	-----------

Capítulo 2: ANTECEDENTES

2.1 Sistema actual de compresión de aire	20
--	-----------

2.1.1 Acumuladores actuales	22
-----------------------------------	-----------

2.1.2 Compresores actuales	23
----------------------------------	-----------

2.1.3 Sensores y actuadores del sistema actual	25
--	-----------

2.1.4 Esquemas de funcionamiento del sistema actual	29
---	-----------

2.2 Problemática del sistema actual	29
---	-----------

2.2.1 Datos del mantenimiento del sistema actual	30
--	-----------

Capítulo 3: NUEVO SISTEMA PROPUESTO

3.1 Descripción detallada del nuevo equipamiento	37
--	-----------

3.1.1 Acumuladores	37
--------------------------	-----------

3.1.2 Compresor	38
-----------------------	-----------

3.1.3 Controlador lógico programable (PLC)	40
--	-----------

3.1.4 Red de aire comprimido	42
------------------------------------	-----------

3.1.5	Esquemas del nuevo sistema	44
3.2	Bastidores para equipos	45
3.2.1	Bastidor acumuladores	45
3.2.2	Bastidor compresor y electroválvulas	45
3.2.3	Soporte PLC, Contactores y Dispositivos de protecc. ...	46
3.2.4	Cofre compresor	47
3.3	Presupuesto	47
3.4	Instalación y mano de obra	49

Capítulo 4: PROGRAMACIÓN y AUTOMATIZADO

4.1	Descripción del software de programación	52
4.1.1	Creación del programa	53
4.1.2	Lenguaje BDF (Diagrama de Bloques de Función)	55
4.1.2.1	Acceso a la ayuda	55
4.1.2.2	La barra de herramientas	56
4.1.2.3	Los modos	56
4.1.2.4	Modo Edición	57
4.1.3	Elementos del lenguaje BDF	58
4.2	Descripción del código	63
4.2.1	Entradas y Salidas	64
4.2.2	Operaciones	65

Capítulo 5: MANTENIMIENTO DEL SISTEMA PROPUESTO

5.1	Descripción de las actividades de mantenimiento	74
-----	---	----

5.2	Recursos humanos y materiales	79
5.3	Aspectos de seguridad a tener en cuenta	80
5.4	Planos técnicos de mantenimiento del nuevo compresor	81
CONCLUSIONES		85
BIBLIOGRAFIA		86
ANEXOS		

1 Hojas de características

1.1	PLC	88
1.2	Compresor	91
1.3	Código	92
1.4	Tubería	96
1.5	Electroválvulas	97

2 Planos

2.1	Unifilar de equipos actuales
2.2	Esquema comunicaciones actuales
2.3	Plano acumulador 25L CR-25
2.4	Plano Dimensiones PUSKA N-450-NM III
2.5	Esquema comunicaciones proyecto final
2.6	Unifilar equipos proyecto final
2.7	Plano Ensamblaje Bastidor Compresor 1
2.8	Plano Ensamblaje Bastidor Compresor 2
2.9	Plano Ensamblaje Bastidor Acumuladores 1
2.10	Plano Ensamblaje Bastidor Acumuladores 2
2.11	Plano Ensamblaje Soporte PLC 1
2.12	Plano Ensamblaje Soporte PLC 2
2.13	Plano Ensamblaje Soporte PLC 3

2.14	Plano Ensamblaje Soporte PLC 4
2.15	Plano Cofre 1
2.16	Plano Cofre 2
2.17	Plano Cofre 3

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Logotipo de Tranvía metrotenerife	14
Figura 2.	Plano líneas 1 y 2 del tranvía de Tenerife	14
Figura 3.	Tranvía ALSTOM CITADIS	17
Figura 4.	Conjunto Bogie – Alstom Citadis 302	20
Figura 5.	Distribución sistemas compresión tranvía	21
Figura 6.	Sentidos del arenado	21
Figura 7.	Acumulador actual	22
Figura 8.	Manoreductora de acumulador actual	22
Figura 9.	Compresor ERVOR S13/LS55-L-24V	23
Figura 10.	Características compresor S13/LS55-L-24V	24
Figura 11.	Ubicación del compresor actual	24
Figura 12.	Presostato	25
Figura 13.	Sensor térmico Compresor ERVOR	26
Figura 14.	Buses de comunicación	26
Figura 15.	RIOM simple	27
Figura 16.	Central MVB-WTB	27
Figura 17.	IHM	28
Figura 18.	Pulsadores de pupitre	28
Figura 19.	Tabla MKBF 2015/2016	31
Figura 20.	Tabla horas/trabajador mant. Correctivo2015/2016	32-33
Figura 21.	Gráfica MKBF	34
Figura 22.	Tabla horas/trabador mant. Preventivo 2015/2016	34

Figura 23. Ubicación bastidor para acumuladores CR-25	37
Figura 24. Compresor PUSKA N-450-BM (III)	38
Figura 25. Características compresor N-450-BM II	38
Figura 26. Ubicación del bastidor para el compresor N-450-BM (III)	39
Figura 27. PLC SR3B261BD (Schneider Electric)	40
Figura 28. Características PLC SR3B261BD (Schneider Electric)	40-41
Figura 29. Ubicación PLC y protecciones eléctricas bajo capota	41
Figura 30. Tubería de la red de aire comprimido	42
Figura 31. Electroválvulas adicionales	43
Figura 32. Armario Electroválvulas	46
Figura 33. Adhesivo Riesgo Eléctrico	47
Figura 34. Adhesivo Suelo Frágil	47
Figura 35. Entradas físicas	64
Figura 36. Salidas físicas	65
Figura 37. Entradas físicas II	65
Figuras 38 – 53. Código	66-72
Figura 54. Código Purga automática	72
Figura 55. Tabla de actividades de mantenimiento compresor PUSKA	74
Figura 56. Control del nivel de aceite en compresor PUSKA	75
Figura 57. Rellenado del aceite compresor PUSKA	75
Figura 58. Filtro del aire compresor PUSKA	76
Figura 59. Detalle conexiones compresor PUSKA	77
Figura 60. Verificación tensión correa compresor PUSKA	78

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo el diseño de un sistema de compresión de aire que sustituya al actual, presente en los tranvías de Metropolitano de Tenerife. El actual sistema posee una baja fiabilidad lo que se traduce en enormes costes económicos y de recursos humanos para la empresa gestora de los mismos, Metropolitano de Tenerife S.A.

Con esta premisa en mente, explicaremos la problemática del sistema presente hoy por hoy en estos vehículos con datos y estadísticas recabados en los últimos años. Estos datos aportan una idea muy clara de los serios problemas de mantenimiento que este sistema genera.

Una vez entendido el origen del proyecto procedemos a explicar el sistema de compresión de aire actual, utilizado principalmente para el arenado y el engrase entre pestaña y vía.

Seguidamente, procedemos a presentar los equipos y características del sistema propuesto en este proyecto, así como su automatizado mediante un PLC que integre las nuevas señales con las ya existentes, actuando de una forma robusta y fiable.

Incluiremos un plan de mantenimiento completo del compresor propuesto, contemplando su importancia desde la fase inicial de proyecto, para evitar repetir los errores de otros sistemas en el pasado. El objetivo es mantener los niveles de servicio en todo momento, tratando de minimizar los imprevistos a los que un sistema con una exigencia tan alta de rendimiento se puede ver involucrado.

ABSTRACT

The aim of this Project is to design an air compression system that replaces the current one present on the trams of the island of Tenerife. The actual system has a low reliability which translates into enormous economic and human costs for the company Metropolitano de Tenerife S.A.

With this premise in mind, we will explain the current problems of the system present in these vehicles with data and statistics collected in recent years. These data provide a very clear idea of the serious maintenance problems that this system suffers actually.

Once understood the origin of the project, we are going to explain the characteristics of the current air compression system. The purpose of the system is mainly for sandblasting and oiling the wheels and the rails.

Next, we'll introduce the equipment and characteristics of the system proposed in this project, as well as its automatization with a PLC that integrates the new signals with the existing ones acting in a robust and reliable way.

We will include a complete maintenance plan of the new compressor, understanding its importance from an initial phase during the project, to avoid repeating the mistakes of other systems in the past. The objective is to maintain always the service level, minimizing the unforeseen. This kind of systems require a very high performance at any time.

Capítulo 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Origen del proyecto

Metropolitano de Tenerife nace en el año 2001, bajo la iniciativa del Cabildo Insular de Tenerife en la búsqueda de nuevas soluciones de transporte público en un territorio limitado y altamente congestionado. La zona metropolitana de la isla, donde urgía la implantación de nuevas vías de conectividad es el primer objetivo de esta nueva empresa, logrando en pocos años, y después de un profundo análisis de la situación, implantar una solución eficaz y sostenible: nace el tranvía de Tenerife.



Figura 1. Logotipo de Tranvía metrotenerife

El tranvía de Tenerife cuenta actualmente con dos líneas en servicio que enlazan y comunican los principales lugares de interés del área metropolitana de la isla, entre los municipios de Santa Cruz y La Laguna.

Metropolitano de Tenerife ofrece servicio durante todo el año: de lunes a viernes de 6:00 a 24:00 horas; fines de semana y festivos con servicio ininterrumpido.



Figura 2. Plano líneas 1 y 2 del tranvía de Tenerife

La **Línea 1** conecta con los principales centros administrativos, equipamientos culturales, educativos, hospitalarios, de servicio y zonas comerciales de las dos ciudades.

La **Línea 2**, con un trazado transversal a la anterior, circula entre zonas de alta densidad de población de estos municipios, como son La Cuesta, Taco y Tíncer.

El origen del presente proyecto reside en la necesidad de diseñar un sistema de compresión de aire para los tranvías de Metropolitano de Tenerife, S.A. Pero que a diferencia del actual posea una tasa de averías notablemente más baja, reduciendo así el número de horas de mantenimiento correctivo, lo que se traduce en más tiempo para los operarios de mantenimiento de los tranvías para realizar otras tareas y reduciendo costes a la empresa.

El mantenimiento de una flota de 26 tranvías es una labor de gran calado y de vital importancia para metropolitano de Tenerife y el servicio que dicha empresa presta a los ciudadanos de la isla de Tenerife. Las tareas de mantenimiento son tan variadas como complejas, desde un pulsador de puerta averiado hasta la tracción del vehículo pasando por el aire acondicionado entre tantísimos otros ejemplos. Es por esta razón que garantizar la durabilidad de los distintos componentes y equipos de cada vehículo resulta provechoso no solo para la empresa sino también para ofrecer un servicio de calidad a sus clientes.

1.2. Objetivo del proyecto

El objetivo principal del proyecto es el diseño de un sistema de compresión de aire equivalente al actual en prestaciones para arenado y engrase de pestaña (parte de la rueda que gira dentro de la vía), pero que a diferencia del actual posea unas características que lo doten de una gran durabilidad y fiabilidad.

El vehículo tranviario utilizado por metrotenerife es un ALSTOM CITADIS 302 (figura 3). Este tipo de tranvías utilizan un sistema de arenado y engrase de rueda basado en 3 compresores (uno por cada bogie) y 3 acumuladores de 10 litros de capacidad cada uno.

Explicaremos en el capítulo de antecedentes las características técnicas en detalle.

La idea inicial para llevar a cabo este proyecto fue la de utilizar un único compresor de mayor potencia, mayor durabilidad en términos de materiales de construcción, que realice las tareas del actual sistema. Este compresor será el eje principal del proyecto ya que su correcto funcionamiento (paradas y arranques) harán de este sistema propuesto una herramienta efectiva para las demandas de cada vehículo en las condiciones más exigentes.

Las peores condiciones se dan en días de lluvia ya que en salida los conductores necesitan agarre y aplican arena por medio de un botón situado en el pupitre de mando. Este y otros muchos aspectos serán detallados en el presente proyecto.

Aparte del equipo principal de compresión utilizaremos dos acumuladores más de 25 litros cada uno que se sumarán a los tres ya existentes.

Con esto resulta evidente que habrá que adaptarse al nuevo dimensionamiento del sistema. Se diseña para ello, un nuevo sistema de control de los actuadores y sensores orientado a un PLC, SR3B261BD Zelio Logic (Schneider Electric), de forma que se integre de forma natural en las comunicaciones propias del vehículo. Dichas comunicaciones se realizan a través de buses y autómatas exclusivos de ALSTOM, fabricante del vehículo.

Los autómatas propios del tranvía reciben el nombre de RIOM y a ellos van a parar las señales, se analizan, se realizan las operaciones y continúan su camino al siguiente equipo. Son estos equipos, las RIOM, las que suponen un desafío a la hora de automatizar todo el sistema ya que su programación no es de libre acceso por lo que ha sido fundamental crear señales auxiliares que dieran idea a estos autómatas de que el sistema utilizado está en perfecto estado o si por el contrario es necesario emitir un mensaje de error. En el capítulo 4 hablaremos de todo lo relativo al software.

1.3. Localización del proyecto

El proyecto servirá de estándar, exclusivamente, para los vehículos ALSTOM CITADIS 302 utilizados por Metropolitano de Tenerife, S.A. Estos vehículos tienen características propias que no se repiten siquiera en tranvías del mismo modelo en otras ciudades del mundo ni tampoco en otros vehículos de ALSTOM u otros fabricantes.



Figura 3. Tranvía ALSTOM CITADIS

Dicho esto, introduciremos brevemente las características técnicas más interesantes del vehículo en el que se desarrollará e implementará este proyecto.

El CITADIS 302 es un tranvía construido por ALSTOM en La Rochelle (Francia) y Barcelona (España). El tranvía de Tenerife tiene una configuración de cinco módulos (dos de ellos cabina más pasajeros y los tres restantes exclusivamente de pasajeros) con una longitud de 30 metros y capacidad para 64 personas sentadas y 144 de pie.

Este vehículo es 100% piso bajo, tiene una potencia de 720KW y una velocidad máxima de 70km/h.

1.4. Estructura de la memoria

La memoria de este trabajo fin de grado se estructura en capítulos de la siguiente manera:

- En este **primer capítulo** se pretende dar una visión global de todo el proyecto, conociendo en primer lugar las circunstancias que han motivado la creación de un proyecto como este y estableciendo el objetivo final del mismo.
- En el **capítulo 2** se analizan los antecedentes de este proyecto. Es aquí donde conoceremos las causas que han motivado la elaboración de este proyecto partiendo de datos extraídos del historial de mantenimiento de los vehículos tranviarios de Metropolitano de Tenerife, S.A. Antes de eso, conoceremos las

características técnicas del sistema de compresión de aire actual, así como, las deficiencias del mismo.

- El **tercer capítulo** presenta los nuevos equipos que se introducirán en el nuevo sistema de compresión propuesto, cuál será su funcionamiento y con qué antiguos equipos convivirán.
- En el **capítulo 4** se explica el sistema de control automatizado diseñado para la propuesta. Se describe en primer lugar el entorno de programación y las principales características de la programación del PLC. Seguidamente se explica la automatización del sistema y el control de los modos de error del sistema.
- En el **quinto capítulo** presentamos el plan de mantenimiento elaborado para el nuevo compresor implementado de acuerdo con sus características técnicas, con el objetivo de que éste permanezca en perfectas condiciones a lo largo de su vida útil.
- La memoria finaliza con las conclusiones obtenidas del proyecto.
- Por último, se presentan los **anexos** (hojas de características y planos).

Capítulo 2: ANTECEDENTES

2.1 Sistema actual de compresión de aire

Este apartado contiene un resumen del sistema de compresión de aire utilizado por Metropolitano de Tenerife S.A. para sus tranvías ALSTOM Citadis, con el objetivo de dar una visión general del funcionamiento del mismo y de los problemas que presenta.

Actualmente, el sistema de compresión de aire en cada tranvía consta de 3 compresores ERVOR S13/LS55-L-24 Volts y 3 acumuladores de 10 litros de capacidad cada uno. La distribución de cada compresor con cada acumulador es de un set (compresor y acumulador) por cada bogie (3 bogies por cada vehículo tranviario).

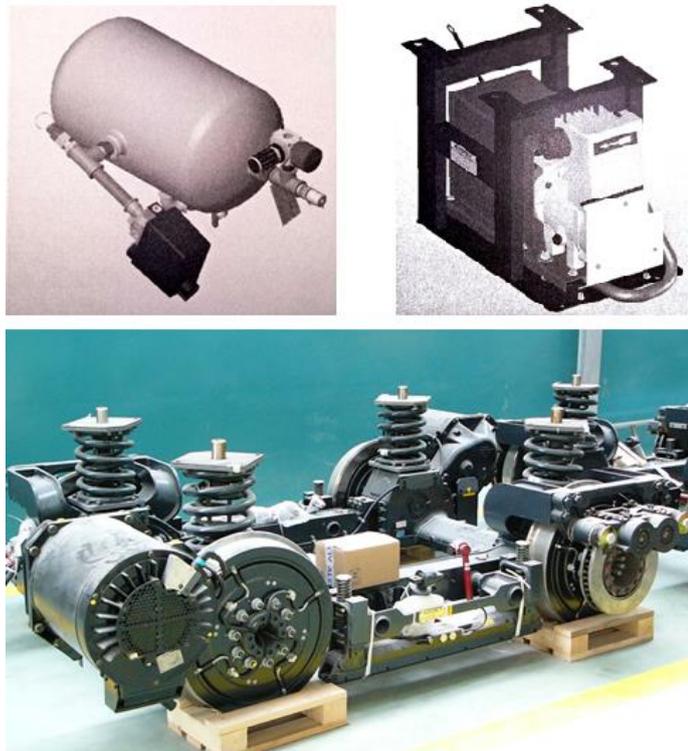


Figura 4. Conjunto Bogie – Alstom Citadis 302

En la figura 5 podemos ver como se distribuyen compresores, acumuladores y bogies de una forma clara. En las vistas de planta y perfil se pueden ver rectángulos y puntos de colores. Los puntos rojos corresponden a la ubicación de los **acumuladores de 10 L**, los puntos azules corresponderían a los **compresores ERVOR** y los rectángulos naranjas son los **bogies**.

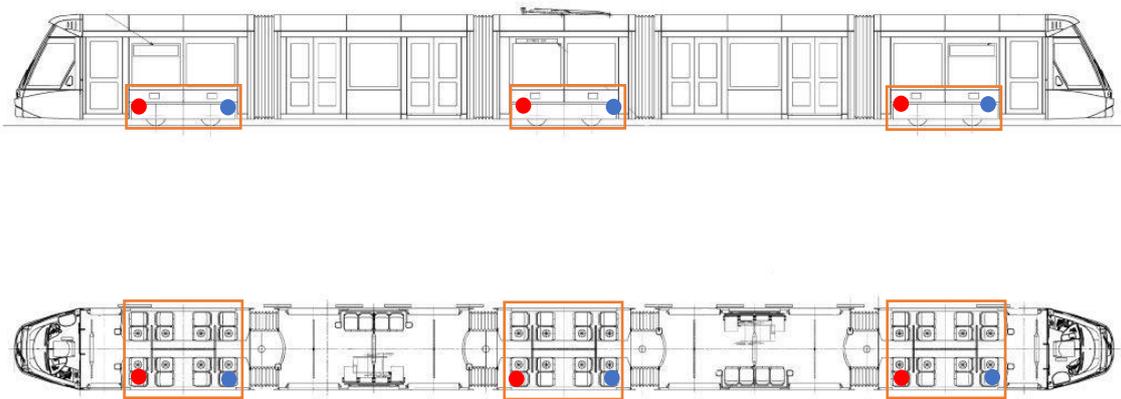


Figura 5. Distribución sistemas compresión tranvía

Los 3 sets funcionan conjuntamente formando un sistema de compresión de aire integral para cada tranvía, trabajando simultáneamente a la hora aplicar arena en pestaña o el engrasado. Para ello cuenta también con una serie de actuadores y sensores, así como una interfaz para la detección de errores y control del mantenimiento de los cuales hablaremos en detalle más adelante.

La aplicación de la arena se realiza por medio de unas tuberías o por otras según el sentido de circulación del vehículo. La razón es que la arena vaya siendo recibida por las ruedas al paso de las mismas. Esto queda muy claro en la figura 6.



Figura 6. Sentidos del arenado

2.1.1 Acumuladores actuales

La capacidad de cada acumulador es de 10 litros y tiene una ventana de presiones de trabajo que se sitúa entre 6 y 9 bares. Los acumuladores del tranvía funcionan como se espera de ellos por tanto serán aprovechados como espacio de almacenaje de aire comprimido en el nuevo sistema.

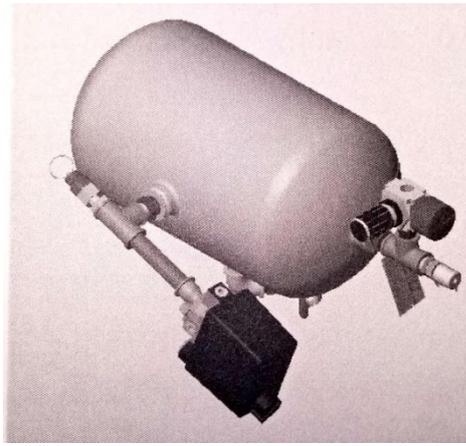


Figura 7. Acumulador actual

El flujo de salida de aire debe ser a una presión de trabajo constante, garantizando la misma presión en el aire durante toda la operación. Esto es posible gracias a una manoreductora. Las manoreductoras están taradas a 2,5 bares en todos los vehículos.



Figura 8. Manoreductora de acumulador actual

2.1.2 Compresores actuales

Los tranvías cuentan con tres compresores ERVOR S13/LS55-L-24V, estos compresores son el principal motivo por el que este proyecto se lleva a cabo ya que como bien comentamos en la introducción están operando por encima de sus posibilidades de diseño para tareas de arenado y engrase. Además de esto, los materiales de construcción de bielas, pistones y camisas no son de la calidad y resistencia deseada, teniendo un historial de mantenimiento muy extenso de roturas de dichos componentes. Los relés de arranque no aguantan el intenso trabajo del compresor y acaban carbonizados con el tiempo.

La sustitución de estos componentes por otros nuevos parece no ser la solución dado que las averías persisten.

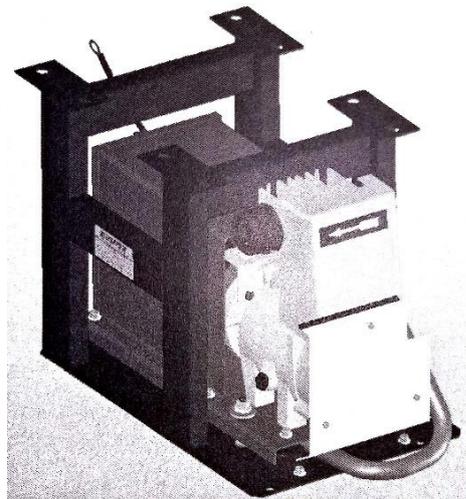


Figura 9. Compresor ERVOR S13/LS55-L-24V

A pesar de estas deficiencias de diseño, seguiremos contando con ellos a modo de apoyo secundario como veremos en el siguiente capítulo en el que se detalla todo lo relativo al sistema propuesto en el presente proyecto.

La siguiente figura resume las principales características técnicas de estos compresores en la siguiente tabla:

Caudal	100 L/min
Cilindrada	65 cm ³
Presión Máxima	10 Bar
Tiempo Funcionamiento	30 min/hora
Potencia	800W
Corriente nominal	38A
Temp. Mín. Ambiente	-20°C
Temp. Máx. Ambiente	+40°C
Tensión de Alim.	24V
Certificación	IP44

Figura 10. Características compresor S13/LS55-L-24V

La ubicación del compresor como se aprecia en la figura 11 (mala visibilidad a simple vista) es de difícil acceso, ya que no sólo está detrás de otros equipos, sino que es necesario tener el vehículo tranviario en alto lo que supone una dificultad añadida en los trabajos de mantenimiento.

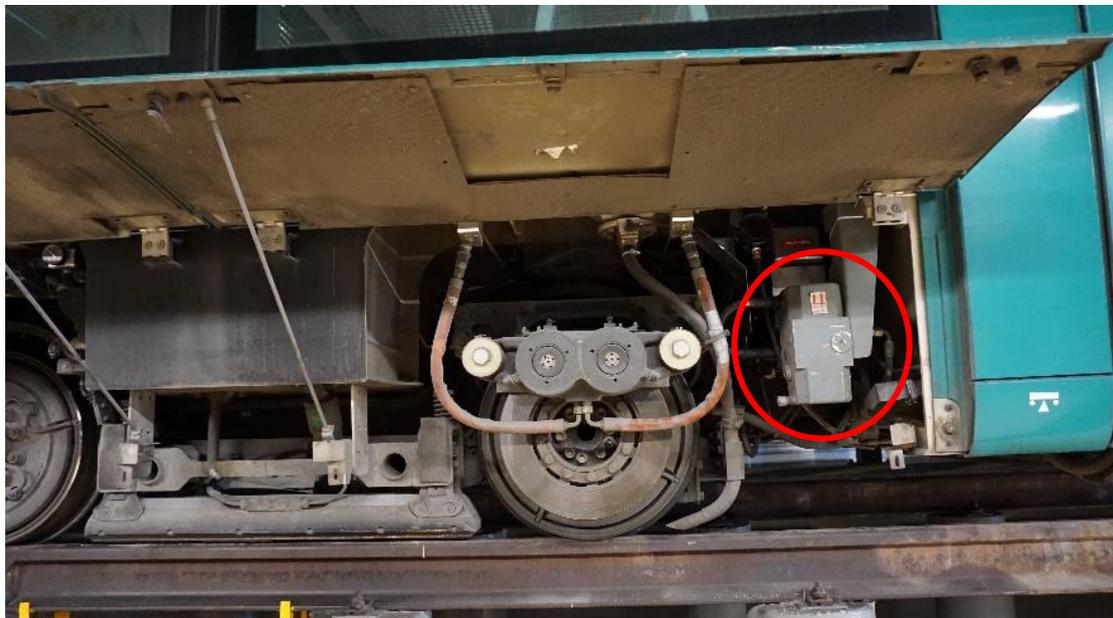


Figura 11. Ubicación del compresor actual

2.1.3 Sensores y actuadores del sistema actual

En cuanto a los dispositivos de supervisión el tranvía dispone de presostatos y sensores térmicos.

Los presostatos indican si el nivel de presión está por debajo del límite mínimo de bares o si por el contrario supera el nivel máximo al que están tarados. Estos se regulan de forma mecánica por medio de resortes a presión que permiten pasar aire si están demasiado débiles e impiden el paso si están comprimidos al máximo. Este mecanismo se muestra en la imagen de la figura 12, donde los indicadores señalan los dos resortes.

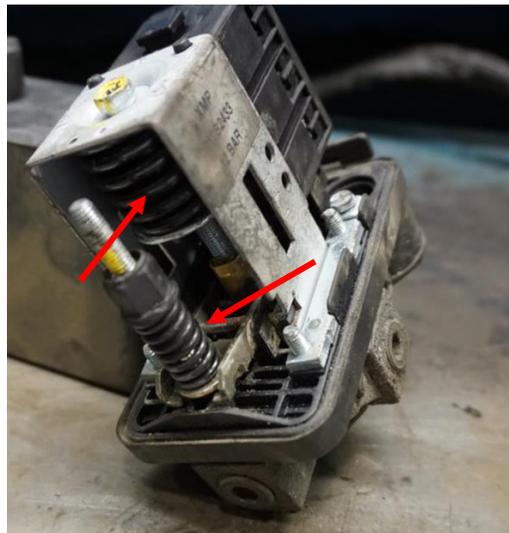


Figura 12. Presostato

En cuanto al sensor térmico, éste se encuentra situado en el compresor y corta el paso de corriente si esta genera temperaturas superiores a la de diseño del mismo evitando males mayores como un posible gripado del pistón con la camisa del compresor o un cortocircuito.

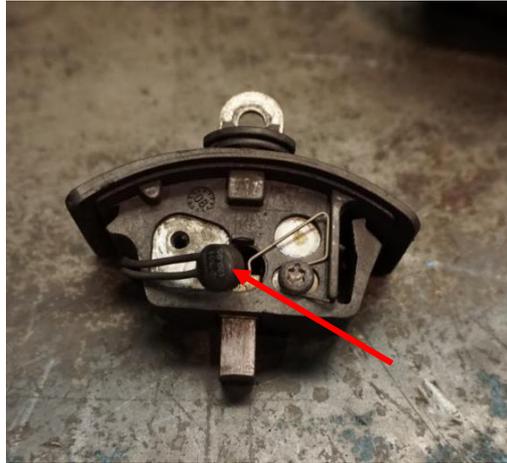


Figura 13. Sensor térmico Compresor ERVOR

El procesado de la información de las señales del sistema de compresión de aire se basa en cinco elementos:

1. Buses de comunicación
2. RIOM
3. Central MVB-WTB
4. IHM
5. Pulsadores de pupitre

-
1. Los buses por los que viajan las señales son fabricados por ALSTOM específicamente para este tipo de vehículos y sus equipos.



Figura 14. Buses de comunicación

- Las RIOM simples son dispositivos que hacen las veces de PLC recibiendo las señales, interpretándolas y enviando salidas en función del propósito al que están programadas. Es importante destacar aquí que las RIOM las fabrica e implementa ALSTOM, por tanto, no son configurables.

El tranvía dispone de RIOM con el doble de entradas y salidas a las cual se las conoce con el nombre de RIOM múltiples. Estas RIOM no intervienen en el sistema de compresión, por lo tanto, no son objeto de este proyecto.

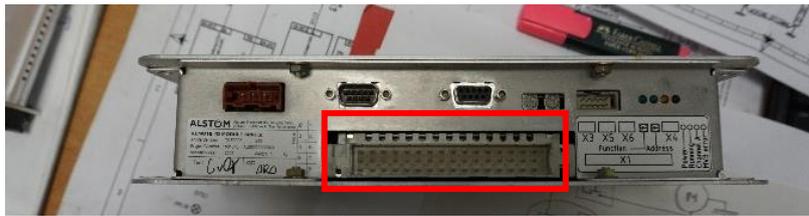


Figura 15. RIOM simple

- La central MVB-WTB es un dispositivo que está jerárquicamente por encima de las RIOM y hace un tratamiento de las señales con un tipo de comunicación Maestro – Esclavo, situándose en la posición de maestro. Este dispositivo se encarga de tareas tan importantes como la marcha del vehículo o la apertura de puertas entre otras muchas acciones de vital importancia para el funcionamiento del vehículo.



Figura 16. Central MVB-WTB

- La IHM es la interfaz hombre máquina. Se trata de un monitor táctil que se encuentra en las dos cabinas de conducción del tranvía (módulos M1 y M2)

dependiendo de si el conductor se encuentra en una cabina u otra. Este monitor sirve tanto a conductores como a mantenedores. A los primeros para controlar los parámetros de conducción y a los segundos para comprobar, conocer o verificar avisos de error y/o parámetros de mantenimiento.



Figura 17. IHM

5. Los pulsadores de pupitre se encuentran también en los módulos de conducción y permiten al conductor activar determinadas funciones del sistema de compresión como por ejemplo el arenado o la grasa en caso de que el sistema no estuviera aportando la suficiente arena o grasa en una determinada situación como puede ser por ejemplo una salida desde una parada en pendiente durante una lluvia torrencial. En este ejemplo haría falta aportar más arena para la salida del tranvía.

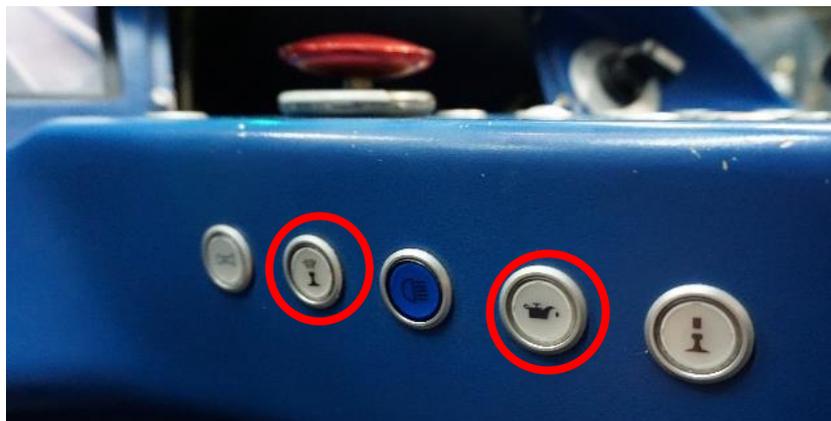


Figura 18. Pulsadores de pupitre

2.1.4 Esquemas de funcionamiento del sistema actual

Para ver el plano con los equipos presentes en el sistema actualmente, ir al **Anexo 2.1 Unifilar de equipos actuales** y para ver las comunicaciones entre los equipos del actual sistema ir al **Anexo 2.2 Esquema comunicaciones actuales**.

En este apartado se incluyen dos planos que muestran la disposición de los equipos en el actual sistema de compresión de aire, así como las comunicaciones entre ellos.

El primero plano (Unifilar de equipos actuales) muestra todos los equipos del sistema y su alimentación desde la línea a 750 V en DC hasta las tierras.

El segundo plano (Esquema Comunicaciones Actuales) muestra el cableado de las señales de comunicación entre los equipos del sistema de compresión de aire actual.

2.2 Problemática del sistema actual

El sistema de compresión del aire en los tranvías de Metropolitano de Tenerife presenta numerosos problemas, pero los podríamos resumir en tres principales.

El primer problema es que el compresor ERVOR S13/LS55-L-24 V está principalmente diseñado para una única tarea, la del arenado. En el diseño del tranvía ALSTOM CITADIS este compresor tiene una funcionalidad añadida que es la de engrasado de pestaña-vía por tanto nos encontramos ante un compresor sobrecargado.

El segundo problema que se presenta es que los materiales de construcción del compresor no son los adecuados. Esto produce desgastes prematuros, roturas de bielas de pistón, fugas de aire por racores, segmentos, desgaste de camisas y pistones e incluso roturas de los ejes de motor entre otras muchas averías. Estos compresores no cumplen los requerimientos mecánicos exigibles para un compresor de largos períodos de trabajo.

Estos dos primeros problemas se traducen en uno tercero de gran importancia, ya que supone un importante problema no sólo económico sino también de recursos

humanos ya que involucra a la plantilla de mantenimiento. Se trata del incremento del mantenimiento del mantenimiento correctivo el cual veremos en detalle en el siguiente apartado (2.2.1 Datos del mantenimiento del sistema actual). A pesar de este excesivo mantenimiento, esto no se traduce en un incremento de la fiabilidad ya que los datos así lo reflejan en un estudio realizado anualmente acerca del mantenimiento de los vehículos y en concreto el mantenimiento de los compresores.

2.2.1 Datos del mantenimiento del sistema actual

Para entender correctamente la problemática introducida previamente en el capítulo 2.2 lo mejor es hacerlo con datos que aporten luz a lo que ha venido sucediendo en los últimos dos años de mantenimiento.

La sede de Metropolitano de Tenerife está situada en El Cardonal, en el municipio de Santa Cruz de Tenerife. Es allí donde se realiza todo el mantenimiento de los vehículos, así como el control y las cocheras.

A continuación, trataremos los datos de los años 2015 y 2016 en cuanto a mantenimiento correctivo y muy brevemente el preventivo. Haremos hincapié principalmente en el mantenimiento correctivo ya que su aparición es imprevisible, altamente costoso y en definitiva es clave para entender el porqué de un proyecto como el que nos ocupa.

MKBF (Mean Kilometres Between Failure):

Mean Kilometres Between Failure significa media de kilometraje entre fallos/errores. En la tabla siguiente (figura 18) se aprecia la evolución en los años 2015 y 2016. Por un lado, tenemos la columna de kilómetros mensuales de los 26 vehículos y en la otra columna el número de averías relativas al sistema de compresión de aire. El resultado es la columna de MKBF que sale a partir de dividir los kilómetros entre el número de errores.

Mes	Kms mensuales	N.º Fallos Mes	MKBF
ene-15	126.608	14	9.043,43
feb-15	138.075	32	4.314,84
mar-15	145.893	19	7.678,58
abr-15	124.912	15	8.327,47
may-15	127.791	21	6.085,29
jun-15	147.715	11	13.428,64
jul-15	102.618	12	8.551,50
ago-15	96.303	10	9.630,30
sep-15	138.159	11	12.559,91
oct-15	147.773	09	16.419,22
nov-15	131.102	13	10.084,77
dic-15	136.043	09	15.115,89
ene-16	138.268	07	19.752,57
feb-16	138.431	10	13.843,10
mar-16	138.829	05	27.765,80
abr-16	126.608	09	14.067,56
may-16	141.993	05	28.398,60
jun-16	136.916	15	9.127,73
jul-16	111.314	11	10.119,45
ago-16	102.692	07	14.670,29
sep-16	128.102	11	11.645,64
oct-16	136.269	10	13.626,90
nov-16	144.077	20	7.203,85
dic-16	126.933	15	8.462,20

Figura 19. Tabla MKBF 2015/2016

Los datos citados, han sido recogidos por el departamento de Ingeniería de Mantenimiento de Metropolitano de Tenerife a lo largo de los último dos años 2015 y 2016. Analizando la tabla obtenemos como datos relevantes un MKBF medio en los dos últimos años de actividad de un fallo en compresores cada **12497 km**. La tabla también

muestra un kilometraje mensual medio de unos **130560 km** y una tasa de averías de **12** al mes de media.

Durante uno de los meses se llegaron a producir 32 averías lo que dio un MKBF de avería cada **4.314,84 km**, siendo éste el peor mes en 2 años y el mejor mes con 5 averías producidas cada **28.398,60 km**. Estos datos hay que verlos en perspectiva ya que cada fallo tiene un tiempo de reparación por trabajador muy elevado, ya que el proceso de extracción/ instalación de compresores es largo debido a la localización de los mismos y además hay que añadir el tiempo de reparación. Esto se aprecia de una forma más clara en la siguiente figura.

Horas dedicadas por trabajador/a de mantenimiento:

En esta tabla se presentan el número de averías en los meses de los años 2015 y 2016 y las horas dedicadas por trabajador para reparar las mismas en dicho mes.

COMPRESORES ARENERO		
(Horas de correctivo)		
Mes	N.º averías	N.º horas dedicadas
ene-15	14	46,00
feb-15	32	117,00
mar-15	19	92,50
abr-15	15	61,50
may-15	21	119,50
jun-15	11	64,50
jul-15	12	53,50
ago-15	10	48,25
sep-15	11	43,50
oct-15	9	31,50
nov-15	13	83,25
dic-15	9	40,50
ene-16	7	33,00
feb-16	10	44,75
mar-16	5	36,50

abr-16	9	50,75
may-16	5	14,50
jun-16	15	54,25
jul-16	11	32,25
ago-16	7	21,50
sep-16	11	47,25
oct-16	10	43,50
nov-16	20	109,25
dic-16	15	68,00

Figura 20. Tabla horas/trabajador mant. Correctivo2015/2016

Analizando la tabla de la figura 20 podemos decir que las horas dedicadas a la reparación de compresores no siguen una tendencia fija ya que vemos datos muy dispares, por lo que la media no sería un dato muy representativo, pero si podemos ver como en 3 meses durante los últimos dos años llegamos a tener valores de hasta **119,5 horas por trabajador**, si asumimos un turno normal de 8 horas por trabajador podemos decir que en resolver las averías relativas a compresores de aire en tranvías asciende a 7 turnos y medio cada mes. Estos son muchos turnos dado que los tranvías tienen muchos otros problemas que resolver.

Para tener una representación más visual del tiempo medio entre averías en la figura 21 podemos ver como la evolución es muy desigual, casi podríamos decir que es una secuencia de picos al alza y picos a la baja de mes en mes. Por otro lado, algo se hace evidente, el número de km en la mayoría de los casos es inferior a 15000 km que es un número muy bajo de kilómetros entre averías teniendo en cuenta el kilometraje mensual que los 26 vehículos realizan al mes.

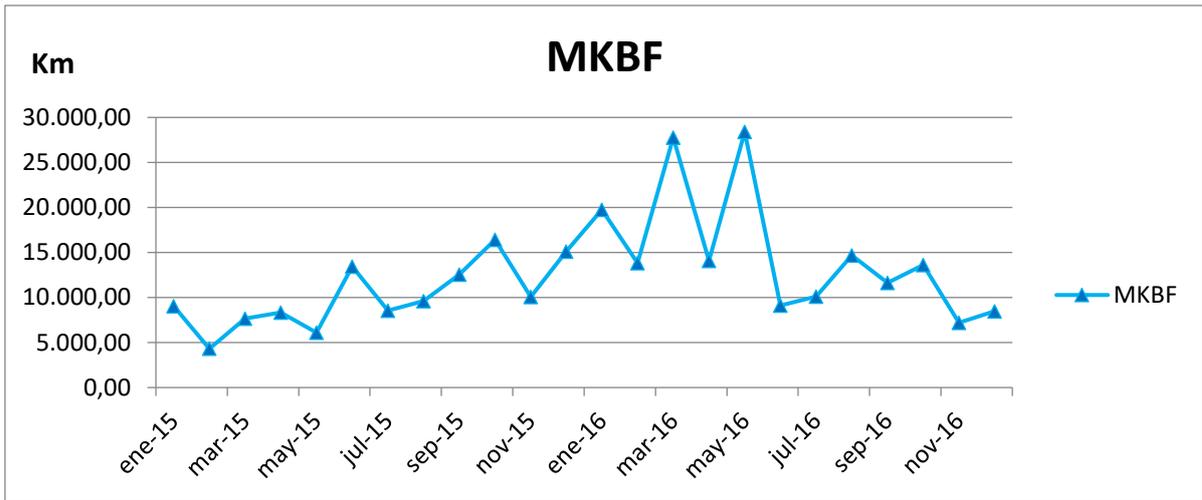


Figura 21. Gráfica MKBF

Horas dedicadas por trabajador/a de mantenimiento preventivo:

Si bien es cierto que el mantenimiento **preventivo** no es uno de los motivos por los que se plantea la idea de un cambio en el sistema, es importante citarlo y ver el enorme contraste que muestra con los datos de mantenimiento correctivo analizados anteriormente.

Tiempo dedicado compresores en preventivo	
Gama	Horas
G15 (15.000Kms)	1,5
G60 (60.000Kms)	4
G120 (120.000Kms)	9
G240 (240.000Kms)	12

Figura 22. Tabla horas/trabador mant. Preventivo 2015/2016

Con todo lo expuesto en el punto 2.2 se hace evidente la necesidad de este proyecto de mejora. Describiremos en el capítulo siguiente la instalación propuesta en el presente proyecto para que el tranvía opere supliendo las actuales necesidades de arenado y engrase de pestaña de una forma más eficiente y evidentemente de manera más fiable.

Es importante mencionar también que el sistema que proponemos en este proyecto operará conjuntamente con el sistema antiguo para dotar a todo el sistema de una mayor robustez. Esto quiero decir que tanto el sistema actual como el que se propone en el presente proyecto estarán al servicio del vehículo. De tal modo que el nuevo tendrá el papel de sistema principal (el que se utilizará por defecto) y en caso de resultar una avería, se hará una conmutación con el sistema antiguo para que el vehículo continúe su funcionamiento sin interrupciones. Una vez el vehículo llegue a las cocheras, se resolverá la avería y podremos seguir contando con este sistema auxiliar que aporta una garantía añadida en este tipo de situaciones.

Capítulo 3: NUEVO SISTEMA PROPUESTO

El propósito del capítulo en el que nos encontramos es dar todos los detalles acerca del nuevo equipamiento que incorporaremos al vehículo tranviario, así como los elementos diseñados para su instalación y la normativa que dichos equipos han de cumplir en términos de sonoridad, instalaciones con equipos bajo presión y recipientes con presión simple.

3.1 Descripción detallada del nuevo equipamiento

A continuación, presentaremos los nuevos equipos y sus características técnicas:

3.1.1 Acumuladores

Para este proyecto utilizaremos 2 nuevos acumuladores (Modelo CR-25) de 25 litros de capacidad. Estos 2 nuevos acumuladores operarán en una ventana de presiones comprendida entre 12 y 15 bares.

Ambos compresores irán situados sobre el techo del tranvía donde serán instalados sobre un bastidor diseñado expresamente para ello situado bajo la mesa del pantógrafo en el módulo NM, del cual hablaremos en el apartado 3.2.

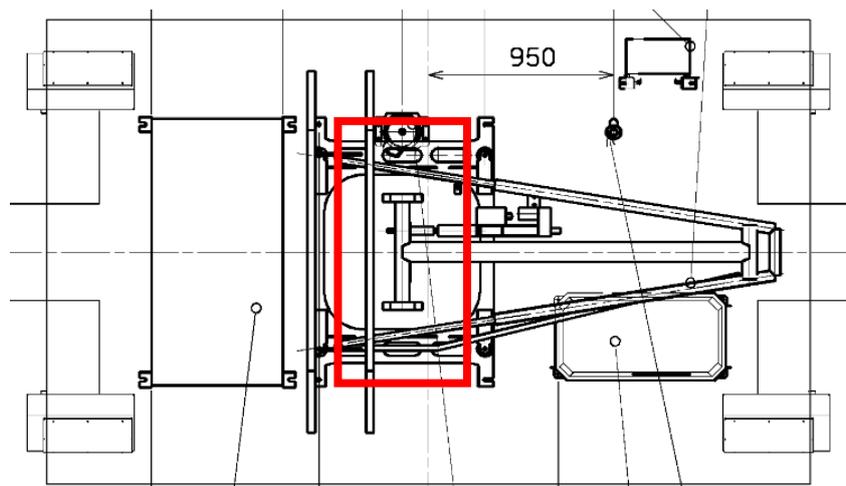


Figura 23. Ubicación bastidor para acumuladores CR-25

Conservaremos los 3 acumuladores ya existentes en los bogies de los vehículos los cuales son de 10 litros de capacidad cada uno que operan a unas presiones de trabajo de entre 6 y 9 bares como ya se explicó en el capítulo anterior.

Esto nos da un volumen total de aire comprimido en circunstancias de capacidad máxima de $2 \times 25 \text{ l} + 3 \times 10 \text{ l} = 80 \text{ litros}$, lo que supone un aumento del **266,6%**.

Para ver el plano con las dimensiones del acumulador CR-25 ir al **anexo 2.3 Plano acumulador 25L CR-25**.

3.1.2 Compresor

Contaremos con un compresor de un único pistón de hierro fundido PUSKA N-450-BM III, como el que se muestra a continuación en la figura.

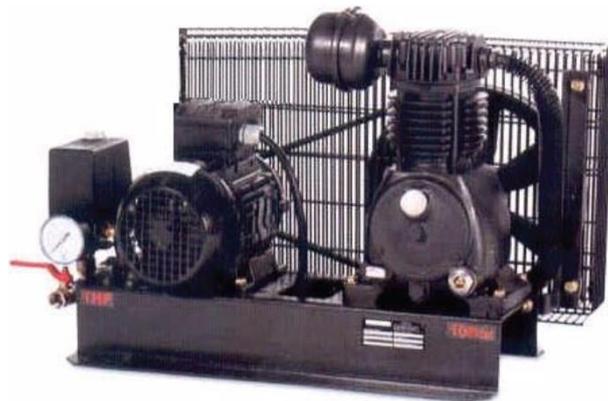


Figura 24. Compresor PUSKA N-450-BM (III)

Las características principales de este compresor se recogen en la siguiente tabla:

Cabezal	Hierro fundido
Potencia	2,2 KW
Caudal	450 Litros/min
Alimentación	400/3/50
Peso	55 Kg
Presión de Trabajo	10 Bar
RPM	1165

Figura 25. Características compresor N-450-BM II

Este compresor será colocado en un bastidor específico junto a un cuadro en el que se encontrarán las 3 electroválvulas que repartirán el caudal de aire comprimido a los 3 acumuladores que hay colocados en el vehículo tranviario uno en el bogie de M1, otro en el de NM y el tercero en M2.

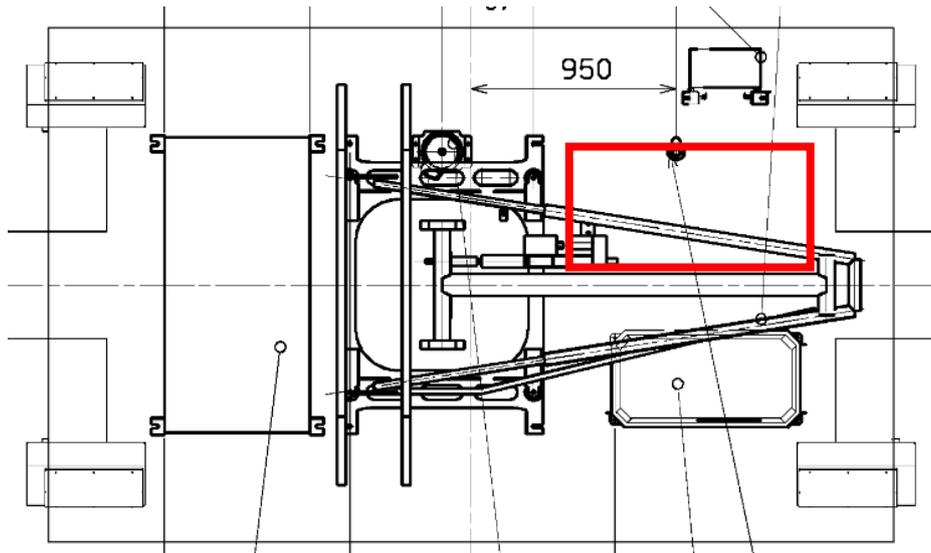


Figura 26. Ubicación del bastidor para el compresor N-450-BM (III)

Además de este compresor de alto rendimiento dispondremos de los 3 compresores actuales S13/LS55-L-24V y conmutaremos al sistema anterior con una válvula antirretorno en el caso de que el sistema principal (el sistema del compresor Puska) entrara en fallo por alguna avería. Las características de estos compresores están recogidas en el capítulo 2 de este proyecto.

Para ver el plano con las dimensiones del compresor ir al **anexo 2.4 Plano Dimensionamiento PUSKA N-450-NM III.**

3.1.3 Controlador lógico programable (PLC)

El PLC que vamos a implementar para el control del automatizado del proceso de compresión del aire será un relé inteligente modular Zelio Logic fabricado por la compañía Schneider Electric. En concreto el modelo SR3B261BD, de la gama de productos Zelio Logic que además cuenta con un software libre para programarlos, el Zelio Soft 2.

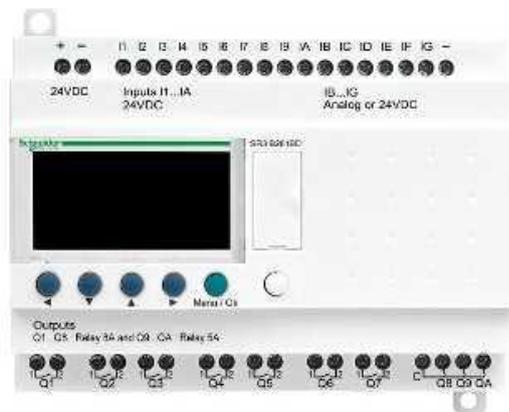


Figura 27. PLC SR3B261BD (Schneider Electric)

A continuación, detallaremos las diferentes características técnicas del PLC escogido para este proyecto:

Característica	Info.
Visualización	Display
Número de líneas de esquema de control	0...500 en FBD
Tiempo de ciclo	6...90 ms
Tiempo de backup	10 años en 25°C
Tensión alimentación	24 V DC
Corriente de alimentación	190 mA (sin extensión)
Potencia disipada	10 W (sin extensión)
Tipo de entrada digital	resistivo
N.º de entradas digitales	10

N.º de entradas analógicas	6
Resolución de entrada analógica	8 bits
N.º de salidas	10 tipo relé
Conector	Sí
Peso	400 g
Ampliable	Sí

Figura 28. Características PLC SR3B261BD (Schneider Electric)

La ubicación del PLC, el disyuntor magnetotérmico y diferencial, será bajo capota (figura 29) para facilitar a los operarios de mantenimiento la puesta en marcha, parada o restablecimiento del funcionamiento tras una avería. Todo ello será en el módulo NM del tranvía. Los dispositivos estarán sujetos en un carril DIN que irá unido a un pequeño bastidor diseñado específicamente para este propósito. Para abrir la capota, se hará uso de una llave específica para dicho propósito.



Figura 29. Ubicación PLC y protecciones eléctricas bajo capota

3.1.4 Red de aire comprimido

Para el dimensionado de la red de aire comprimido adicional que va a ser instalada, es decir la que hemos diseñado para el presente proyecto, fue necesario medir la longitud desde la localización de las electroválvulas que serán implementadas en el bastidor del compresor en el techo, hasta los bogies situados en M1, NM y M2 obteniendo una longitud aproximada de **50 metros**. Posteriormente fueron elegidos los accesorios (codos, niples, ‘T’, ‘Y’, ...), así como accesorios especiales (filtros, leds, pulsadores, ...).

Tubería

Se emplearán 50 metros de tubo de poliamida PA12 (Rilsan). Se trata de un tubo semirrígido de aplicación en circuitos neumáticos con unas características óptimas de resistencia a la presión y una buena resistencia a los agentes químicos. Las especificaciones están recogidas en la hoja de características situada en **anexos 1, 1.4 tubería**.



Figura 30. Tubería de la red de aire comprimido

Electroválvulas adicionales

En la nueva instalación utilizaremos unas electroválvulas, 3 puertos, 24 V DC, 1/4. Las especificaciones están recogidas en la hoja de características situada en **anexos 1, 1.5 Electroválvulas**.



Figura 31. Electroválvulas adicionales

Accesorios

En la siguiente tabla se recogen los diferentes accesorios y la cantidad necesaria de los mismos.

Descripción	Cantidad
Codos	14
Arandelas	1
Niples	17
Filtro colador	1
Racor recto	3
'T'	6
'Y'	3
Abrazadera	4
Presostato	1
'X'	1
Teflón	3
Casquillo	17
LED	2
Pulsador 2 Pos.	1

3.1.5 Esquemas del nuevo sistema

En este apartado se especifican las alimentaciones y las comunicaciones de los distintos equipos presentados anteriormente y los otros expuestos en el capítulo anterior que convivirán con los nuevos equipos. Estos constituirán el sistema que queda esquematizado en los siguientes planos que son introducidos a continuación.

Esquema de comunicaciones del sistema:

El primero de los esquemas presentado en este apartado corresponde a las comunicaciones de los equipos de e muestra la disposición de los buses de comunicación de las señales entre sensores, actuadores, el PLC y las RIOM 99A3 y 99A4 las cuales son responsables del sistema de compresión del aire para arenado y engrase.

Para ver el plano de comunicaciones del sistema propuesto ir al **anexo 2.5** Esquema comunicaciones proyecto final.

Esquema eléctrico:

La alimentación eléctrica de los tranvías es la responsable del funcionamiento de la tracción del vehículo, así como también lo es de los subsistemas de los cuales se compone el mismo como por ejemplo el aire acondicionado, el cierre y apertura de puertas, la iluminación. La energía procede de las catenarias situadas sobre las vías en todo el trazado de las líneas por las que se mueven los tranvías. Dichas catenarias están a 750 V en DC y un equipo de transformación múltiple situado en el techo de cada vehículo la transforma a 380 V AC (Alimentando a nuestro compresor PUSKA), 220V AC y 24 V DC (Alimentando al PLC y a los dispositivos de supervisión).

Para ver el plano unifilar del sistema propuesto ir al **anexo 2.6** Unifilar equipos proyecto final.

3.2 Bastidores para equipos

Es igual de importante elegir los equipos que conforman un sistema, así como tenerlos bien asegurados y sujetos. Esto cobra especial importancia si el sistema del que hablamos se encuentra en un vehículo en movimiento y en el que, en su interior, van personas como es nuestro caso.

Debido al limitado espacio en el techo de los tranvías, nos hemos visto obligados a crear un bastidor para los dos acumuladores y otro independiente para el compresor y las nuevas electroválvulas implementadas.

Es por ello que fue necesario proceder al diseño de unos bastidores que sujetaran los equipos de forma segura, así como de diseñar un cofre que albergara en su interior al compresor, aislándolo del polvo, la lluvia y también para evitar contaminación acústica.

Los bastidores de techo serán de acero inoxidable y el interior para PLC de aluminio.

3.2.1 Bastidor acumuladores

Para ver los planos del diseño del bastidor para los dos acumuladores ir a los **anexos 2.7 Plano Ensamblaje Bastidor Acumuladores 1 y 2.8 Plano Ensamblaje Bastidor Acumuladores 2**.

3.2.2 Bastidor compresor y electroválvulas

En este bastidor hemos incluido una caja de (A)270x(B)270x(C)171(mm) compacta que proteja de los elementos y de la suciedad las electroválvulas. La elección ha sido un armario de poliéster modelo **IDE ROC33PO** con certificación IP66. Es

resistente a la corrosión, no es higroscópica (absorción nula al agua), resistente a la radiación UV. El armario tiene un peso de 430 gramos.

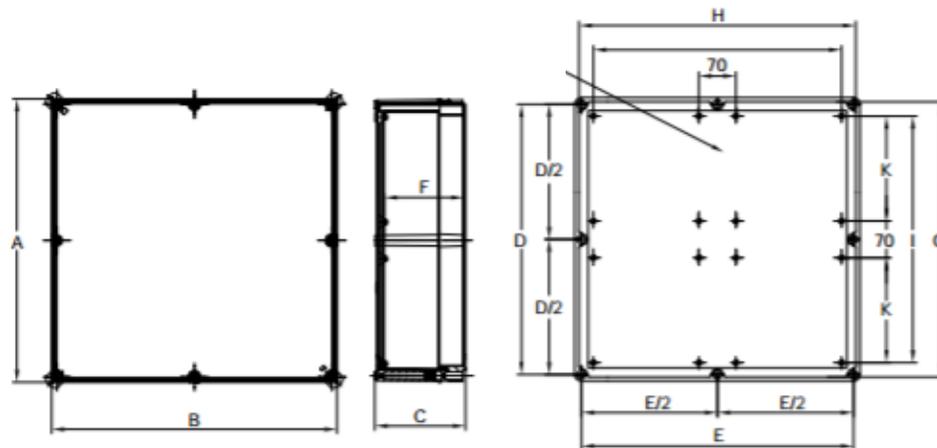


Figura 32. Armario Electroválvulas

Para ver los planos del diseño del bastidor para el compresor y electroválvulas ir a los **anexos 2.9 Plano Ensamblaje Bastidor Compresor 1** y **2.10 Plano Ensamblaje Bastidor Compresor 2**.

3.2.3 Soporte PLC y Dispositivos de protección

El PLC y el disyuntor magnetotérmico irán anclados por medio de un carril DIN comercial sujeto a un pequeño bastidor diseñado expresamente para este proyecto, hecho en aluminio. El carril DIN es un estándar y los dispositivos poseen unas ranuras desde su diseño que se adaptan perfectamente a este tipo de guías.

El bastidor irá situado bajo capota como bien se dijo en la descripción del PLC. En la capota hay unas guías que nos servirán de guía de anclaje. Utilizaremos unas piezas de termoplástico que harán de galletas para los tornillos.

Para ver los planos del diseño del soporte para el PLC ir a los **anexos 2.11, 2.12, 2.13 y 2.14, Plano Ensamblaje Soporte PLC 1, Plano Ensamblaje Soporte PLC 2, Plano Ensamblaje Soporte PLC 3 y Plano Ensamblaje Soporte PLC 4**.

3.2.4 Cofre compresor

Para evitar que el compresor quede expuesto al medio (lluvias y humedad), el polvo y la suciedad, se ha diseñado un cofre de fibra de vidrio y aluminio en los cierres. Dicho cofre irá situado sobre el bastidor del compresor y unido a él utilizando las sujeciones de la bancada del compresor. Además irá revestido de espuma de poliuretano que disipará en gran medida el ruido producido cuando el dispositivo entre en funcionamiento.

El cofre deberá llevar pegadas en cada una de sus paredes laterales un adhesivo de “riesgo eléctrico” (figura 33) y otro en la parte superior de “prohibido pisar, suelo frágil” (figura 34).

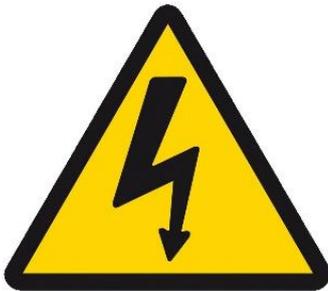


Figura 33. Adhesivo Riesgo Eléctrico



Figura 34. Adhesivo Suelo Frágil

Para ver los planos del diseño del cofre ir a los **anexos 2.15, 2.16 y 2.17, Plano Cofre 1, Plano Cofre 2 y Plano Cofre 3**.

3.3 Presupuesto

La elaboración del presupuesto ha sido realizada estimando los precios unitarios conforme a los importes de mercado actuales.

El precio de fabricación de los bastidores de acumuladores, compresor y PLC, así como el cofre para compresor son estimados a partir de elaboraciones a medida hechas previamente por empresas especializadas.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTE UNITARIO	IMPORTE
Compresor N-450-BM III	1	1780	1780
Acumuladores 2 x 25 L	1	200	200
Valvula de seguridad 12 Bar.	1	19	19
Tubo Rilsan 9/12	50 metros	300	300
PLC Zelio	1	300	300
interruptor 2 posiciones	1	30	30
Cabeza LED verde	1	10	10
Cabeza LED rojo	1	10	10
Elemento de contacto NA	1	17	17
Racor CODO	1	3	3
Arandela metal BUNA 1/2	1	1,7	1,7
CODO M/H 1/4 INOX	1	1,9	1,9
NIPLE 1/2 X 1/4	1	1,5	1,5
Filtro colador en línea 1/2	1	3	3
Racor RECTO M/H 1/2 GAS	1	1	1
Electrovalvula 1/4 0-14	4	53	212
Solenoide grande E2A 24V DC	4	25	100
Racor RECTO BICONO 8 1/4	1	2	2
Armario fibra	1	80	80
Placa fibra	1	20	20
Disyuntor Magnet. 5A	1	29	29
Interruptor Secc. 25A	1	37	37
Borna 2.5/4 click gris	30	2,5	75
Borna 2.5/4 tierras	1	3	3
Filtro regulador sin manómetro	1	40	40
Manómetro Ø40 12 bar	1	11	11
Conjunto fijación AR20	1	4	4
Racor RECTO macho 12 1/4	2	2	4
Racor CODO macho 12 1/4	4	2,5	10
CRUZ niquelada hembra 1/4	1	6,5	6,5
CODO H/H 1/4	2	1,5	3
NIPLE niquelado 0121.17.17	3	1	3

NIPLE niquelado 0121.13.13	6	1	6
NIPLE niquelado 0121.17.13	3	1	3
TE hembra niquelada 1/4	3	2,5	7,5
Abrazadera tubo Ø20L	3	0,2	0,6
Abrazadera tubo Ø25L	1	0,3	0,3
CODO intermedio universal	3	1	3
TE hembra niquelada 3/8	3	2	6
Válvula antirretorno 1/4	3	5	15
NIPLE niquelado	3	1,2	3,6
Casquillo refuerzo int Ø12/9	13	0,4	5,2
CODO niquelado M/H 3/8	3	1,4	4,2
Y M/H 3/8	3	2,8	8,4
Presostato de potencia	1	28	28
Teflón corrugado	3	25	75
Casquillo PTFE coar.	4	0,7	2,8
Hembra BSP TL	2	4	8
Hembra BSP 90 TL	2	4,5	9
NIPLE M/M 1/2 - 3/8	2	1,5	3
TE Hembra lateral 3/8	1	6	6
Bastidor Acumuladores	1	200	200
Bastidor Compresor	1	150	150
Bastidor PLC	1	45	45
Cofre Compresor	1	350	350
TOTAL:			€4.057 ,20

3.4 Instalación y mano de obra

A continuación, se detallan las actividades de instalación que son necesarias para cumplir con el objetivo del proyecto, así como la duración y los trabajadores necesarios para llevar a cabo las mismas.

Actividad	Tiempo (horas)	Nº de trabajadores	Horas/hombre	Tipo de trabajador
1. Montaje bastidor acumuladores	1,5	2	3	Operarios mantenimiento
2. Montaje bastidor compresor y electroválvulas	1,5	2	3	Operarios mantenimiento
3. Montaje de acumuladores	2	2	4	Operarios mantenimiento
4. Montaje compresor y armario con electroválvulas	4	2	8	Operarios mantenimiento
5. Montaje bastidor PLC y colocación del mismo	1	1	1	Operarios mantenimiento
6. Instalación neumática (Conexionado con acumuladores actuales, tuberías nuevas, niples, racores, ...)	4	2	8	Técnico especializado + operarios mantenimiento
7. Cableado de las señales	8	1	8	Técnico especializado
8. Programación PLC	1	1	1	Técnico especializado
Tiempo Total:	23 h		36h/ hombre	

El tiempo total estimado para el montaje es de **36 horas/hombre**. En caso de subcontratar este servicio se estimará un precio de **25 € hora/hombre**, lo que supondría un total aproximado de **900 €**.

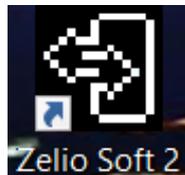
Capítulo 4: PROGRAMACIÓN Y AUTOMATIZADO

En este capítulo se detallan las características del entorno de programación utilizado para el control de los actuadores y sensores de nuestro sistema de compresión de aire. Seguidamente se presentará el código empleado para este proyecto, comentando sus características.

Nota: El apartado 4.1 posee un gran número de figuras acerca del mismo tema, por lo que prescindiremos de enumerar las figuras.

4.1 Descripción del software de programación

Para la programación del autómatas Schneider utilizado en el presente proyecto, el fabricante francés pone a disposición de sus clientes un software gratuito que puede ser descargado desde su página web (<http://www.schneider-electric.com.ar/es/product-range/542-zelio-soft/>). Este entorno de programación se llama Zelio Soft 2 y será presentado a continuación.



El programa permite programación real con FBD (diagrama de bloques de función) o lenguaje de contactos (LADDER) y dispone de detección de errores de programación gracias a su función de test de coherencia.

Dispone también de robustos modos de simulación y supervisión: test del programa en tiempo real, con o sin relé programable conectado al PC, ventanas de supervisión que permiten ver los estados de las entradas y salidas del relé programable en su entorno de aplicación.

Los programas se cargan y descargan a través de la aplicación utilizando un conector serial 9 pines que tiene un conector específico para los autómatas de la gama Zelio.

Asimismo, dispone de un compilador automático y ayuda en línea.

Es sumamente sencillo y fácil de utilizar, la aplicación facilita la configuración de los relés programables Zelio Logic, una programación rápida y segura gracias a los tests de programas. Además, es Multilingüe y abierto, es compatible con Windows 95-98-2000, NT 4.0 SP5.

Si bien es cierto que tenemos la posibilidad de programar en Ladder y en BDF, vamos a detallar el entorno de trabajo para el segundo caso dado que es como lo hemos hecho en este proyecto.

4.1.1 Creación del programa

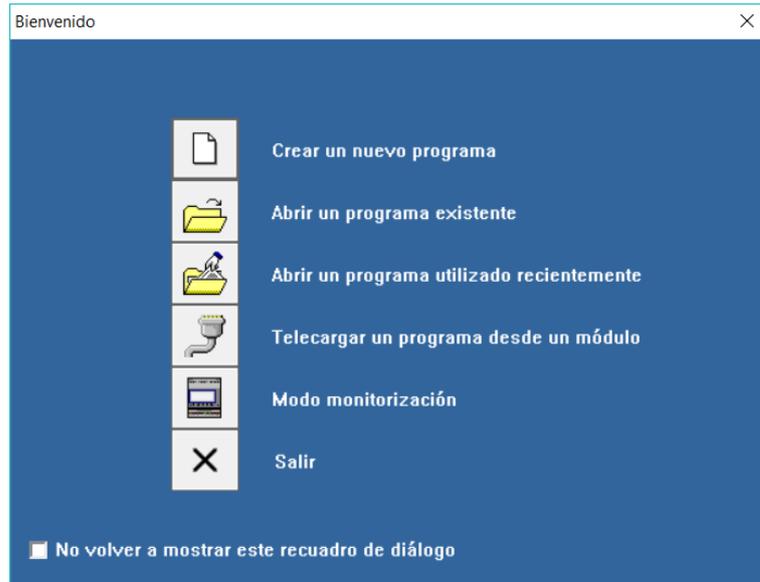
Para programar mediante el software, es necesario que se haya establecido una conexión con el PC.

Dicha conexión se debe realizar en el puerto serie del PC por medio de un cable SR2CBL01.



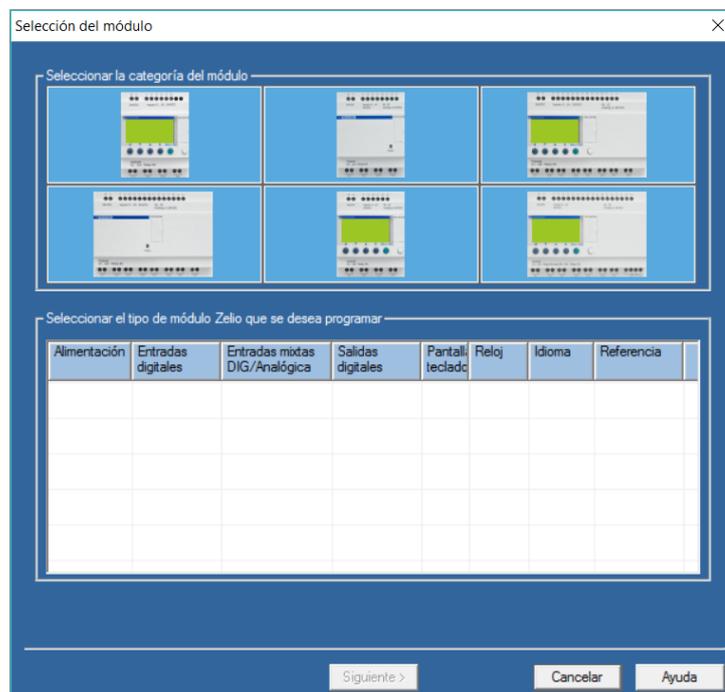
Cable SR2CBL01

Durante el arranque del software Zelio Soft, se abrirá la siguiente ventana de presentación:

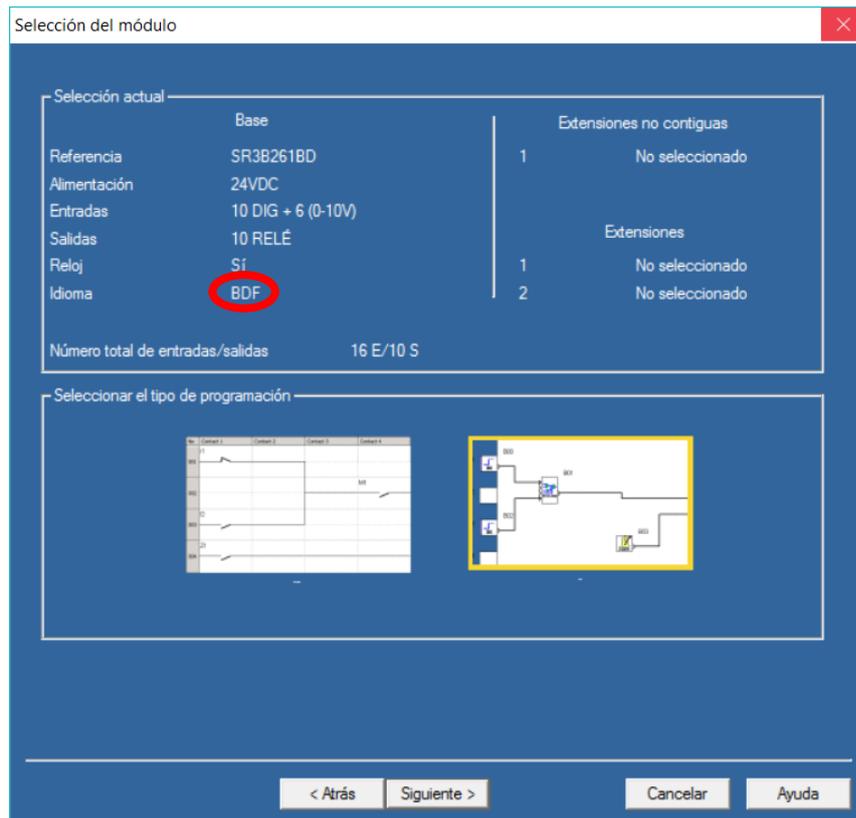


Haga clic en Crear un nuevo programa para arrancar o seleccione Nuevo en el menú Archivo si ya ha arrancado el software.

La ventana de selección del módulo lógico aparecerá del siguiente modo:



En nuestro caso seleccionaremos el módulo SR3B261BD y seguidamente aparecerá la pantalla de selección del tipo de programación. Seleccionaremos **BDF** en este proyecto.



4.1.2 Lenguaje BDF (Diagrama de Bloques de Función)

Zelio Logic se puede programar en BDF (Diagrama de bloques de funciones), que es un lenguaje gráfico que ofrece numerosas posibilidades. Zelio Soft también permite añadir funciones SFC-Grafcet en la aplicación.

4.1.2.1 Acceso a la ayuda

Zelio Soft 2 dispone de una ayuda a la que se puede acceder desde la barra de menús mediante un clic en el menú **?** y en **Ayuda** o directamente sobre el icono  de la barra de herramientas. Para acceder directamente a la ayuda sobre una función que esté utilizando, haga clic en **?** en la ventana de parámetros de la función (a la que se puede acceder mediante un doble clic en el bloque correspondiente).

4.1.2.2 La barra de herramientas

La barra de herramientas contiene accesos directos a los elementos del menú. Se puede elegir también el **modo**: Edición, Simulación o Monitorización. La pausa del cursor en el icono del botón permite mostrar la acción asociada al botón.



4.1.2.3 Los modos

Una vez elegido el módulo y el lenguaje BDF, podrá construir la aplicación.

Se mostrará la referencia del Zelio Logic seleccionado en la esquina inferior derecha:



El software ofrece tres modos: el **modo Edición** (1), el **modo Simulación** (2) y el **modo Monitorización** (3) (Supervisión). Pueden seleccionarse en el menú **Modo** o desde la barra de herramientas situada en la esquina superior derecha. El modo seleccionado aparecerá a la izquierda de los tres iconos (4):



El **modo Edición** le permite editar el programa y la ventana de supervisión. Se trata del modo predeterminado. El **modo Simulación** permite simular el programa antes de transferirlo al módulo. El **modo Monitorización** permite visualizar el estado de las entradas y de las salidas del módulo en tiempo real.

Hay una **ventana de supervisión** disponible para el modo simulación y el modo supervisión. Esta le ofrece la posibilidad de visualizar el estado de las entradas y salidas que se hayan seleccionado y colocado previamente. De este modo, podrá disponer de lo primordial de la aplicación para garantizar la eficacia del seguimiento. Puede ilustrar la aplicación mediante funciones de dibujo.

4.1.2.4 Modo Edición: programación de la aplicación

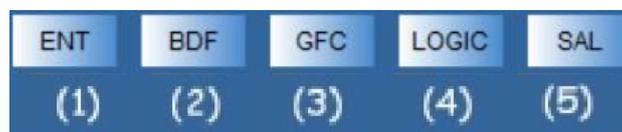
Introducción de un programa en la hoja de cableado:

Cuando ha seleccionado el tipo de módulo y el BDF, aparecerá una hoja de cableado como la que se muestra a continuación:



El modo Edición es la opción predeterminada: La hoja muestra las entradas del módulo (1), las salidas de los módulos (3) y una zona reservada a la programación por bloques (2).

Para crear un bloque en la hoja, seleccionamos el tipo de bloque haciendo click en el icono correspondiente de la parte inferior de la hoja:



(1) Entradas (2) Funciones BDF (3) Funciones Grafcet/SFC (4) Funciones lógicas

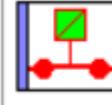
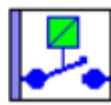
(5) Salidas

4.1.3 Elementos del lenguaje BDF

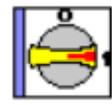
El lenguaje BDF posee numerosos elementos con diferentes funciones para poder realizar un programa de la forma más sencilla y enriquecida posible. Es por ello que nos centraremos en presentar y describir brevemente solamente los elementos de programación utilizados para este proyecto.

Entradas digitales Todo/Nada:

Relé normalmente abierto

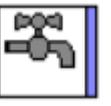


Conmutador

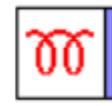
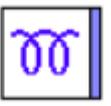


Salidas digitales Todo/Nada:

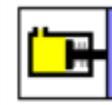
Válvula



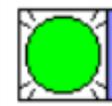
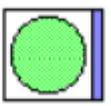
Resistencia



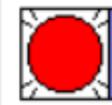
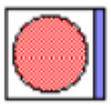
Cilindro



Indicador luminoso verde



Indicador luminoso rojo

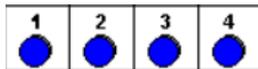


Funciones lógicas:

Función	Símbolo	Descripción
NO		Si la entrada está inactiva o desconectada, la salida está activa. Si la entrada está activa, la salida está inactiva.
Y		Si todas las entradas están activas o desconectadas, la salida está activa. Si al menos una entrada está inactiva, la salida está inactiva.
O		Si al menos una entrada está activa, la salida está activa. Si todas las entradas están inactivas o desconectadas, la salida está inactiva.

Teclas:

Este tipo de elemento coincide con las teclas 1 – 4 del panel físico del PLC



Báscula RS:

El funcionamiento de la función **Báscula RS** es el siguiente:



- La activación de la entrada **SET** activa la salida y permanecerá así, aunque la entrada SET se desactive a continuación.
- La activación de la entrada **RESET** desactiva la salida.
- Si las dos entradas están activas, el estado de la salida dependerá de la configuración de la función:
 - La salida está activa si está configurada la opción **SET Prioritario**.
 - La salida está inactiva si está configurada la opción **RESET Prioritario**.
- Las entradas desconectadas se encuentran en estado **Inactivo**.

Contador PRESET COUNT (Contador/Descontador con preselección):

La función Contador/descontador con preselección permite contar de 0 al valor preseleccionado o, en el caso del descontador, del valor preseleccionado a 0.



Están disponibles varias funciones:

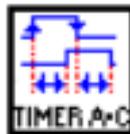
- Conteo y forzado del contador a 0 durante la inicialización.
- Conteo y forzado del contador a 0 durante la inicialización y mientras se alcanza el valor de conteo.
- Conteo regresivo y forzado del contador con el valor de preselección durante la inicialización.
- Conteo regresivo y forzado del contador con el valor preseleccionado durante la inicialización y hasta que se alcanza el valor 0.

Temporizador A/C:

La función Temporizador permite retardar, prolongar y activar acciones durante un tiempo determinado.

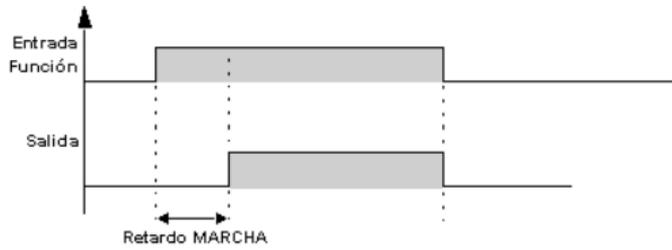
El Temporizador dispone de tres funciones:

- **Función A**: retardo en la conexión o temporización de trabajo.
- **Función C**: retardo en la desconexión o temporización de reposo.
- **Función A/C**: combinación de las dos funciones A y C.



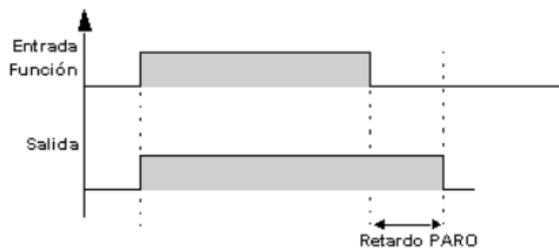
Función A

La figura que aparece a continuación ilustra el funcionamiento del temporizador en la función A:



Función C

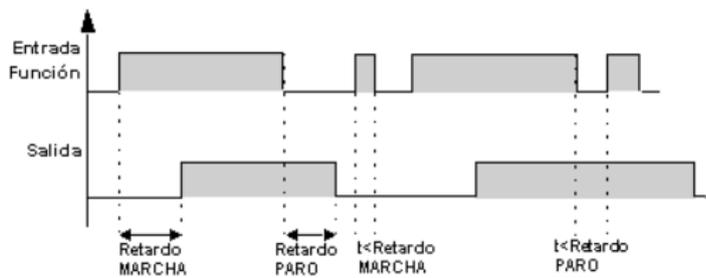
La figura que aparece a continuación ilustra el funcionamiento del temporizador en la función C:



NOTA: Cada impulso en la entrada **Comando** del bloque Temporizador restablece su valor actual en 0.

Función A/C

La figura que aparece a continuación ilustra el funcionamiento del temporizador en la función A/C:



Doble Temporizador:

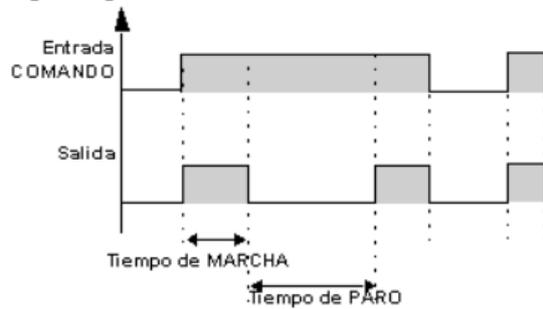
La función de doble temporización, Doble temporización genera impulsos (destellos) en el flanco ascendente de la entrada.



Es posible ajustar la duración del impulso y la duración entre cada impulso.

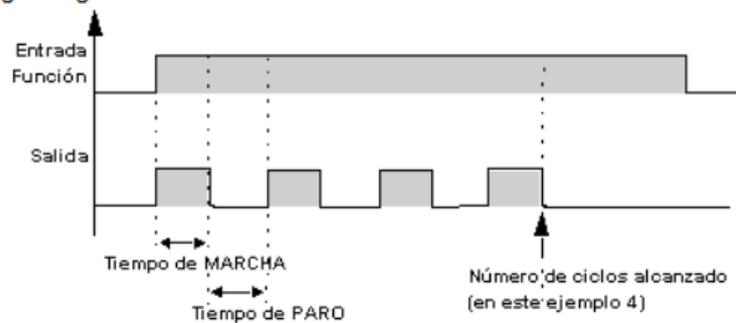
Destello continuo

La figura siguiente muestra el funcionamiento de la función en destello continuo:



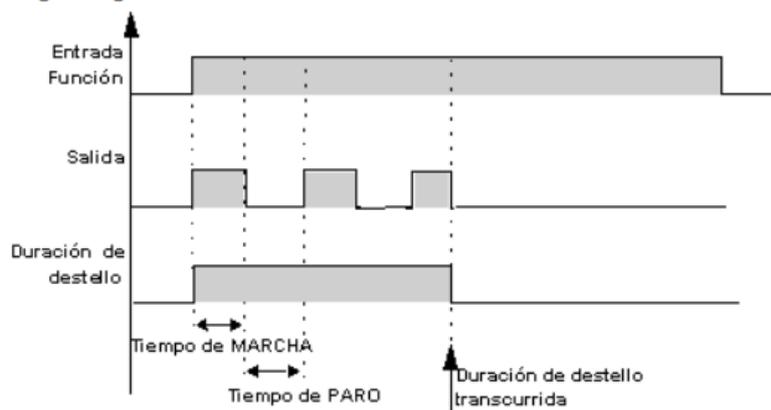
Número de ciclos

La figura siguiente muestra el funcionamiento de la función con un número de ciclos definido:



Duración de destello

La figura siguiente muestra el funcionamiento de la función con una duración de destello definida:



Visualización LCD:

La función Visualización en el LCD permite visualizar texto, una fecha, una hora o un valor numérico en la pantalla LCD, en lugar de en la pantalla de entradas/salidas:

- Del módulo lógico

- De la ventana del panel frontal de la herramienta durante las sesiones de simulación y de monitorización



La función Visualización en el LCD permite mostrar la información siguiente:

- Texto (72 caracteres como máximo)
- Valores numéricos que corresponden a la salida de un bloque de función utilizado en la aplicación

Se pueden utilizar hasta 32 bloques Visualización en el LCD de manera simultánea en un programa. Si se sobrepasa este número, sólo se visualizarán los 32 primeros bloques activados.

Al pulsar en orden y al mismo tiempo en las teclas Mayús y Menú/Aceptar, la visualización de la pantalla PANTALLA se sustituye por la visualización de la pantalla de entradas/salidas. Si se pulsan de nuevo las dos teclas al mismo tiempo, es posible volver a la visualización de la pantalla PANTALLA.

4.2 Descripción del código

Una vez presentados los aspectos generales del software, vamos a describir en primer lugar las **entradas** y **salidas**, seguidamente los elementos internos del código (temporizadores, contadores, ...) y finalmente las diferentes **operaciones** de automatización del sistema de compresión de aire propuesto en este proyecto.

Nota: El código realizado está en fase de proyecto y es muy probable que haya que realizar ajustes del mismo en la fase de puesta en marcha del sistema.

4.2.1 Entradas y Salidas:

Las entradas relé **PRE1**, **PR2**, **PRE3** y **PRECOM** corresponden a los presostatos de los acumuladores de M1, M2, M3 y del techo respectivamente.

Dichos relés se activarán ‘1’ cuando haya demanda de aire y estarán normalmente abiertos mientras no haya demanda.

Hay una quinta entrada de tipo conmutador que activa o desactiva la corriente de todo el sistema proyectado haciendo las veces de interruptor del sistema.

Entradas físicas

Entrada	N.º	Símbolo	Función	Candado	Parámetros	Comentario
I1	B00		Relé	---	No hay parámetros	PRE1
I2	B01		Relé	---	No hay parámetros	PRE2
I3	B02		Relé	---	No hay parámetros	PRE3
I4	B03		Relé	---	No hay parámetros	PRECOM
I5	B04		Conmutador	---	No hay parámetros	MARCHA

Figura 35. Entradas físicas

En cuanto a salidas tenemos **EV1**, **EV2** y **EV3** para las electroválvulas de aire en los módulos M1, NM y M2 del tranvía.

COMPRESOR corresponde al compresor instalado en nuestro proyecto, y estará normalmente a ‘0’ y cuando se active ‘1’ arrancará el motor del mismo.

PURGA será una válvula que accionaremos cada cierto tiempo para activa la válvula de purga de los nuevos acumuladores (esto es importante ya que el agua condensada dentro de los acumuladores puede resultar cortante en los circuitos a altas presiones, ocasionando fugas y/o roturas en el sistema).

FALLO y **SERV** son leds que se activarán cuando se detecte un fallo y cuando el sistema esté en servicio respectivamente.

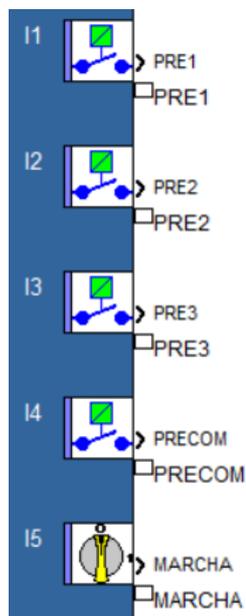
Salidas físicas

Salida	N.º	Símbolo	Función	Comentario
Q1	B05		Resistencia	EV1
Q2	B06		Resistencia	EV2
Q3	B07		Resistencia	EV3
Q4	B08		Cilindro	COMPRESOR
Q5	B09		Válvula	PURGA
Q6	B10		Indicador rojo	FALLO
Q7	B11		Indicador verde	SERV

Figura 36. Salidas físicas

4.2.2 Operaciones:

El código como bien se explicó en el apartado 4.1 se refleja en una hoja de cableado, por lo que dentro se encuentran las distintas operaciones. A continuación, se presentarán una a una y serán explicadas en detalle.



En la figura 37 vemos las entradas del programa (4 relés para los 4 presostatos y 1 conmutador de marcha)

Figura 37. Entradas físicas II

En la **figura 38** podemos ver las 4 teclas del PLC cableadas con distintas lógicas para activar el modo manual (Manual es una variable que hemos creado para activar el funcionamiento aparte de la marcha).

- Si tecla 1 y 4 son pulsadas se activa el modo manual (SET).
- Si tecla 2 y 3 son pulsadas o el conmutador de marcha está a '0' se desactiva el modo manual (RESET).

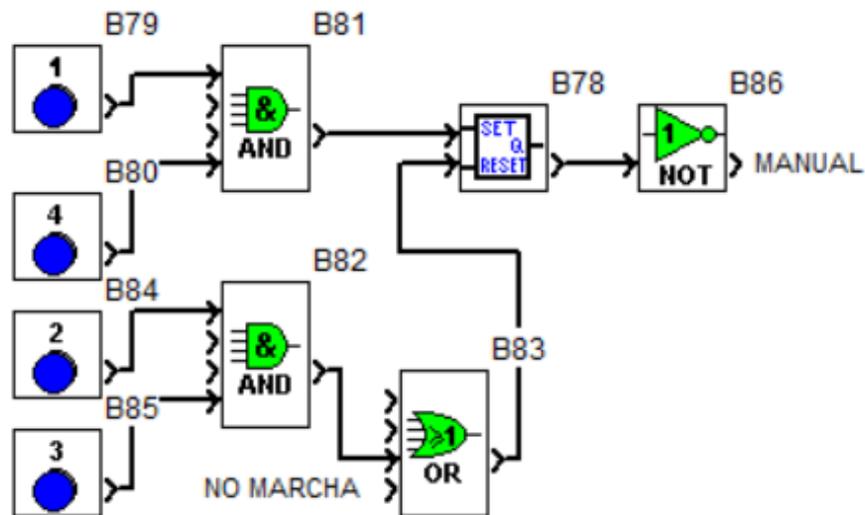


Figura 38. Código

NO MARCHA es una variable que se activa cuando **MARCHA** (activada por el conmutador con el mismo nombre) está negada.

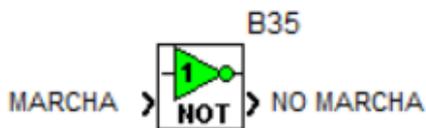


Figura 39. Código

Diremos que el sistema está en servicio cuando **Marcha** y modo **Manual** estén a '1', se activará un led verde que dará cuenta de ello.

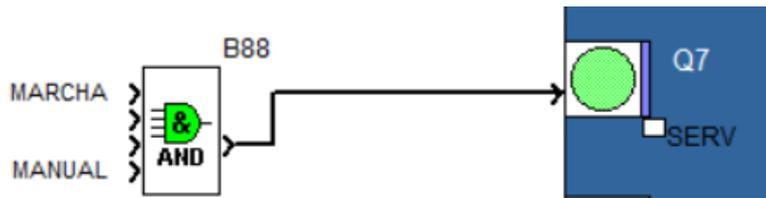


Figura 40. Código

Diremos que el sistema está en fallo cuando alguna de las 4 señales de fallo (Fallo de compresor o pérdidas de aire señaladas por los presostatos 1, 2 o 3) se encuentre a '1', se activará un led rojo que dará cuenta de ello.

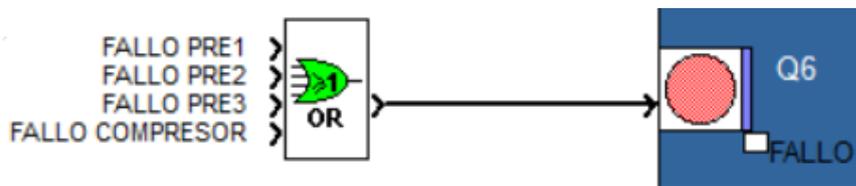


Figura 41. Código

Un temporizador doble se activará desde que el sistema esté en servicio y está configurado de forma que cada 35 minutos haga una purga de 5 segundos para liberar el agua acumulada.

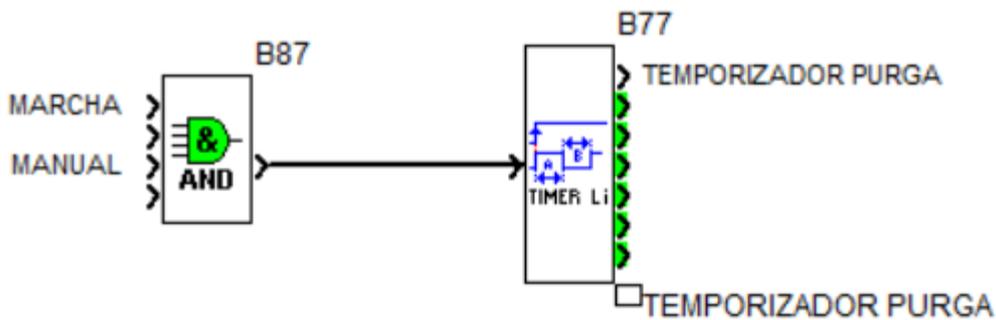


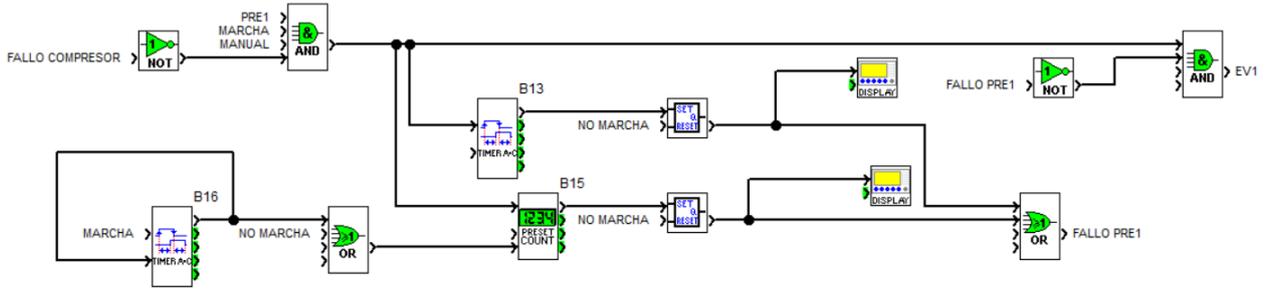
Figura 42. Código

Activación de las electroválvulas EV1, EV2 y EV3:

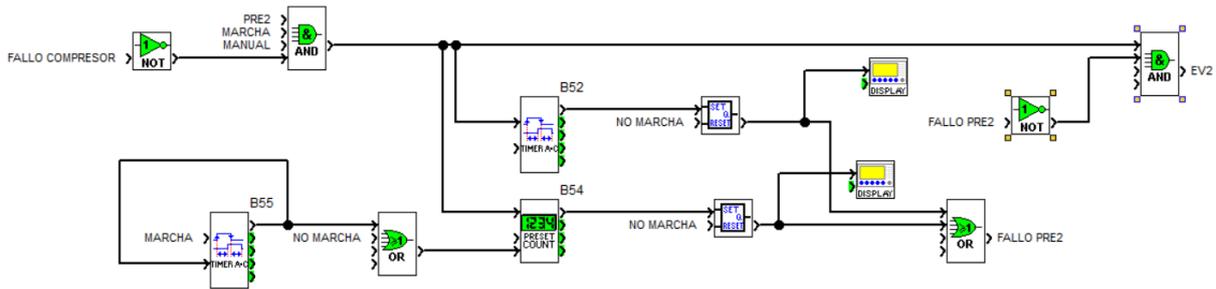
Como la activación de las 3 electroválvulas se produce de la misma manera, así como la activación de la señal de fallo indicada por los respectivos presostatos, presentaremos los 3 códigos y analizaremos uno de ellos ya que los otros dos son simples analogías.

Analizaremos el código para la electroválvula 1 como ejemplo, troceando la imagen para verlo en detalle.

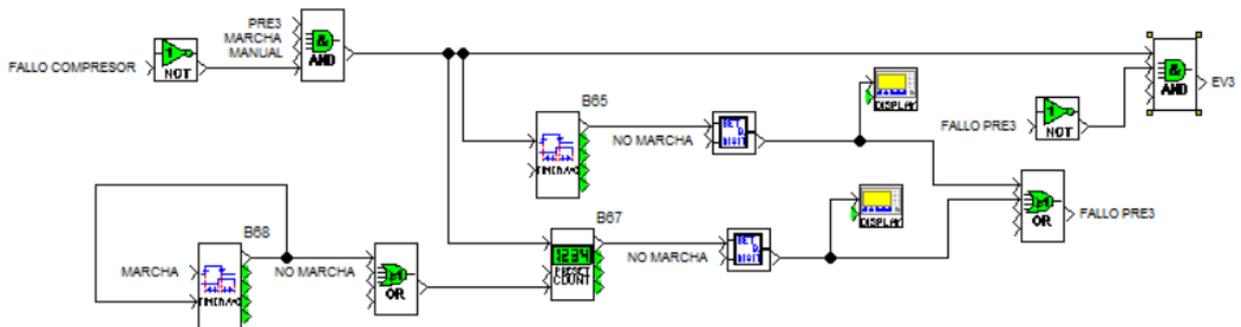
EV1:



EV2:



EV3:



Para describir la operación completa, lo mejor es hacerlo desde el final hasta el comienzo:

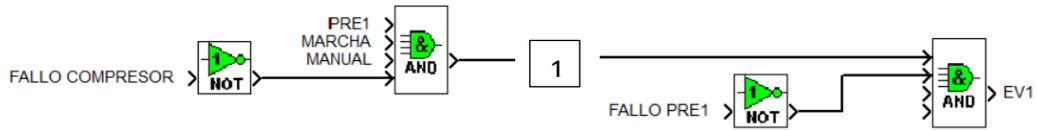


Figura 43. Código

- La Electroválvula 1 (en este caso) se abrirá cuando se den dos condiciones simultáneamente: a) No hay fallo en el presostato 1 (PRE1) b) se cumplen las condiciones de la figura 43 (No hay fallo de compresor y marcha, modo manual y presostato 1 (PRE1) están a '1').

Entre estas dos porciones de código se encuentra la lógica que indicaría **fallo** en el sistema regido por el presostato 1 (PRE1) :

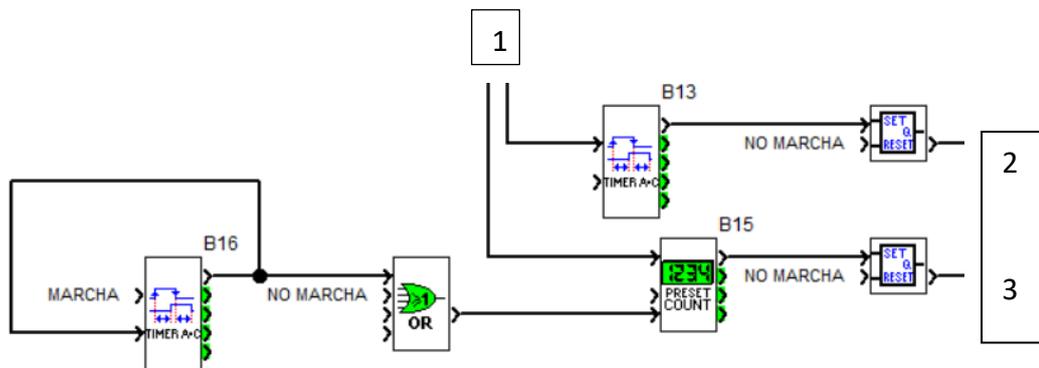


Figura 44. Código

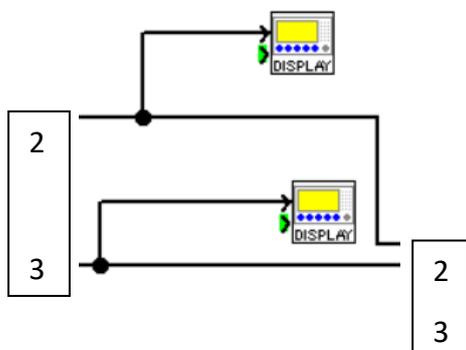


Figura 45. Código

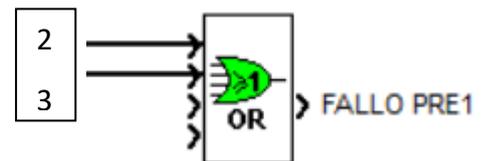


Figura 46. Código

En la **figura 46** vemos que para que se active **FALLO PRE1** se debe dar o la condición 2 o la 3. Previamente se ve en la **figura 45** que se mostrará por display un mensaje de error (En este caso, “Fallo Num Arranque L1”). En la **figura 44** vemos las condiciones que explicaremos a continuación.

Las ramas 2 y 3 vienen alimentadas por el nodo 1 que estará a ‘1’ cuando PRE1 esté activo y el sistema en servicio.

La rama 2 dará fallo cuando:

- El contador llega a 10 segundos expulsando aire lo que indicaría una fuga o rotura de la línea 1.

La rama 3 dará fallo cuando:

- Se llega a 4 cuentas de 10 segundos expulsando aire lo que indicaría una fuga o rotura de la línea 1.

Como hemos dicho esto sucede de forma análoga en las líneas 2 (módulo NM) y 3 (módulo M2) teniendo en cuenta los presostatos 2 y 3 respectivamente.

Activación del funcionamiento del nuevo compresor:

Analizaremos el código troceando la imagen para verlo en detalle después de presentarlo.

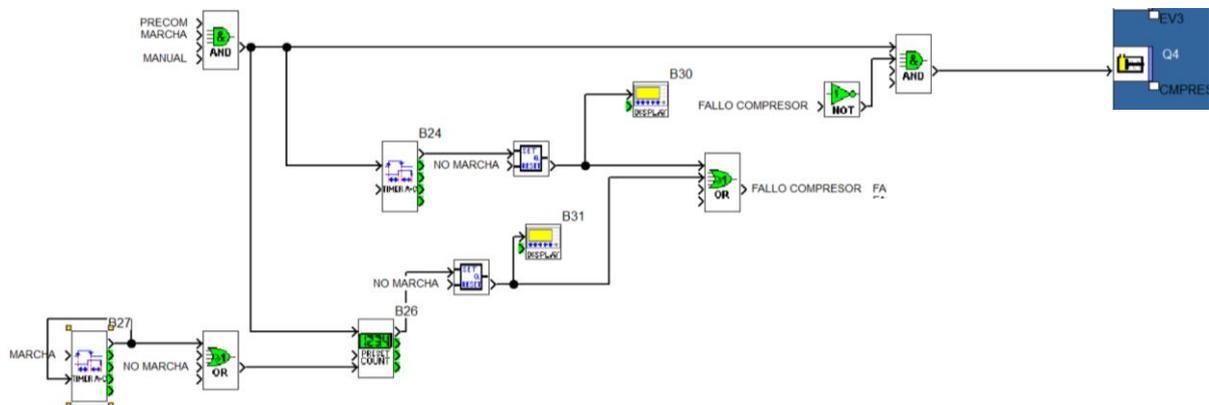


Figura 47. Código compresor

El compresor arrancará (**figura 50**) cuando se den las dos condiciones de las figuras 48 y 49:

- La condición **fig. 48**: Presostato compresor, marcha y modo manual a '1'.
- La condición **fig. 49**: No haya fallo en compresor.

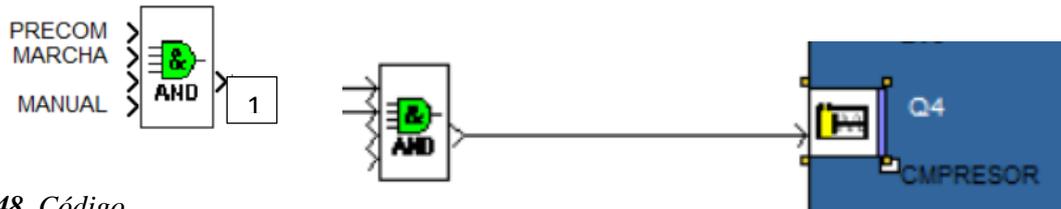


Figura 48. Código

Figura 50. Código



Figura 49. Código

Entre estas tres porciones de código se encuentra la lógica que indicaría **fallo** en el compresor (**COMPRESOR**) :

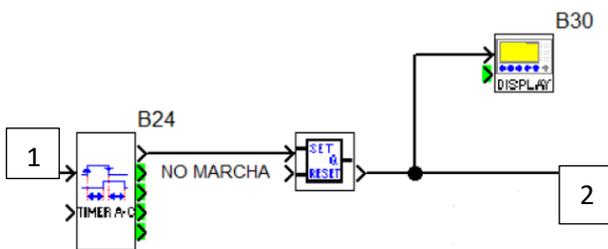


Figura 51. Código

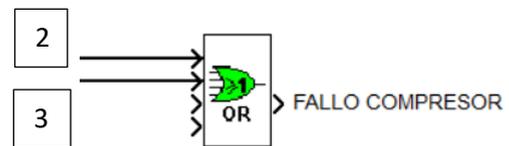


Figura 53. Código

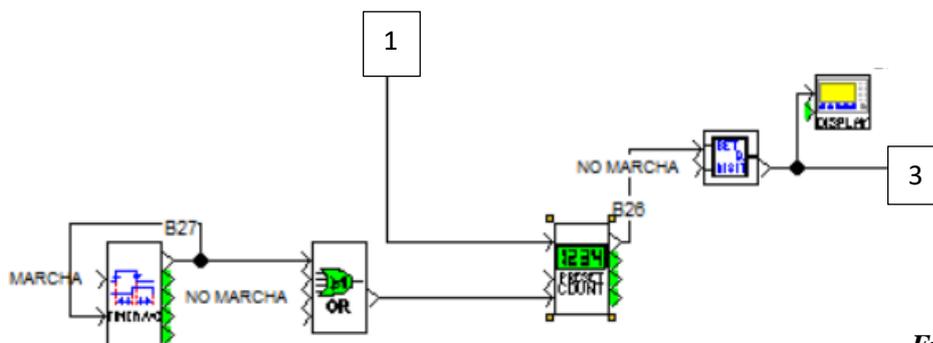


Figura 52. Código

Las ramas 2 y 3 vienen alimentadas por el nodo 1 que estará a '1' cuando PRECOM esté activo y el sistema en servicio.

La rama 2 (**figura 51**) dará fallo cuando:

- El contador llega a 10 segundos expulsando aire lo que indicaría una fuga o rotura de la línea previa a las 3 ramificaciones.

La rama 3 (**figura 52**) dará fallo cuando:

- Se llega a 4 cuentas de 1 minuto expulsando aire lo que indicaría una fuga o rotura de la línea previa a las 3 ramificaciones.

Como se puede ver en las **figuras 51 y 52** se mostrará por display un mensaje de error (En este caso, "FALLO ARRAN COMPRE").

Purga automática:

Como se vio en este apartado un temporizador doble se activará cada 35 minutos permitiendo hacer una purga de 5 segundos para liberar el agua acumulada mediante una válvula identificada con el nombre de **PURGA**.

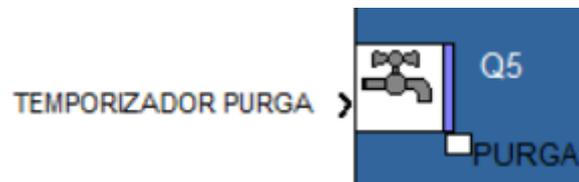


Figura 54. Código Purga automática

Capítulo 5: MANTENIMIENTO DEL SISTEMA PROPUESTO

El objetivo del presente capítulo es el de dar a conocer el plan de mantenimiento que requiere el compresor elegido para este proyecto. Como bien sabemos el modelo del compresor es el **PUSKA N-450-BM III**.

5.1 Descripción de las actividades de mantenimiento

En primer lugar, vamos a señalar y describir las distintas actividades de mantenimiento que un compresor de estas características puede requerir, así como la periodicidad con que se realizarán las mismas.

Las periodicidades de mantenimiento para este equipo se han adaptado a la organización que establece el departamento de mantenimiento de Metropolitano de Tenerife, S.A. Las labores de mantenimiento preventivo se realizan en las cocheras cada 15.000 km, por tanto, las gamas del mantenimiento se darán respetando esos intervalos de tiempo.

A continuación, se describen las actividades de mantenimiento y las gamas en las que se ejecutan cada una de ellas.

	DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES	GAMAS DE MANTEN.			
		G15	G60	G120	G600
1	Control del nivel del aceite del compresor	X			
2	Cambio del aceite	X			
3	Verificación del caudal del compresor	X			
4	Control y limpieza del filtro de aire del compresor		X		
5	Apriete de las conexiones del compresor		X		
6	Verificación de las suspensiones del compresor		X		
7	Desmontaje/montaje de los compresores para revisión		X		
8	Limpieza superficial del compresor			X	
9	Cambio del filtro (cartucho) del compresor			X	
10	Control de la tensión de las correas			X	
11	Apriete de los cables del compresor			X	
12	Limpieza completa del compresor			X	
13	Cambio de juntas, anillos tóricos y válvulas			X	
14	Control de funcionamiento de la sonda térmica			X	
15	Cambio de las escobillas, segmentos y retenes			X	
16	Cambio del pistón				X
		G240: G15, G60,G120			

Figura 55. Tabla de actividades de mantenimiento compresor PUSKA

Gama G15 (15.000 km): Actividades cada 15.000 km de rodaje

1. Control del nivel del aceite del compresor:

Es fundamental mantener el nivel de aceite entre el mínimo y máximo, de la forma en que se muestra en la figura, para que el compresor opere sin dañarse internamente ni sobrecalentarse

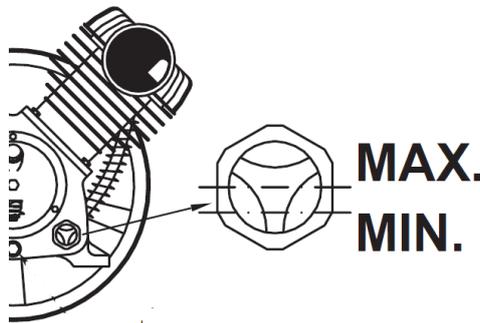


Figura 56. Control del nivel de aceite en compresor PUSKA

2. Cambio del aceite:

Desagüe del cárter del aceite del compresor por aspiración y posteriormente se rellenará con el nuevo aceite como se muestra a continuación:

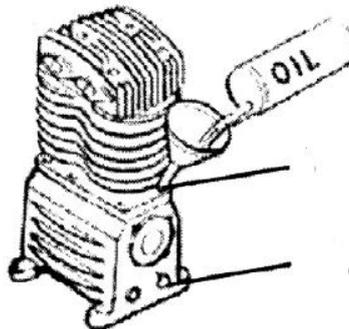


Figura 57. Rellenado del aceite compresor PUSKA

3. Verificación del caudal del compresor:

Esta actividad se realizará con un caudalímetro verificando que se cumple el caudal estimado por el fabricante (450 litros/minuto).

Gama G60 (60.000 km): Actividades cada 60.000 km de rodaje.

Nota: Realizar también G15

4. Control y limpieza del filtro de aire del compresor:

Abrir el compartimento como se muestra en la figura a continuación, retirar el elemento filtrante, observar si se encuentra en buen estado y realizar la limpieza del mismo.

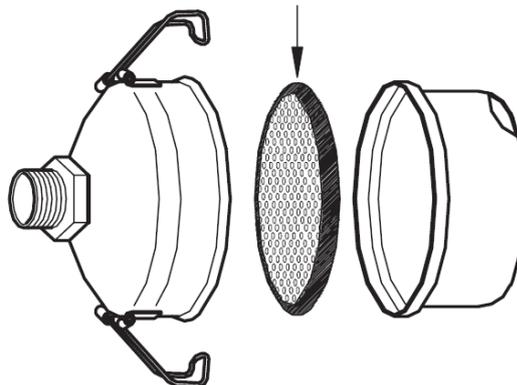


Figura 58. Filtro del aire compresor PUSKA

5. Apriete de las conexiones del compresor

Apretar los tornillos que hacen las conexiones, dado que con las vibraciones pueden acabar desconectándose.

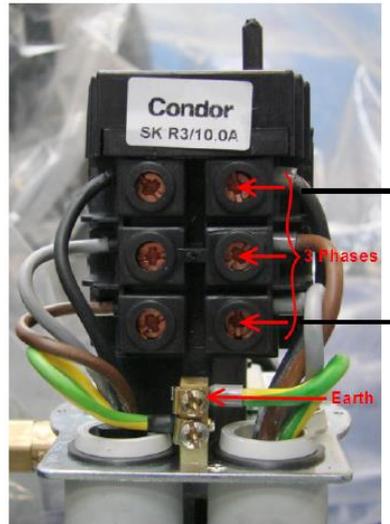


Figura 59. Detalle conexiones compresor PUSKA

6. Verificación de las suspensiones del compresor.

Verificación visual de las mismas.

7. Desmontaje/montaje de los compresores para revisión

Esta tarea se realiza a los 60.000 km como actuación preventiva para verificar que todo está en perfectas condiciones. Si hubiera algún elemento (tornillos, juntas, relé,...) que se encontrara en malas condiciones se realizaría la sustitución del mismo por otro nuevo.

Gama G120 (120.000 km): Actividades cada 120.000 km de rodaje.

Nota: Realizar también G15y G60

8. Limpieza superficial del compresor.

9. Cambio del filtro (cartucho) del compresor:

Sustitución del elemento filtrante por otro nuevo. Ver punto 4.

10. Control de la tensión de las correas:

Ver la tensión de las correas: Su estado y su tensión se deben controlar.

1. $F = 3,25$ kg, fuerza a aplicar en la línea mediana y ortogonalmente a la correa nueva.
2. $f = 6$ mm, separación proporcionada después de la aplicación de F . (después de 100 horas de funcionamiento $F = 2,5$ kg).

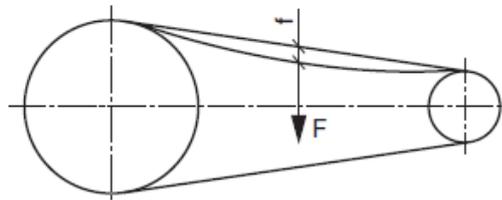


Figura 60. Verificación tensión correa compresor PUSKA

11. Apriete de los cables del compresor.

12. Limpieza completa del compresor.

13. Cambio de juntas, anillos tóricos y válvulas:

Realizar el cambio de todas las juntas (tóricas y no tóricas) y de las válvulas del compresor por nuevas unidades.

14. Control de funcionamiento de la sonda térmica:

Verificar que la resistencia térmica desconecta el sistema al superar la temperatura de diseño.

15. Cambio de las escobillas, segmentos y retenes:

Realizar el cambio de los elementos nombrados por nuevas unidades.

Gama G240 (240.000 km): Actividades cada 240.000 km de rodaje.

Realizar las gamas de mantenimiento G15, G60 y G120

Gama G600 (600.000 km): Actividades cada 600.000 km de rodaje.

Nota: Realizar también G15, G60, G120y G240

16. Cambio del pistón:

Llegados a los 600.000 km se realiza el cambio de la pieza más importante y resistente del compresor. El pistón debe ser sustituido por otro de iguales características materiales (resistencia mecánica y material de fabricación).

5.2 Recursos humanos y materiales

Para realizar todas las actividades del mantenimiento mencionadas anteriormente será necesario trabajar en las **mesas de trabajo** de las cocheras del tranvía ya que se manejarán elementos pesados y se necesita un grado de ergonomía elevado para el trabajador ya que esto se traduce en mayor eficiencia por parte del mismo, menor riesgo de lesiones ayudando a reducir los tiempos de trabajo.

Todas las actividades pueden ser realizadas por un **único operario, exceptuando las labores de carga y descarga del compresor**, que sólo serán necesarias en las actividades 7 (Desmontaje/montaje de los compresores para revisión) de la Gama 60.000 y la 16 (cambio de pistón) de la Gama 600.000. Esto se debe a que el equipo tiene un peso de 55 kg.

5.3 Aspectos de seguridad a tener en cuenta

1. Los compresores de pistones de esta gama no deben nunca funcionar más allá de sus posibilidades, ni de una forma no conforme con las instrucciones contenidas en esta guía de conducción y de mantenimiento.
2. No dirija nunca hacia el cuerpo las boquillas de alta presión, o de distribución de aceite o de grasa.
3. NO REAJUSTAR la manoreductora por encima de la presión de explotación especificada del compresor.
4. NO MODIFICAR la regulación de presión de la válvula de seguridad.
5. NO UTILIZAR el aparato en el exterior si llueve.
6. NO UTILIZAR gasolina u otro producto inflamable para limpiar las piezas del compresor.
7. CERCIORARSE de que la tensión de alimentación corresponde a la tensión especificada y que la misma posee las protecciones con fusibles adecuados.
8. RESPETAR las reglamentaciones locales relativas a la seguridad durante la instalación, explotación o los trabajos de mantenimiento sobre el aparato.
9. El compresor está equipado con una válvula de seguridad a una presión ligeramente superior a la presión máxima de ajuste; ésta se activa en caso de fallo del presostato.
10. El nivel de aceite no debe nunca bajar por debajo del mínimo ya que eso provocaría graves daños.
11. Controlar que la tensión de la línea de alimentación es la indicada en la etiqueta colocada sobre la caja de bornes del motor eléctrico.
12. Asegúrese de que la instalación eléctrica incluya una toma de tierra eficaz.

5.4 Planos técnicos de mantenimiento del nuevo compresor

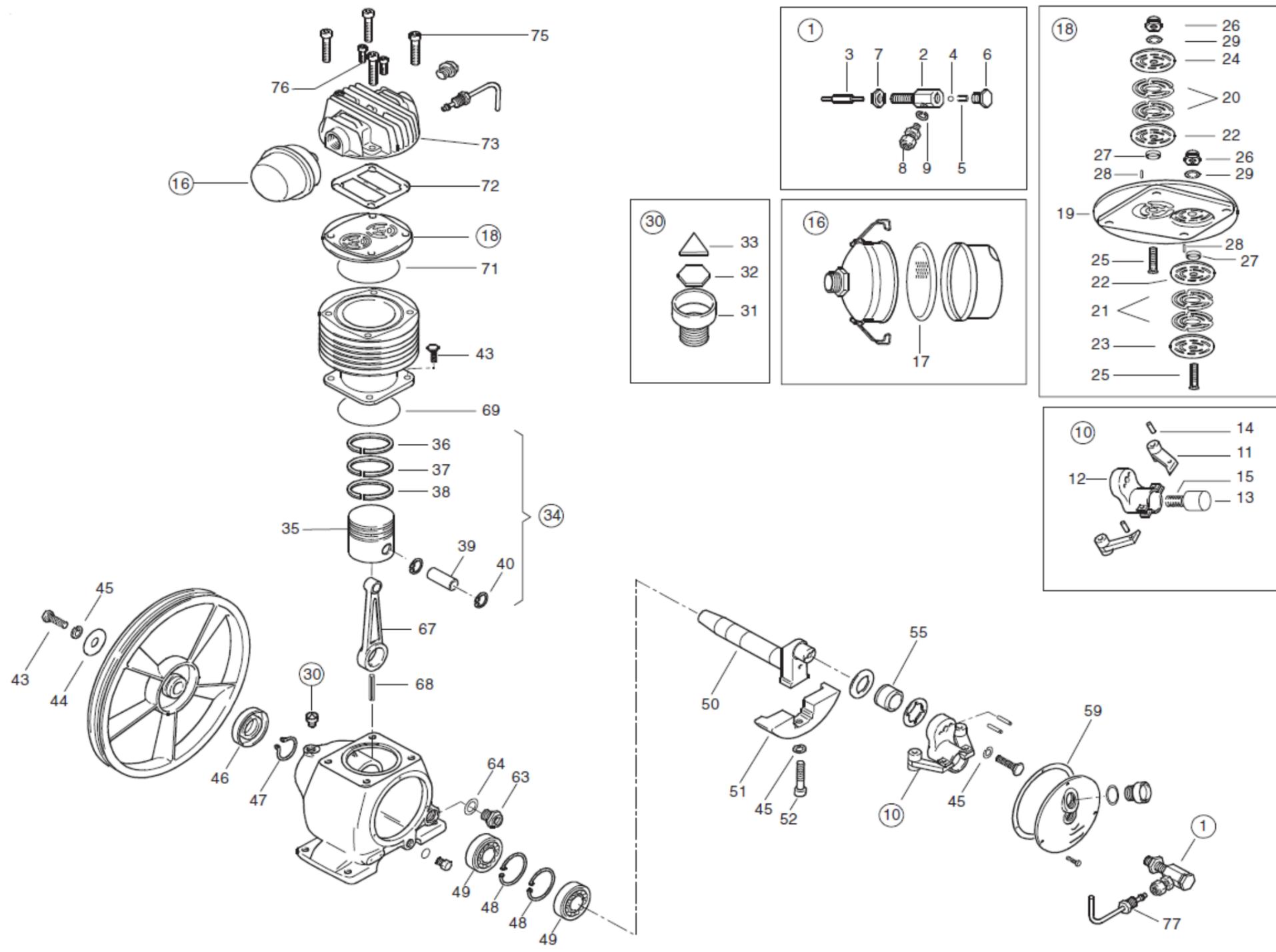
Legenda del plano del cabezal del compresor:

Kit crankshaft ball bearing Ref: 6219089700			Kit cylinder head Ref: 6219092300		
Mark	Qty.	Description	Mark	Qty.	Description
39	1	Screw	67	1	Cylinder head
41	1	Washer	68	4	Screw
40	1	Washer	69	1	Screw
43	1	Oil seal	70	1	Washer (rubber metal)
44	2	Circlip	Kit crankshaft Ref: 6219092500		
45	2	Ball bearing	Mark	Qty.	Description
46	1	Circlip	47	1	Crankshaft
54	1	O-ring	49	1	Interior ring
Kit connecting rod Ref: 6219090800			kit discharge valve Ref: 6219093000		
Mark	Qty.	Description	Mark	Qty.	Description
63	1	Connecting rod	2	1	Discharge valve body
64	1	Locking pin	3	1	Ejector pin
Kit cylinder gasket Ref: 6219091400			4	1	Steel ball
Mark	Qty.	Description	5	1	Discharge valve spring
65	2	O-ring	6	1	Screw plug
66	1	Gasket head to valve plate	7	1	Nut
Kit compression ring Ref: 6219091800			8	1	Nipple
Mark	Qty.	Description	9	1	Washer
31	1	Conic compression ring	Kit centrifugal discharge Ref: 6219093300		
32	1	Scraper ring	Mark	Qty.	Description
33	1	Greasing ring	11	2	Centrifugal bracket
Kit oil level Ref: 6219092100			12	1	Discharge body
Mark	Qty.	Description	13	1	Thrust guide piston
58	1	Oil level sight glass	14	2	Locking pin
59	1	O-ring	15	1	Discharge spring
Kit air filter element Ref: 6219093600			Mark	Qty.	Description
			17	1	Air filter element

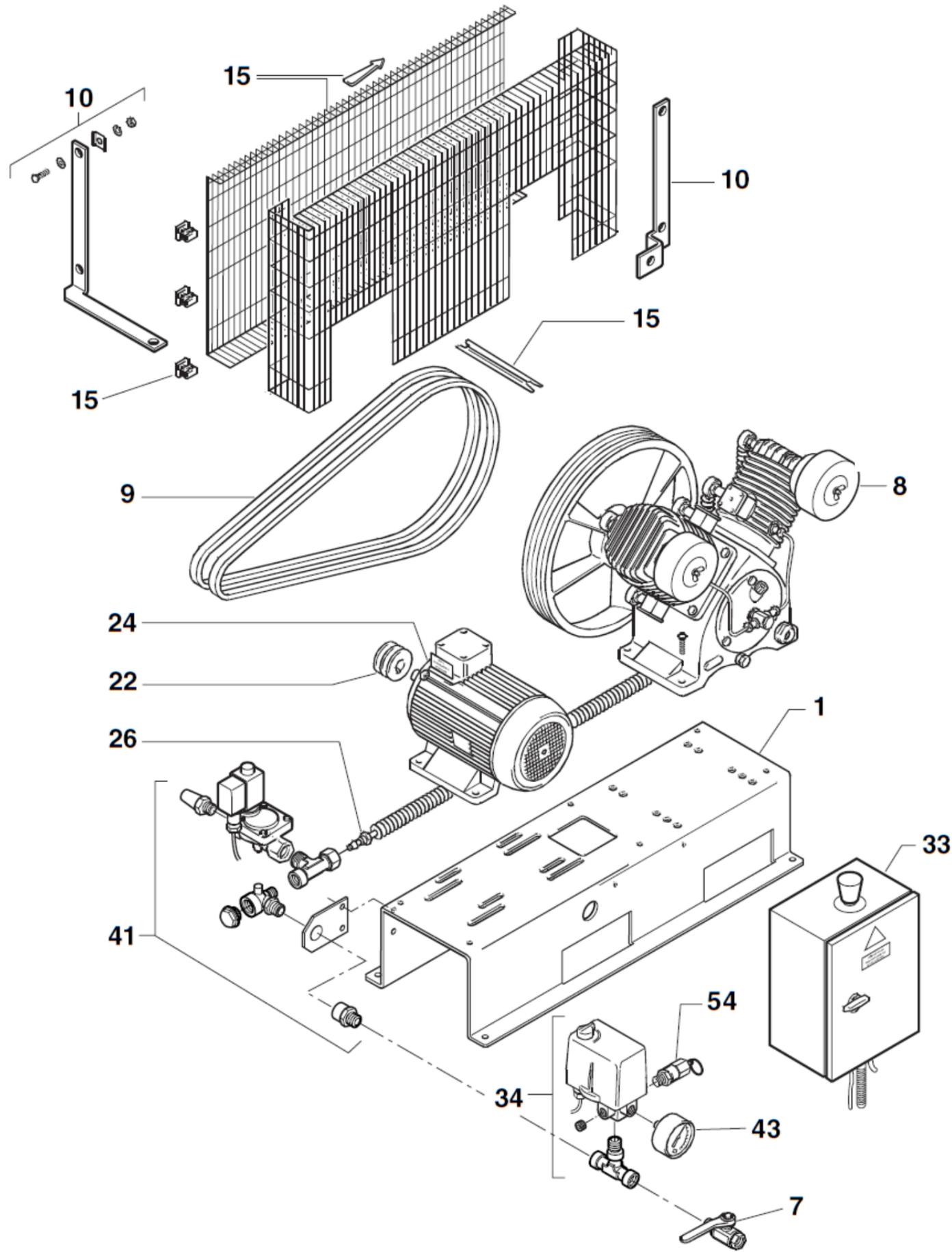
Kit valve plate Ref: 6219093800		
Mark	Qty.	Description
19	1	Top valve plate
20	1	Lower valve plate
21	2	Valve sheet
22	4	Sheet seat
23	2	Cylindric pin
24	1	Gasket inter-valve plate

Kit relief valve Ref: 6219094000		
Mark	Qty.	Description
26	1	Relief valve body
27	1	Valve sheet
28	1	Exterior cover

kit piston Ref: 6219094300		
Mark	Qty.	Description
30	1	Piston
31	1	Conic compression ring
32	1	Scraper ring
33	1	Greasing ring
34	1	Wrist pin
35	2	Circlip



Diseño, desarrollo, control e implementación de un sistema de compresión en un vehículo tranviario			
Fecha	Autor		TFG Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática
15/06/2017	Carlos González Delgado		
Modificación			
Id. s. Normas	UNE - EN - DIN		
Escala: N. E.	Plano cabezal PUSKA N-450-NM III	Nº de Plano: 1	



Description	Mark
Receiver	1
Outlet Valve	7
Block	8
Belt	9
Kit belt guard support	10
Belt guard	15
Kit pulley	22
Motor	24
Outlet pipe	26
Kit cubicle	33
Kit pressure switch	34
Kit non return valve	41
Pressure gauge	43
Safety valve	54
Kit drain valve	56

Diseño, desarrollo, control e implementación de un sistema de compresión en un vehículo tranviario			
Fecha	Autor		TFG Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática
15/06/2017	Carlos González Delgado		
Modificación			
Id. s. Normas	UNE - EN - DIN		
Escala: N. E.	Plano piezas PUSKA N-450-NM III	Nº de Plano: 2	

CONCLUSIONES

Este proyecto ha sido diseñado con el propósito de solventar un problema de fiabilidad en el sistema actual de compresión de aire en los tranvías de Metropolitano de Tenerife que operan en las líneas 1 y 2 entre Santa Cruz de Tenerife y La Laguna, teniendo en cuenta el mantenimiento del sistema propuesto desde la fase inicial de proyecto.

Hoy en día, muchos sistemas o equipos no se comportan como cabría esperar, en parte debido a que en la fase de proyecto no se realiza un correcto dimensionado en base a las futuras funcionalidades.

En nuestro caso, el mal dimensionado del sistema de aire comprimido (compresores) instalado en los vehículos fabricados por ALSTOM, modelo CITADIS 302 ha propiciado un excesivo número de averías con el consecuente aumento de las horas de mantenimiento preventivo y correctivo respecto a las previstas inicialmente. Este hecho es el que ha motivado la creación de un proyecto de mejora.

Por otro lado, la alternativa propuesta ha mejorado considerablemente la mantenibilidad del equipo, disminuyendo las horas de mantenimiento y mejorando su accesibilidad. Para ello, se ha aprovechado el espacio libre bajo el pantógrafo para ubicar los nuevos equipos, en vez de ubicarlos en los bogies (tal y como están actualmente) lo que implicaría tener que situar el tranvía en la plataforma elevada y realizar las operaciones desde un foso.

En resumen, a la hora de realizar este proyecto se ha tenido presente en todo momento la durabilidad de los materiales, la robustez del sistema, la fiabilidad y principalmente la simplicidad del mantenimiento. Esto se traduce en una alta reducción de intervenciones correctivas y un mayor seguimiento de las gamas del plan de mantenimiento.

BIBLIOGRAFIA

- [1]<http://metrotenerife.com/>
- [2]http://es.wikipedia.org/wiki/Alstom_Citadis
- [3]<http://www.alstom.com/>
- [4][http://es.wikipedia.org/wiki/Compresor_\(m%C3%A1quina\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Compresor_(m%C3%A1quina))
- [5]<http://www.schneider-electric.es/es/product-range/542-zelio-soft/>
- [6]http://www.schneider-electric.es/es/product-range-selector/531-zelio-logic/?p_url=http%3A%2F%2Fwww.ops-ecat.schneider-electric.com%2Fecat%2Fbrowse.do%3Fconf%3Dnull%26el_typ%3Dproduct%26range_id%3D531%26prd_id%3DSR3B261BD%26scp_id%3DES_es#search
- [7]<http://www.parkertransair.com/jahia/Jahia/filiale/spain/lang/es/home/TechnicalCenter/CompressedAirPipeSystem>
- [8]<http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2009-1964>
- [9]http://www.sctfe.es/normativas/ordenanzas-municipales/ver_normativa/ordenanza-de-proteccion-del-medio-ambiente-contr-la-emision-de-ruidos-y-vibraciones/
- [10]<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0052570#.WVADz2g19PY>
- [11]http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0048642#.WVAD_Gg19PY
- [12] <http://www.puska.com/es>

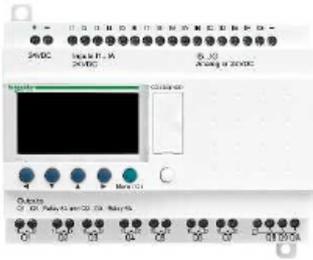
ANEXOS 1: Hojas de características

1.1 PLC

Hoja de datos del producto SR3B261BD

Características

relé inteligente modular Zelio Logic - 26 E S -
24 V CC – relógio - visor



Principal

Gama de producto	Zelio Logic
Tipo de producto o componente	Reles inteligente modular

Complementario

Visualización local	Donde
Número de líneas de esquema de control	0...500 with FBD programming 0...240 with ladder programming
Tiempo de ciclo	6...90 ms
Tiempo de backup	10 años en 25 °C
Deriv. reloj	6 s/mes en 25 °C 12 min/año en 0...55 °C
Comprobaciones	Memoria de programa en cada inicialización
[Us] tensión de alimentación nominal	24 V
Límites tensión alimentación	19.2...30 V
Corriente de alimentación	190 mA (sin extensión) 300 mA (con extensiones)
Potencia disipada en W	10 W con extensiones 6 W sin extensión
Protección contra inversión de polaridad	Con
De pie conducto	16 de acuerdo con EN/IEC 61131-2 tipo 1
Tipo de entrada digital	Resistivo
Voltaje entrada	24 V CC
Corriente de entrada discreta	4 mA
Frecuencia de contaje	1 kHzfor entrada digital
Estado de tensión 1 garantizado	>= 15 Vfor circuito de entrada digital I1...IA y IH...IR >= 15 Vfor IB...IG usado como circuito de entrada digital
Estado de tensión 0 garantizado	<= 5 Vfor circuito de entrada digital I1...IA y IH...IR <= 5 Vfor IB...IG usado como circuito de entrada digital
Posición de conexión libre	>= 1.2 mAfor IB...IG usado como circuito de entrada digital >= 2.2 mAfor circuito de entrada digital I1...IA y IH...IR
Transmisión de datos codificada	< 0.5 mAfor IB...IG usado como circuito de entrada digital < 0.75 mAfor circuito de entrada digital I1...IA y IH...IR
Fase marcador	PNP de sensores de proximidad de 3 hilos (entrada digital)
Número de entrada analógica	6
Tipo de entrada analógica	Modo comum
Rango de entrada analógica	0..0,24 V 0...10 V
Tensión máxima admisible	30 V (circuito entrada análogica)
Resolución de entrada analógica	8 bits
Clip-en las cubiertas	39 mV (circuito entrada análogica)
Tiempo conversión	Tempo de ciclo de reles inteligentefor circuito entrada análogica

Error de conversión	+/- 5 % en 25 °Cfor circuito entrada análogica +/- 6.2 % en 55 °Cfor circuito entrada análogica
Precisión de repetición	+/- 2 % en 55 °Cfor circuito entrada análogica
Distancia de funcionamiento	10 m entre estaciones, con cable blindado (sensores no aislado) para circuito entrada análogica
Tapa de conexiones trasero	12 kOhm (IB...IG usado como circuito de entrada análogica) 12 kOhm (IB...IG usado como circuito de entrada digital) 7.4 kOhm (circuito de entrada digital I1...IA y IH...IR)
Número de salidas	10 relé salidas
Límites de tensión de salida	24..0,250 V AC (salida del relé) 5..0,30 V CC (salida del relé)
Tipo de contactos y composición	NA para salida del relé
Corriente térmica de salida	5 A para 2 salidas (salida del relé) 8 A para 8 salidas (salida del relé)
Durabilidad eléctrica	500000 ciclos AC-12 en 230 V, 1.5 Afor salida del relé de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 500000 ciclos AC-15 en 230 V, 0.9 Afor salida del relé de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 500000 ciclos DC-12 en 24 V, 1.5 Afor salida del relé de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 500000 ciclos DC-13 en 24 V, 0.6 Afor salida del relé de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1
Capacidad de conmutación en mA	>= 10 mA en 12 V (salida del relé)
Régimen en Hz	0.1 Hz (a le)for salida del relé 10 Hz (sin carga)for salida del relé
Durabilidad mecánica	10000000 ciclos (salida del relé)
[Uimp] tensión nominal soportada al impulso	4 kV de acuerdo con EN/IEC 60947-1 y EN/IEC 60664-1
Reloj	Donde
Tiempo respuesta	10 ms (de estado 0 a estado 1)for salida del relé 5 ms (de estado 1 a estado 0) para salida del relé
Conexiones - terminales	Terminales de tornillo, capacid sujeción: 1 x 0,2...1 x 2,5 mm² AWG 25...AWG 14 semi-sólido Terminales de tornillo, capacid sujeción: 1 x 0,2...1 x 2,5 mm² AWG 25...AWG 14 sólido Terminales de tornillo, capacid sujeción: 1 x 0,25...1 x 2,5 mm² AWG 24...AWG 14 Flexible con terminal Terminales de tornillo, capacid sujeción: 2 x 0,2...2 x 1,5 mm² AWG 24...AWG 16 sólido Terminales de tornillo, capacid sujeción: 2 x 0,25...2 x 0,75 mm² AWG 24...AWG 19 Flexible con terminal
Par de apriete	0.5 N.m
Categoría de sobretensión	III de acuerdo con EN/IEC 60664-1
Peso del producto	0.4 kg

Entorno

Etiqueta para simular diagramas	<= 1 ms
Certificaciones	GL UL CSA GOST C-Tick
Normas	EN/IEC 61000-4-5 EN/IEC 61000-4-11 EN/IEC 61000-4-12 EN/IEC 61000-4-4 nivel 3 EN/IEC 60068-2-27 Ea EN/IEC 61000-4-3 EN/IEC 61000-4-2 nivel 3 EN/IEC 61000-4-6 nivel 3 EN/IEC 60068-2-6 Fc
Grado de protección IP	IP20 (bloque de terminales) de acuerdo con IEC 60529 IP40 (panel frontal) de acuerdo con IEC 60529
Características ambientales	Directiva EMC de acuerdo con EN/IEC 61000-6-2 Directiva EMC de acuerdo con EN/IEC 61000-6-3 Directiva EMC de acuerdo con EN/IEC 61000-6-4 Directiva EMC de acuerdo con EN/IEC 61131-2 zona B Directiva bajo voltaje de acuerdo con EN/IEC 61131-2
6 mm inserto cuadrado hembra	Clase B de acuerdo con EN 55022-11 grupo 1

Grado de contaminación	2 de acuerdo con EN/IEC 61131-2
Temperatura ambiente de funcionamiento	-20...40 °C em invólucro no ventilado de acuerdo con IEC 60068-2-1 y IEC 60068-2-2 -20...55 °C de acuerdo con IEC 60068-2-1 y IEC 60068-2-2
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...70 °C
Altitud máxima de funcionamiento	2000 m
Transporte de altitud	<= 3048 m
Humedad relativa	95 % sin condensación o goteo de agua

Información Logística

País de Origen	Francia
----------------	---------

Garantía contractual

Warranty period	18 months
-----------------	-----------

1.2 Compresor

Compresor de Pistón de Hierro Fundido PUSKA

Modelo sobre Bancada N-450- BM III



CARACTERISTICAS TECNICAS

- Compresor de pistón, montado sobre BANCADA.
- Exento de vibraciones.
- Fácil acceso a todos los componentes, para su mantenimiento.

Cabezal	VE-01
Accionamiento	Por correas
Presión de trabajo	10Kg/cm ²
Aire aspirado	450 L/min
Motor eléctrico	2,2 KW - 3 CV Protección IP-55
Tensión	400V Trifásica
Velocidad	1165 rpm
Dimensiones	380 x 686 x 374
Peso	55 KG

Protector de correas de acuerdo a norma: EN-294

1.3 Código

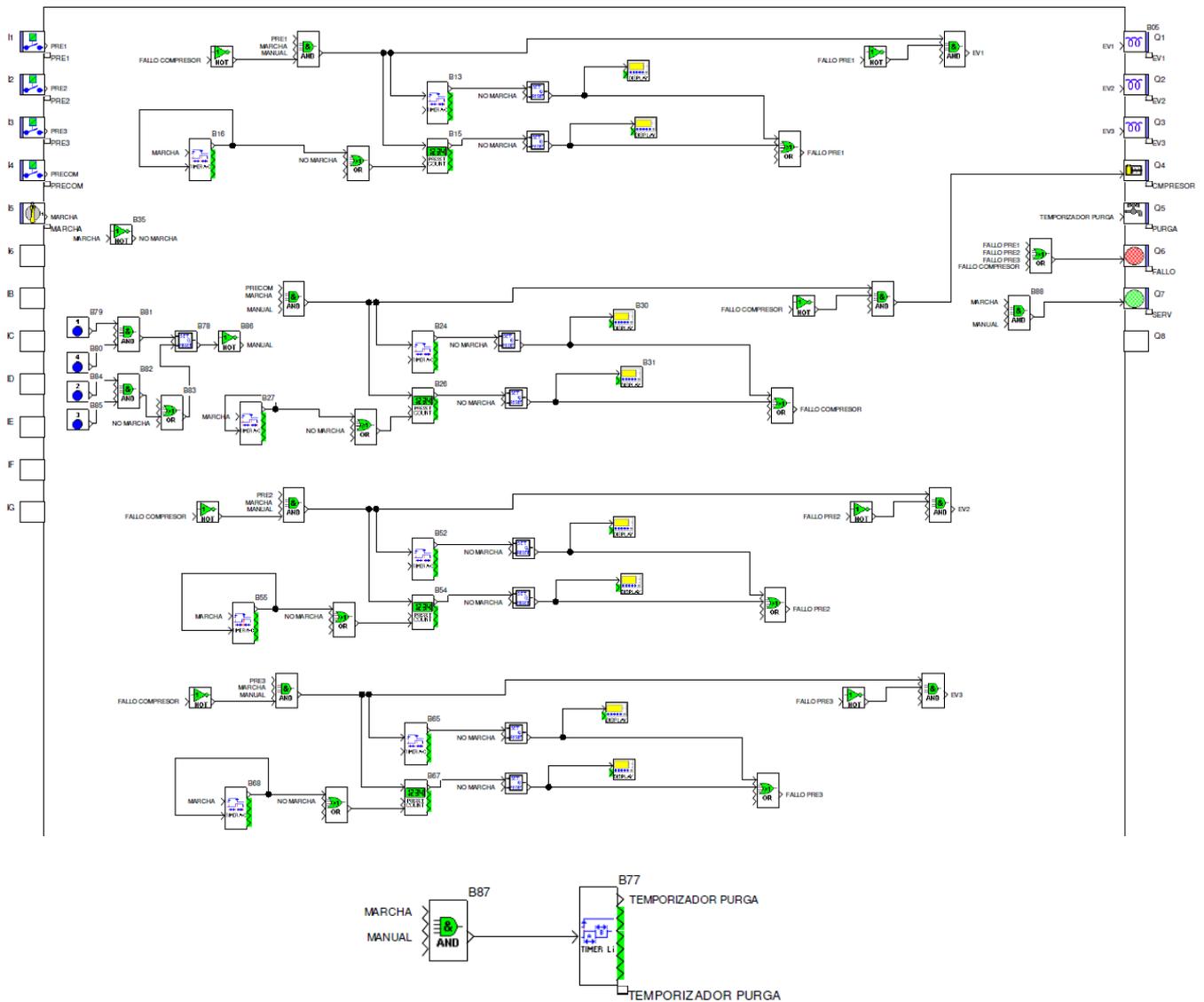
Información de programación

Autor : Carlos González Delgado
 Nombre del documento : Código TFG
 Versión : 1.0

Módulo : SR2B201BD
 Período de ejecución de la aplicación en el módulo : 5 x 2 ms
 Acción del WATCHDOG : No activo
 Tipo de Filtrado de Hardware de las Entradas : Lento (3 ms)
 Bloqueo del panel frontal del módulo

 Formato de la fecha : dd/mm/yyyy
 Cambio de horario de verano/invierno activo
 Zona : Europa
 Cambio a horario de verano : Marzo, último domingo
 Cambio a horario de invierno : Octubre, último domingo

Esquema del programa



Entradas físicas

Entrada	N.º	Símbolo	Función	Candado	Parámetros	Comentario
I1	B00		Relé	---	No hay parámetros	PRE1
I2	B01		Relé	---	No hay parámetros	PRE2
I3	B02		Relé	---	No hay parámetros	PRE3
I4	B03		Relé	---	No hay parámetros	PRECOM
I5	B04		Conmutador	---	No hay parámetros	MARCHA

Teclas del módulo

N.º	Símbolo	Función	Comentario
B79		Tecla Z1	
B84		Tecla Z2	
B85		Tecla Z3	
B80		Tecla Z4	

Salidas físicas

Salida	N.º	Símbolo	Función	Comentario
Q1	B05		Resistencia	EV1
Q2	B06		Resistencia	EV2
Q3	B07		Resistencia	EV3
Q4	B08		Cilindro	COMPRESOR
Q5	B09		Válvula	PURGA
Q6	B10		Indicador rojo	FALLO
Q7	B11		Indicador verde	SERV

Funciones configurables

N.º	Símbolo	Función	Candado	Remanencia	Parámetros	Comentario
B13		Temporizador A/C	No	No	Tiempo de marcha : 0H 0M 10S Tiempo de parada : 0H 0M 0S	
B14		Báscula RS	---	---	Prioridad : RESET prioritario	
B15		Contador progresivo/regresivo con	No	No	Salida ON cuando el valor alcanza la preselección : 4 Ciclo Único	

N.º	Símbolo	Función	Candado	Remanencia	Parámetros	Comentarios
B16		Temporizador A/C	No	No	Tiempo de marcha : 0H 1M 0S Tiempo de parada : 0H 0M 0S	
B17		Báscula RS	---	---	Prioridad : RESET prioritario	
B19		Visualización en el LCD	---	---	Ver detalles a más distancia	
B20		Visualización en el LCD	---	---	Ver detalles a más distancia	
B24		Temporizador A/C	No	No	Tiempo de marcha : 0H 0M 10S Tiempo de parada : 0H 0M 0S	
B25		Báscula RS	---	---	Prioridad : RESET prioritario	
B26		Contador progresivo/regresivo con	No	No	Salida ON cuando el valor alcanza la preselección : 4 Ciclo Único	
B27		Temporizador A/C	No	No	Tiempo de marcha : 0H 1M 0S Tiempo de parada : 0H 0M 0S	
B28		Báscula RS	---	---	Prioridad : RESET prioritario	
B30		Visualización en el LCD	---	---	Ver detalles a más distancia	
B31		Visualización en el LCD	---	---	Ver detalles a más distancia	
B52		Temporizador A/C	No	No	Tiempo de marcha : 0H 0M 10S Tiempo de parada : 0H 0M 0S	
B53		Báscula RS	---	---	Prioridad : RESET prioritario	
B54		Contador progresivo/regresivo con	No	No	Salida ON cuando el valor alcanza la preselección : 4 Ciclo Único	
B55		Temporizador A/C	No	No	Tiempo de marcha : 0H 1M 0S Tiempo de parada : 0H 0M 0S	
B56		Báscula RS	---	---	Prioridad : RESET prioritario	
B58		Visualización en el LCD	---	---	Ver detalles a más distancia	
B59		Visualización en el LCD	---	---	Ver detalles a más distancia	
B65		Temporizador A/C	No	No	Tiempo de marcha : 0H 0M 10S Tiempo de parada : 0H 0M 0S	
B66		Báscula RS	---	---	Prioridad : RESET prioritario	
B67		Contador progresivo/regresivo con	No	No	Salida ON cuando el valor alcanza la preselección : 4 Ciclo Único	
B68		Temporizador A/C	No	No	Tiempo de marcha : 0H 1M 0S Tiempo de parada : 0H 0M 0S	
B69		Báscula RS	---	---	Prioridad : RESET prioritario	
B71		Visualización en el LCD	---	---	Ver detalles a más distancia	

N.º	Símbolo	Función	Candado	Remanencia	Parámetros	Comentario
B72		Visualización en el LCD	---	---	Ver detalles a más distancia	
B77		Doble temporización	No	No	Tiempo de marcha : 0H 0M 5S Tiempo de parada : 0H 35M 1S Función Li: - Destello continuo	TEMPO...
B78		Báscula RS	---	---	Prioridad : RESET prioritario	

DISPLAY (Visualización en el LCD)

B19		Visualización en el LCD											
F	A	L	L	O	P	R	E	S	I	O	N	L	1

B20		Visualización en el LCD												
F	A	L	L	O	N	U	M	A	R	R	A	N	L	1

B30		Visualización en el LCD													
F	A	L	L	O	P	R	E	S	I	O	N	C	O	M	P

B31		Visualización en el LCD													
F	A	L	L	O	A	R	R	A	N	C	O	M	P	R	E

B58		Visualización en el LCD											
F	A	L	L	O	P	R	E	S	I	O	N	L	2

B59		Visualización en el LCD												
F	A	L	L	O	N	U	M	A	R	R	A	N	L	2

B71		Visualización en el LCD											
F	A	L	L	O	P	R	E	S	I	O	N	L	3

B72		Visualización en el LCD												
F	A	L	L	O	N	U	M	A	R	R	A	N	L	3

1.4 Tubería

PROPIEDADES	UNIDADES	METODO PRUEBA	PA 12
DENSIDAD	-	ASTM D 792	1,04
PTO. FUSION	°C	ASTM D 789	168-174
ABSORCION DE AGUA EN EL EQUILIBRIO			
20°C 65%HR	%	-	0,6
20°C 100%HR	%	-	1,2
RESISTENCIA A LA TRACCION Y ROTURA	N/mm ²	ISOR527	60
ALARGAMIENTO A LA ROTURA	%	ASTM D 638 / ISO R527	250-300
MODULO DE ELASTICIDAD A LA FLEXION	N/mm ²	ASTM D 7920 / ISO 178	350
TEMP. DE			
DEFORMACION BAJO CARGA		ASTM D 648	
0,46N/mm ²	°C	ISO 75	125
1,81N/mm ²	°C		75

FACTOR DE CORRECCION EN FUNCION DE LA TEMPERATURA (-20°C ÷ +90°C)

-20°C	0°C	20°C	40°C	60°C	80°C	90°C
1,8	1,4	1	0,7	0,5	0,45	0,38

PRESION DE SERVICIO

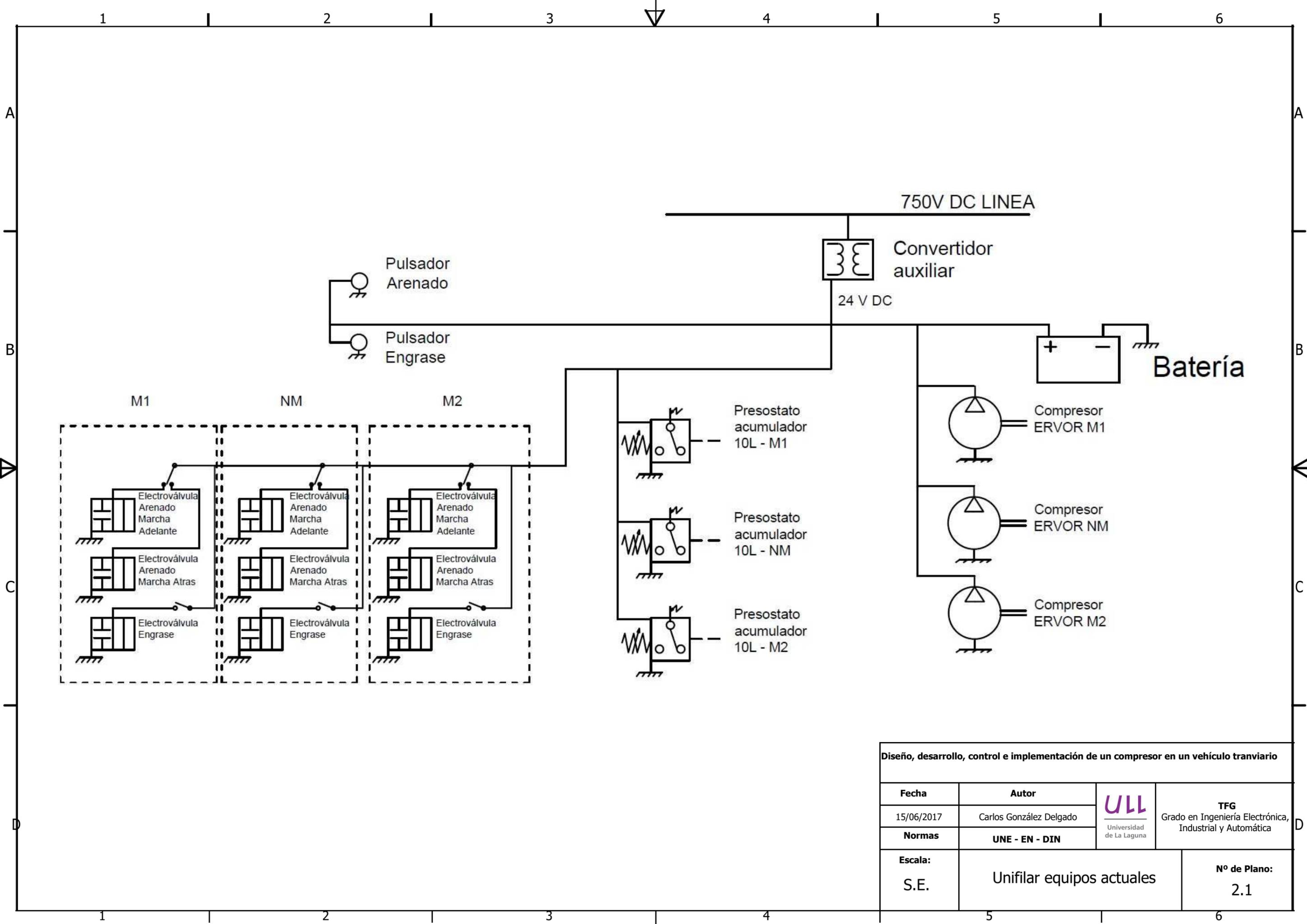
Para la determinación de la presión de servicio se ha adoptado un coeficiente de seguridad 3.

Esto puede variar según el tipo de aplicación y está comprendido entre 3 y 5.

1.5 Electroválvulas

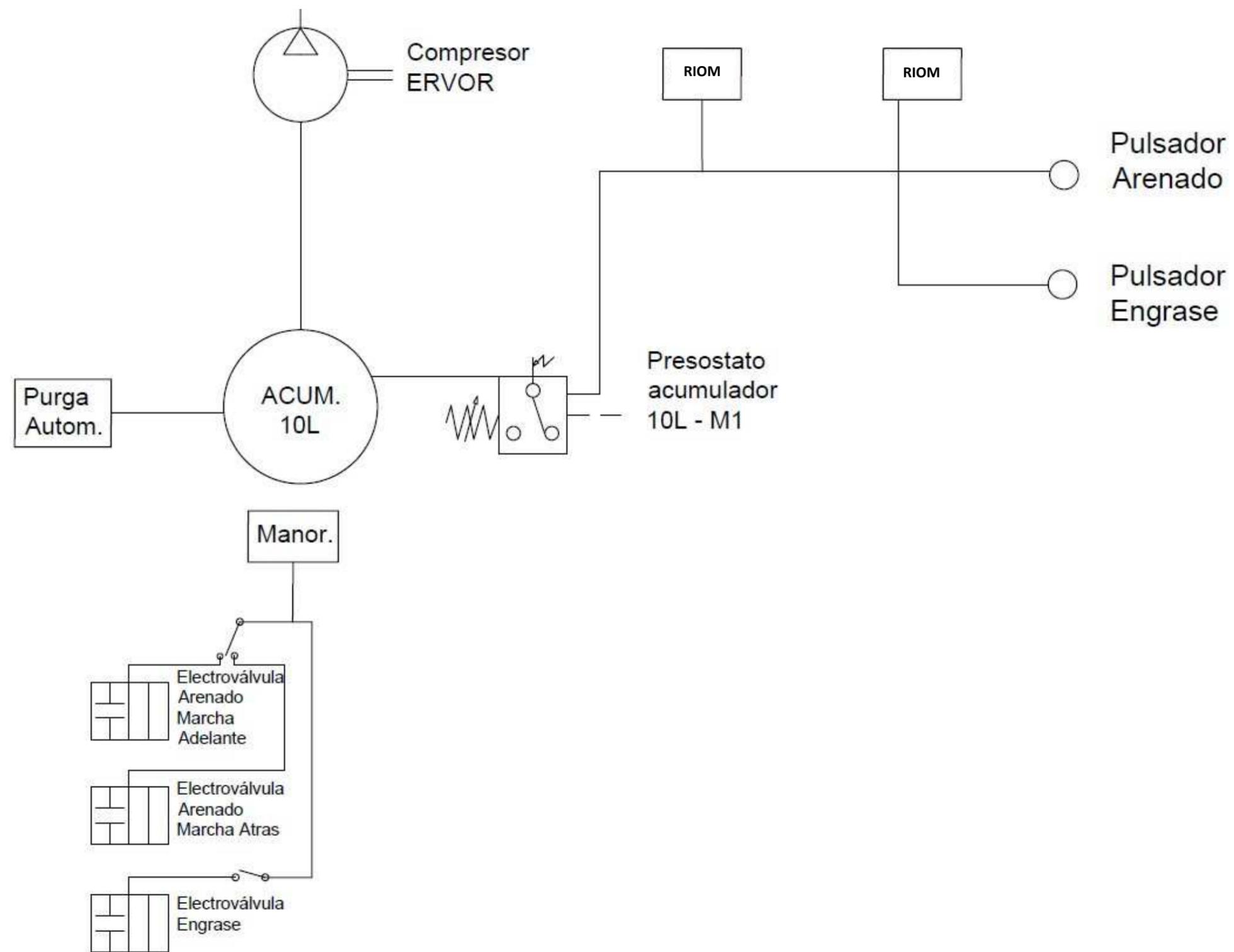
Tensión de Alimentación	24 V DC
Número de Puertos	3
Funcionamiento	Directo
Conexión	Hembra G de 1/4 pulg.
Tamaño de la Conexión	1/4plg
Posición de la Válvula por Defecto	Común
Aplicaciones Recomendadas	Vapor
Tipo	3/2
Diámetro del Orificio	2.2mm
Material del Cuerpo	Latón
Presión de Funcionamiento Máxima	1 MPa
Rango de Temperatura de Funcionamiento	-20 → +60 °C
Temperatura de Funcionamiento Mínima	-20°C
Temperatura Máxima de Funcionamiento	+60°C
Género de la Conexión	Hembra
Serie	VX32
Rosca Estándar o Tipo de Conexión	G

ANEXOS 2: Planos



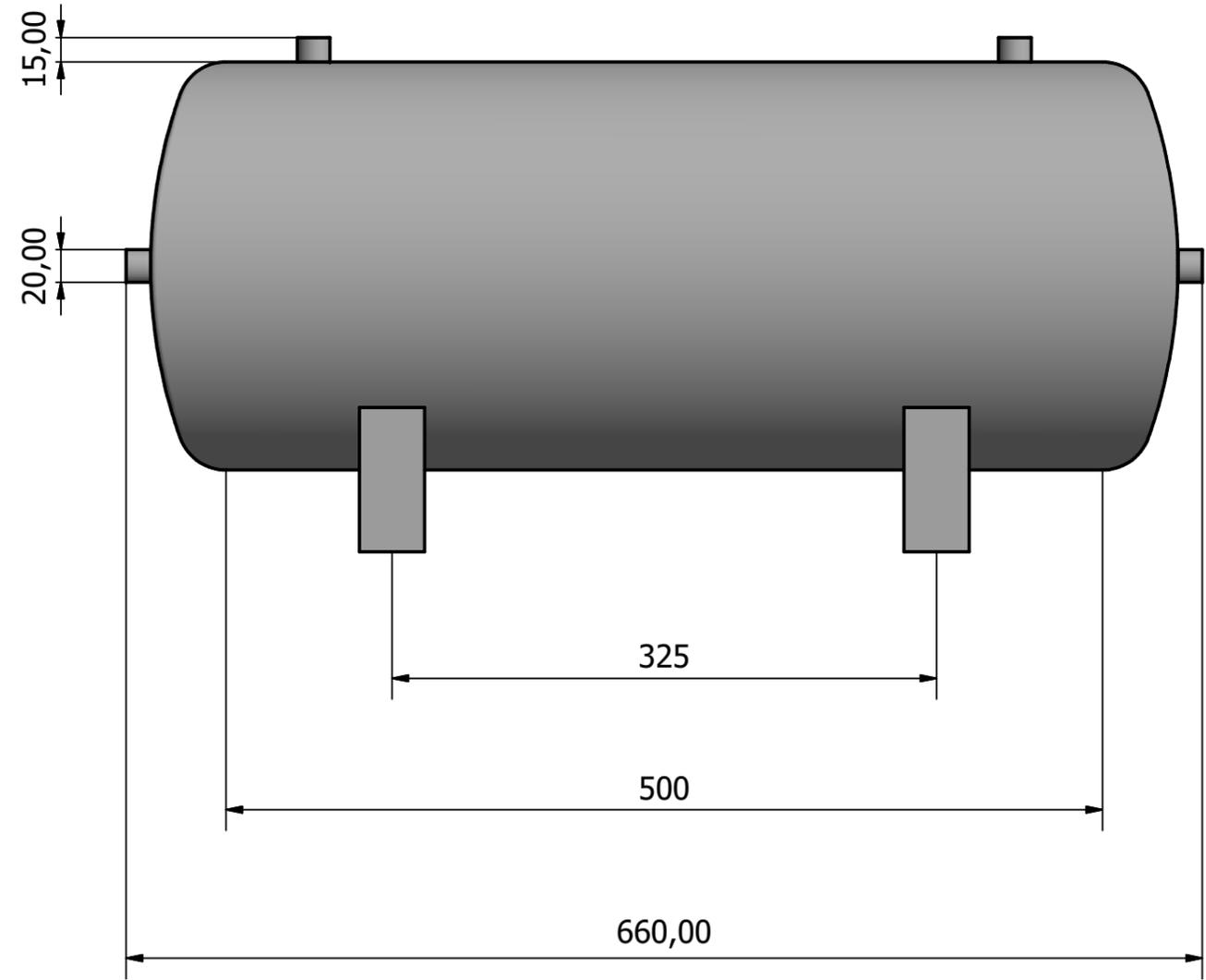
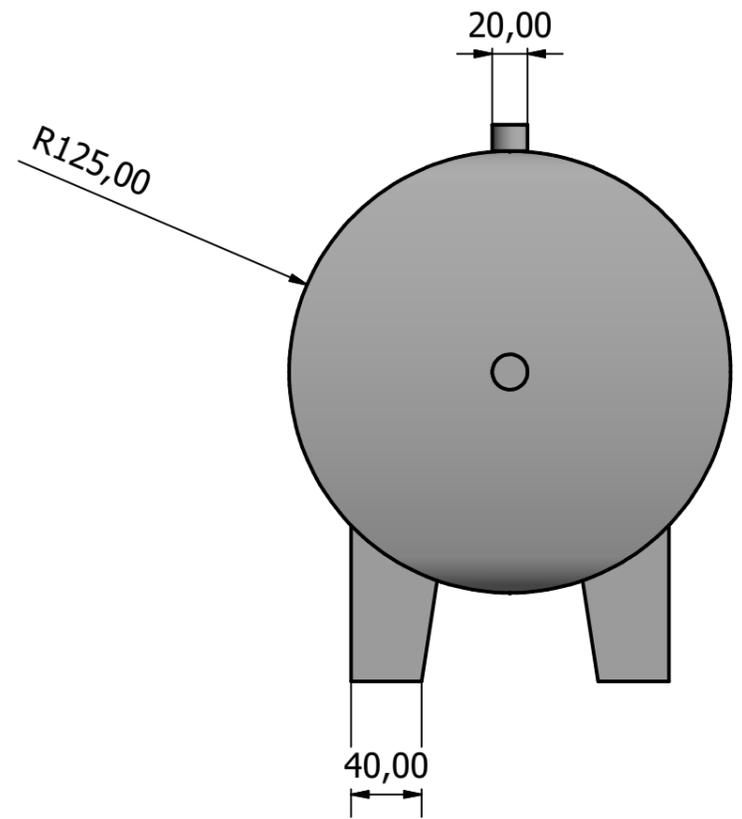
Diseño, desarrollo, control e implementación de un compresor en un vehículo tranviario

Fecha	Autor	 ULL Universidad de La Laguna	TFG Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática
15/06/2017	Carlos González Delgado		
Normas	UNE - EN - DIN		
Escala:	Unifilar equipos actuales		Nº de Plano:
S.E.			2.1

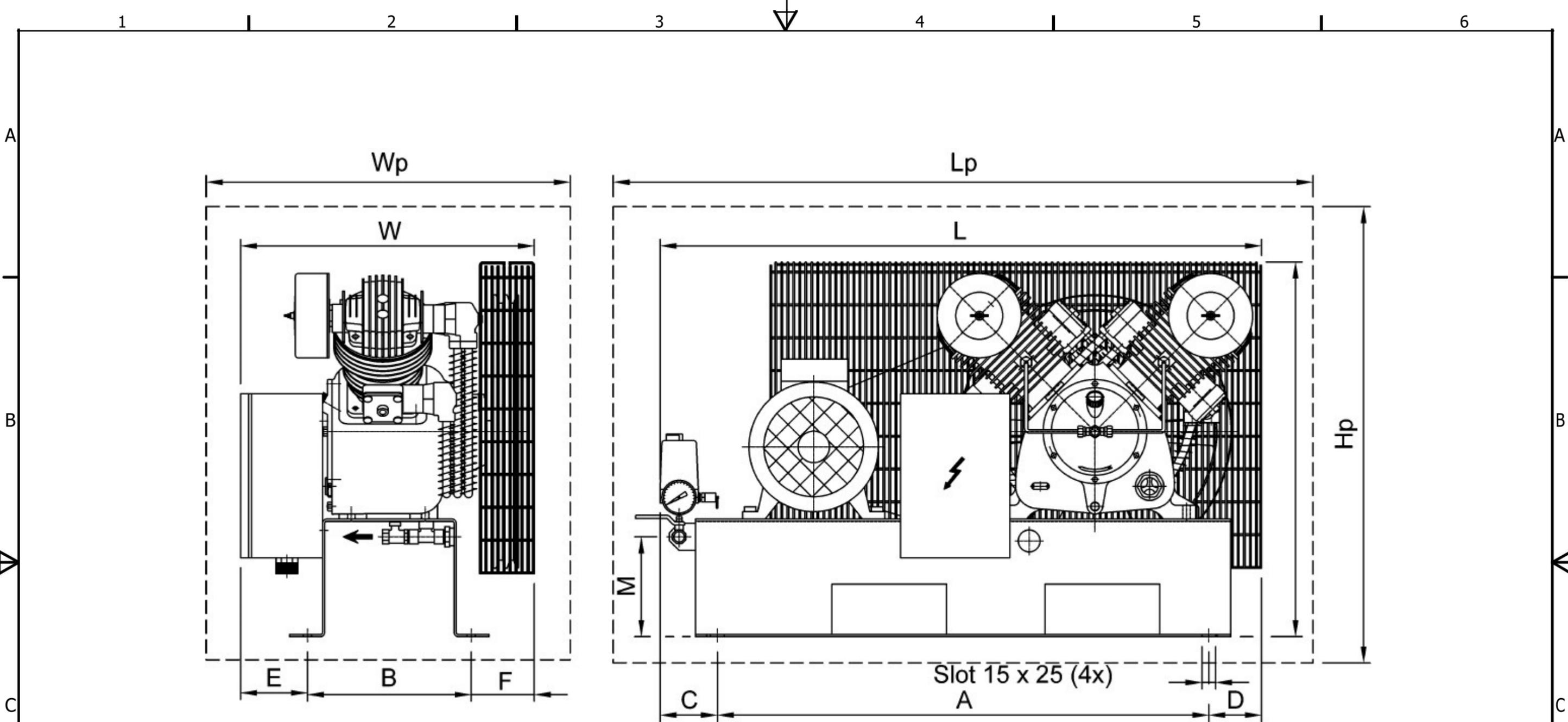


Diseño, desarrollo, control e implementación de un compresor en un vehículo tranviario			
Fecha	Autor	 ULL Universidad de La Laguna	TFG Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática
15/06/2017	Carlos González Delgado		
Normas	UNE - EN - DIN		
Escala:	Esquema comunicaciones actuales		Nº de Plano:
S.E.			2.2

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	2	calderin	



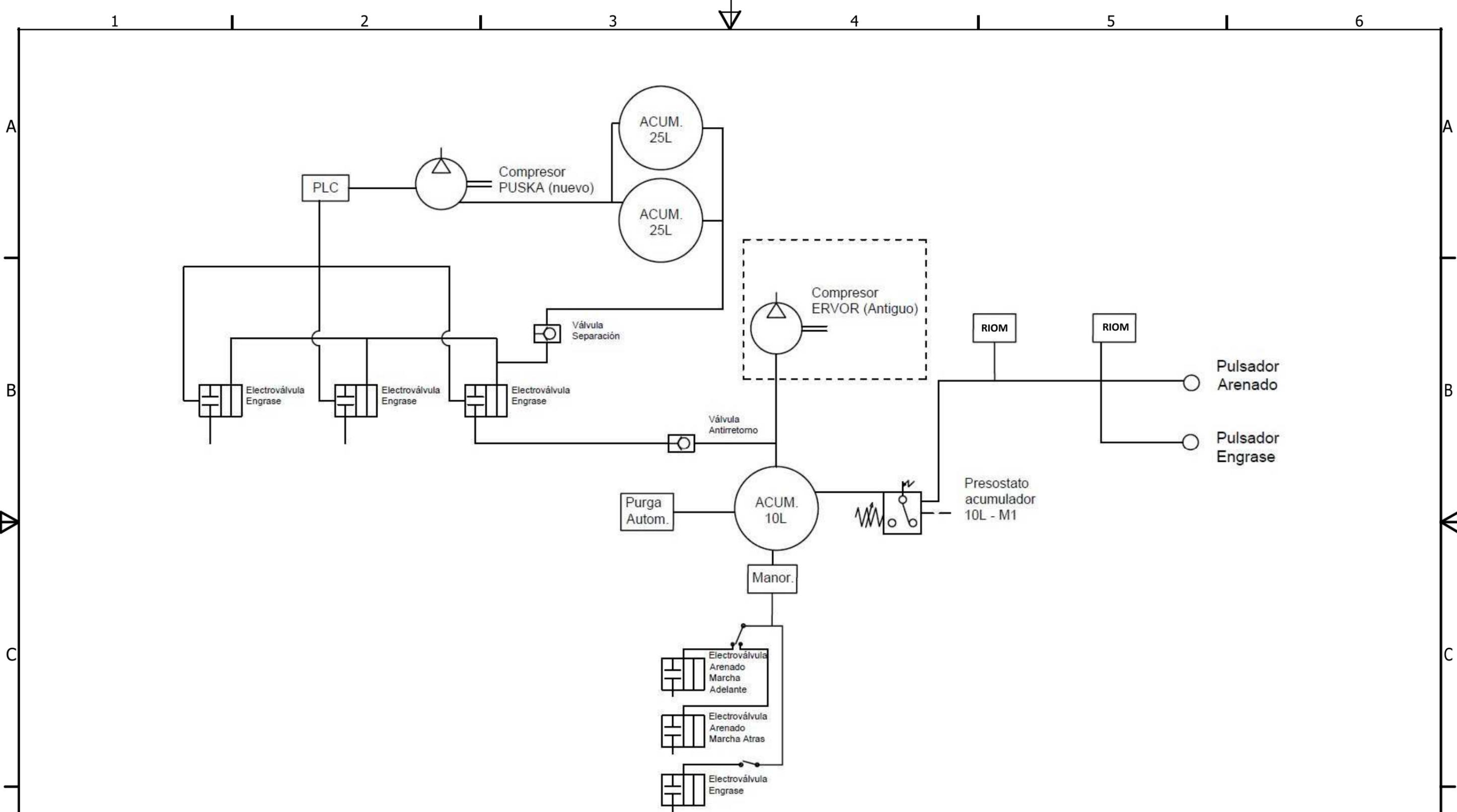
Diseño, desarrollo, control e implementación de un compresor en un vehículo tranviario			
Fecha	Autor		TFG Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática
15/06/2017	Carlos González Delgado		
Normas	UNE - EN - DIN		
Escala:	Plano acumulador 25L CR-25	Nº de Plano:	
1:4		2:3	



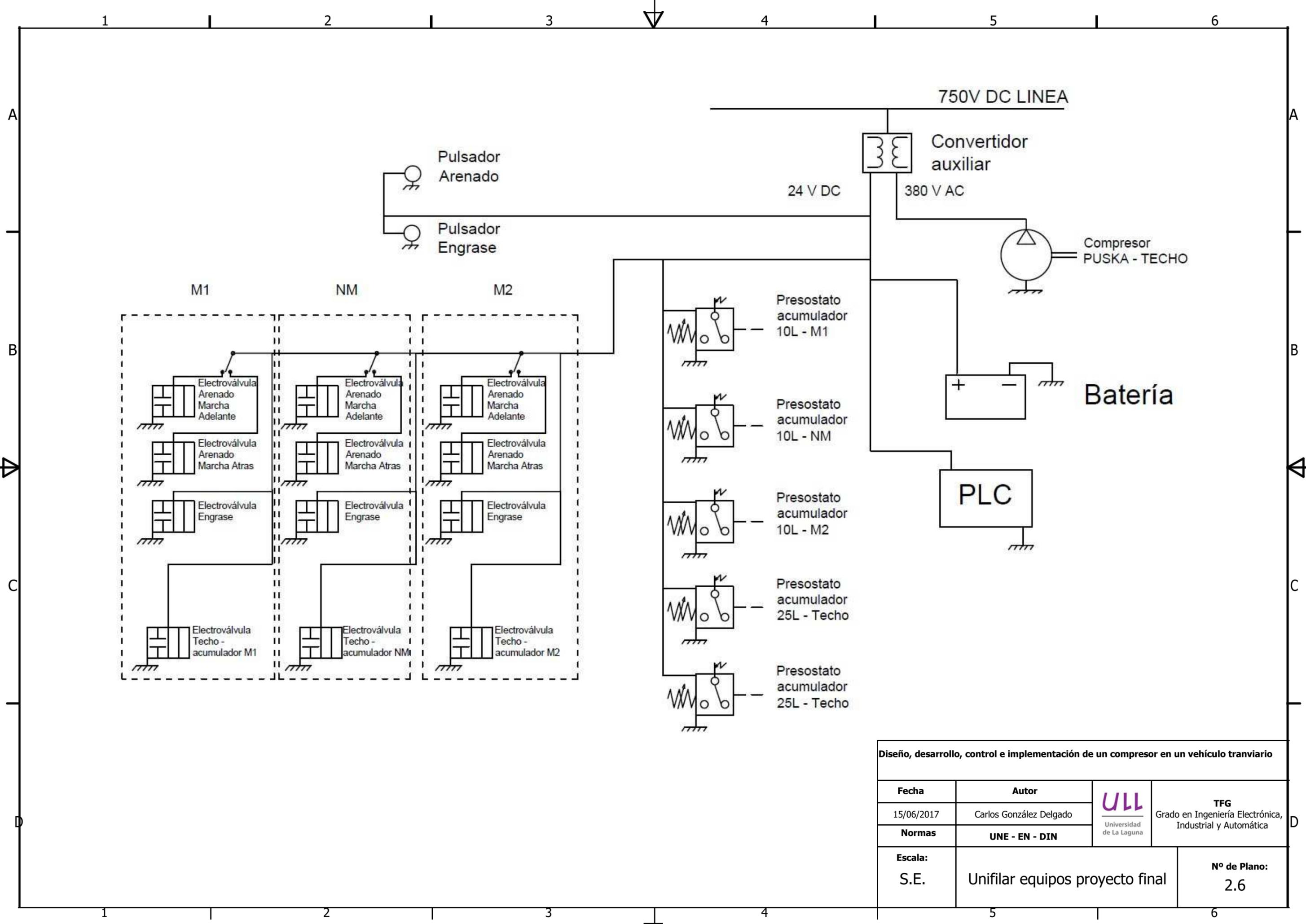
A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	M (mm)	L (mm)	W (mm)	H (mm)
500	200	90	85	30	98	60	675	328	440

Diseño, desarrollo, control e implementación de un compresor en un vehículo tranviario

Fecha	Autor	 ULL Universidad de La Laguna	TFG Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática
15/06/2017	Carlos González Delgado		
Normas	UNE - EN - DIN		
Escala:	S.E.		Nº de Plano: 2.4
	Plano dimensiones PUSKA N-450-NM III		



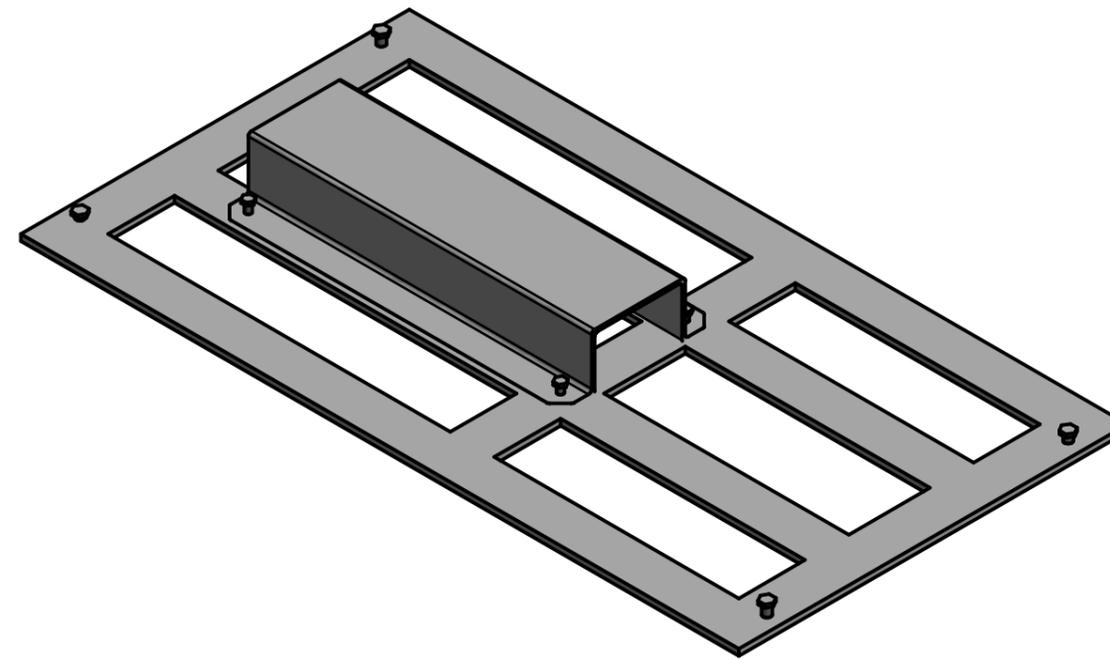
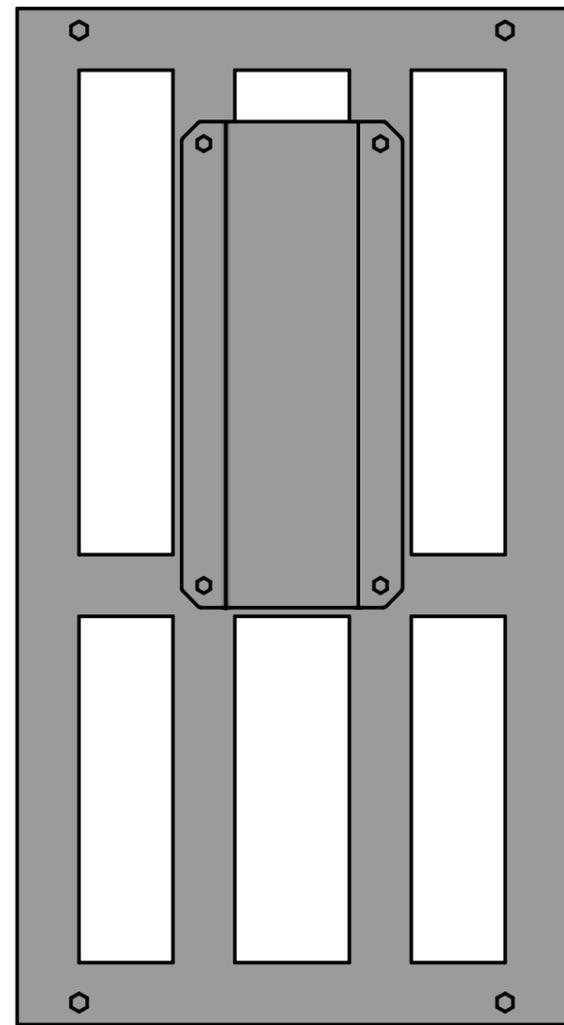
Diseño, desarrollo, control e implementación de un compresor en un vehículo tranviario			
Fecha	Autor	 ULL Universidad de La Laguna	TFG Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática
15/06/2017	Carlos González Delgado		
Normas	UNE - EN - DIN		
Escala:	Esquema comunicación proyecto final		Nº de Plano:
S.E.			2.5



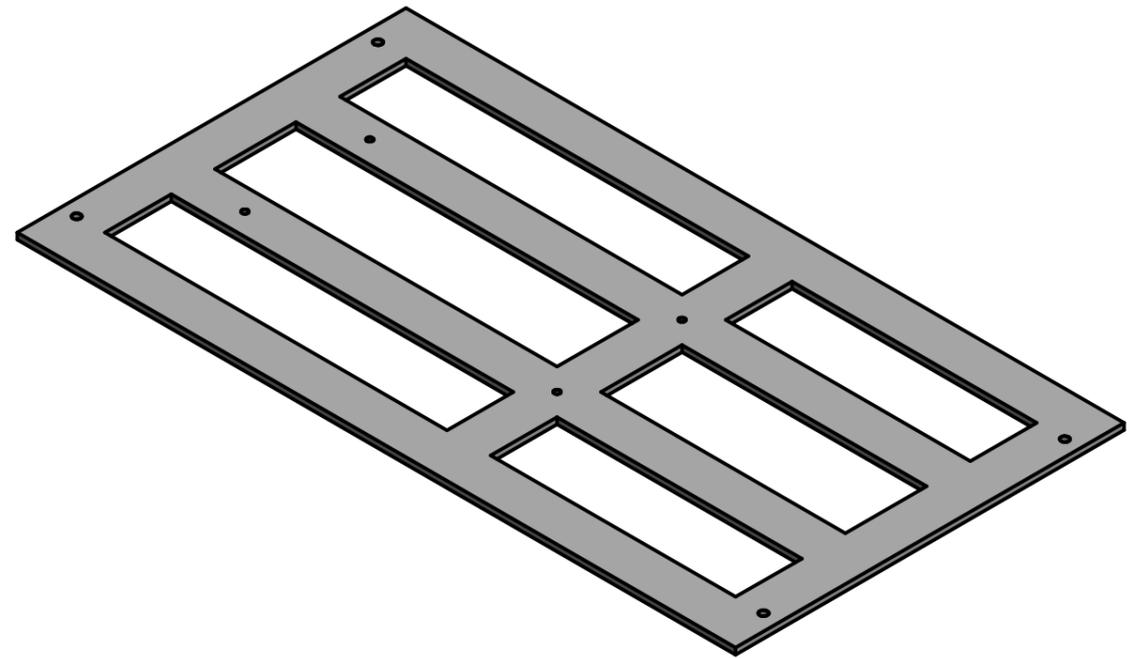
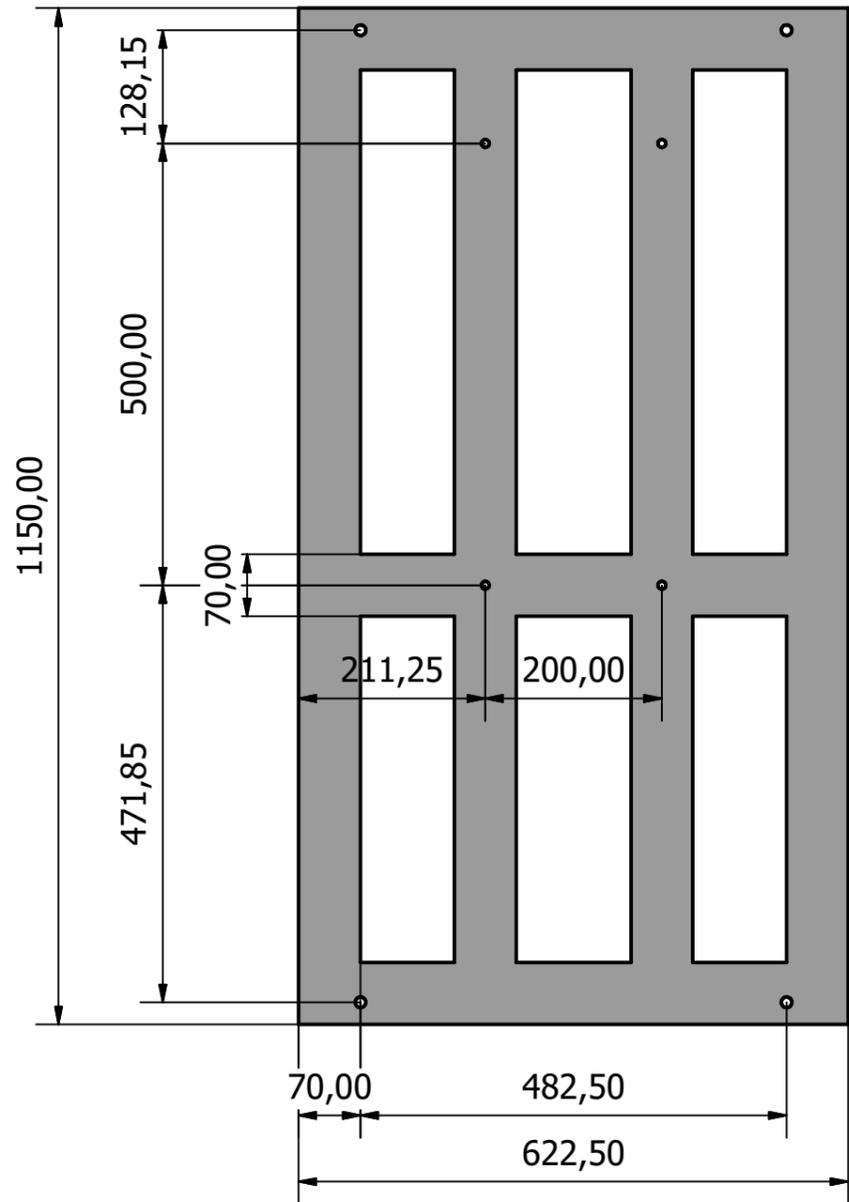
Diseño, desarrollo, control e implementación de un compresor en un vehículo tranviario			
Fecha	Autor	 ULL Universidad de La Laguna	TFG Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática
15/06/2017	Carlos González Delgado		
Normas	UNE - EN - DIN		
Escala:	Unifilar equipos proyecto final		Nº de Plano:
S.E.			2.6



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Basidor Bancada y electrovalvulas	
2	1	Bancada	
3	4	Tornillo 9mm	
4	4	Tornillo 12mm	



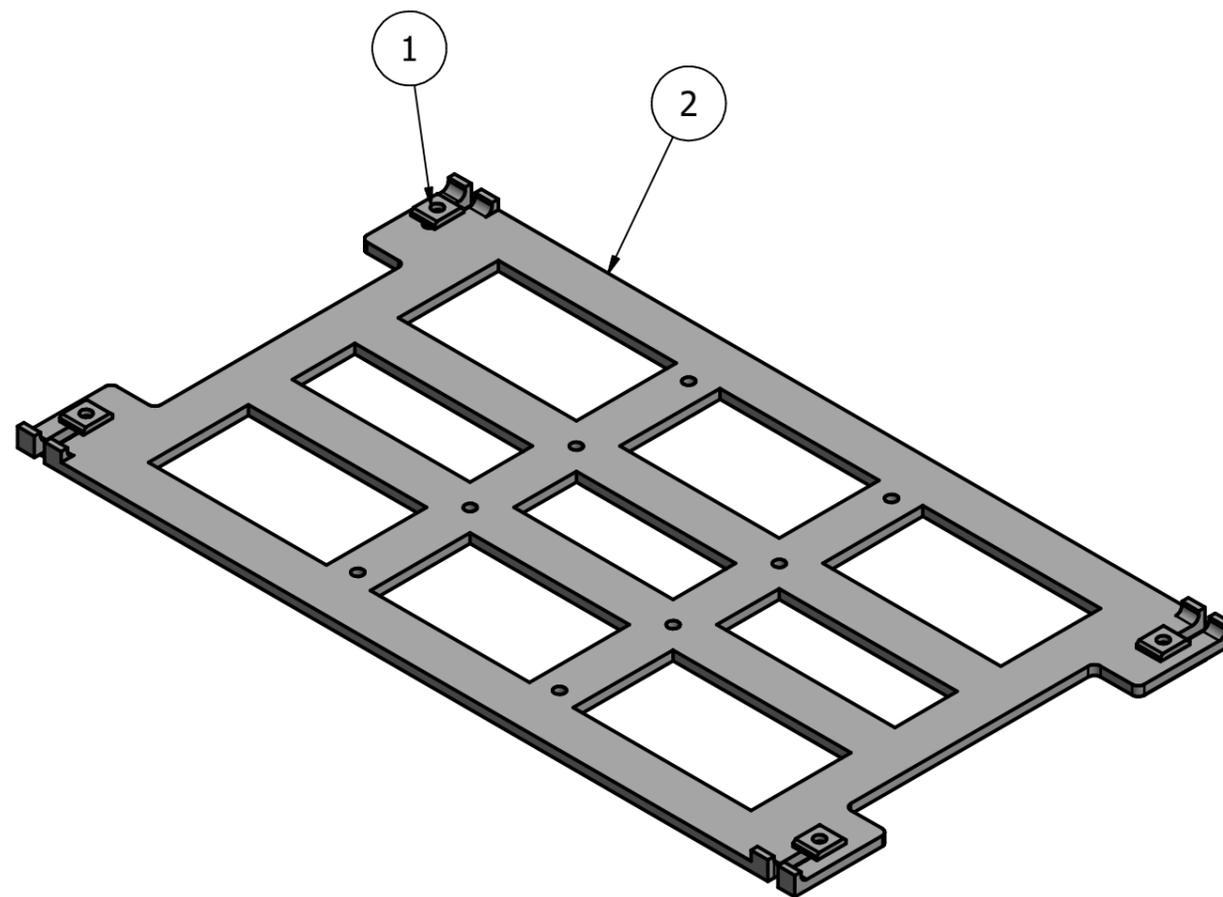
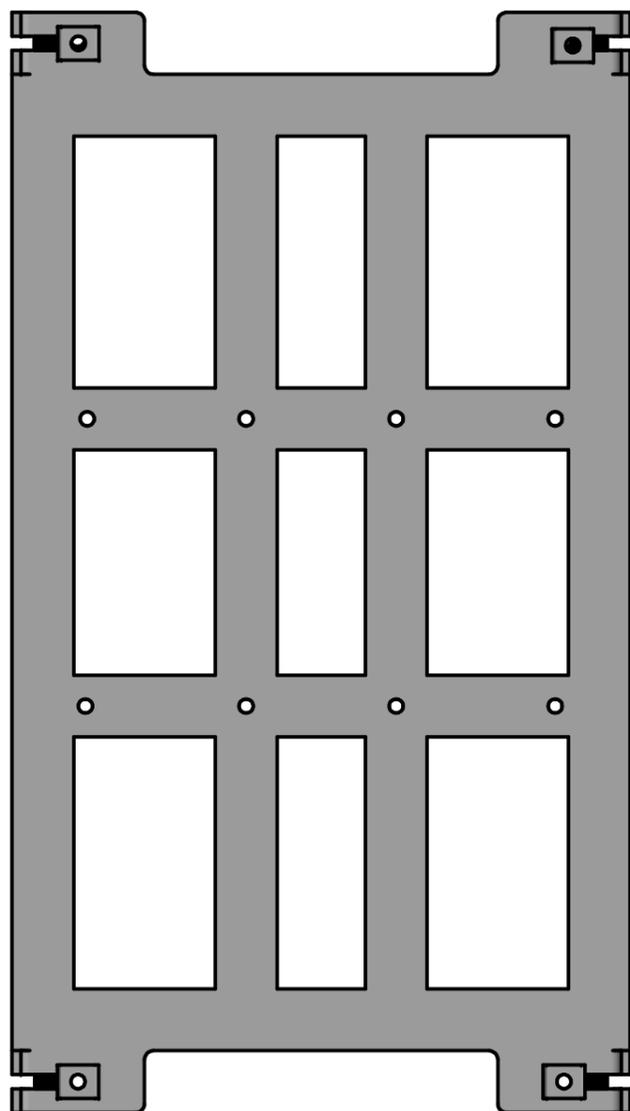
Diseño, desarrollo, control e implementación de un compresor en un vehículo tranviario			
Fecha	Autor		TFG Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática
15/06/2017	Carlos González Delgado		
Normas	UNE - EN - DIN		
Escala:			Nº de Plano:
1:8	Plano ensamblaje bastidor compresor 1		2.7



Diseño, desarrollo, control e implementación de un compresor en un vehículo tranviario			
Fecha	Autor		TFG Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática
15/06/2017	Carlos González Delgado		
Normas	UNE - EN - DIN		
Escala: 1:8	Plano ensamblaje bastidor compresor 2		Nº de Plano: 2.8

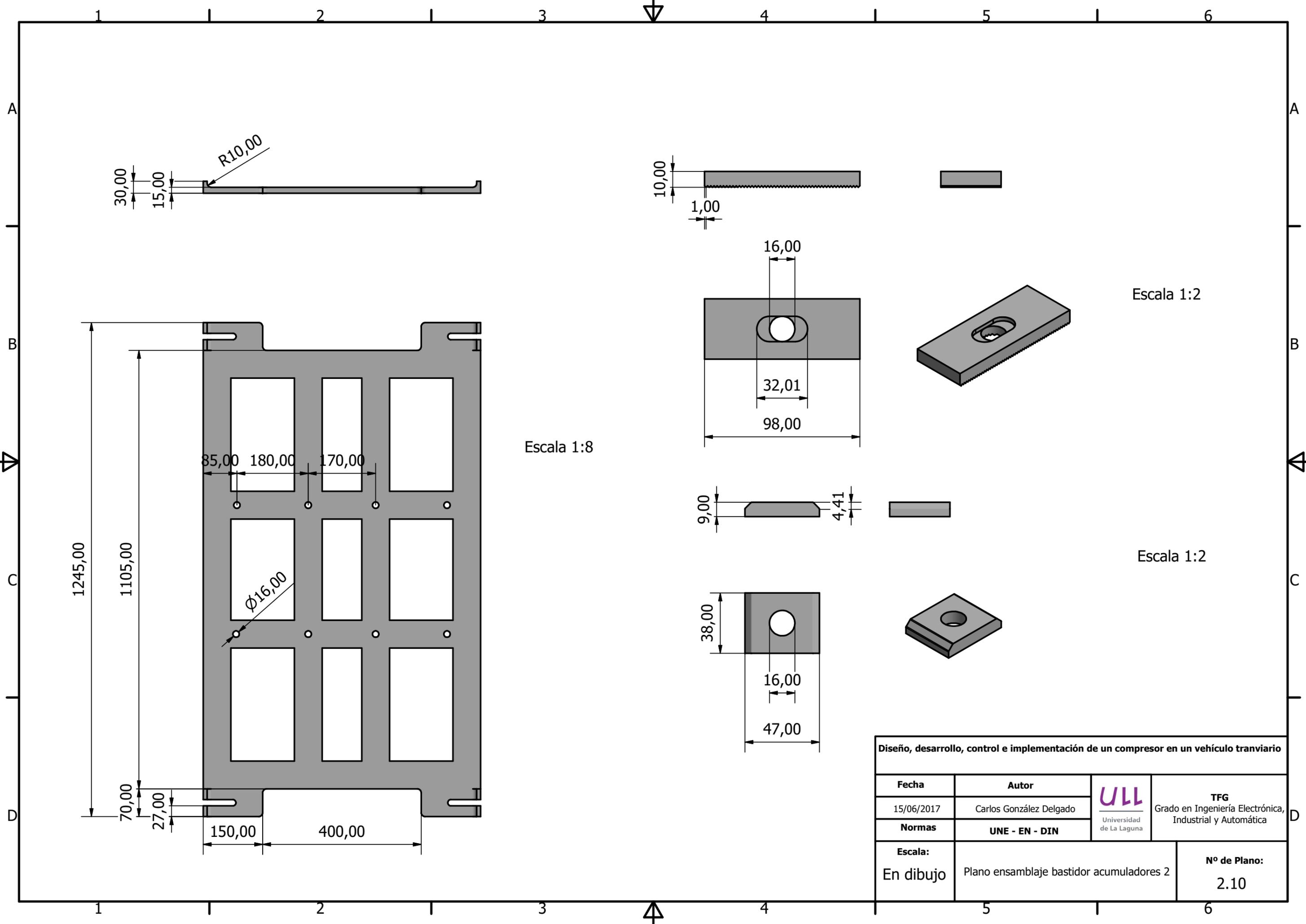


LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	4	Arandela galleta	
2	1	Bastidor Acumuladores	
3	4	Galleta Techo	



Diseño, desarrollo, control e implementación de un compresor en un vehículo tranviario

Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	TFG Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática
15/06/2017	Carlos González Delgado		
Normas	UNE - EN - DIN		
Escala:			Nº de Plano:
1:8	Plano ensamblaje bastidor acumuladores 1		2.9



30,00
15,00
R10,00

10,00
1,00

16,00
32,01
98,00

Escala 1:2

Escala 1:8

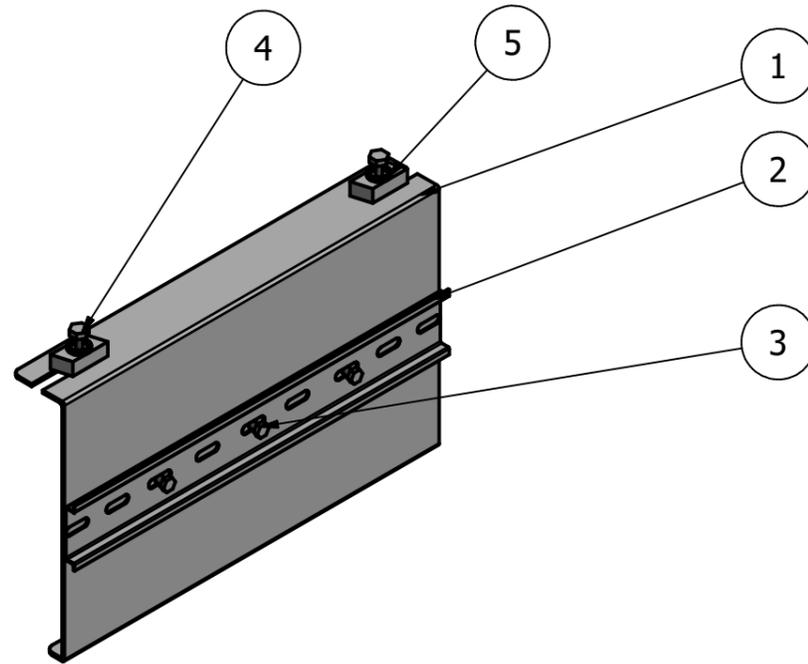
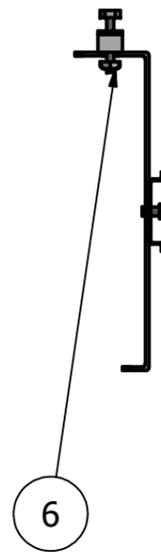
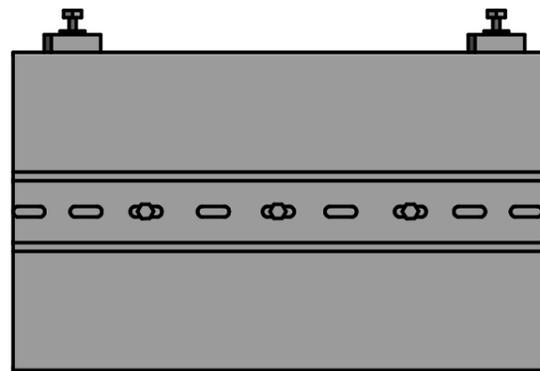
9,00
4,41

Escala 1:2

38,00
16,00
47,00

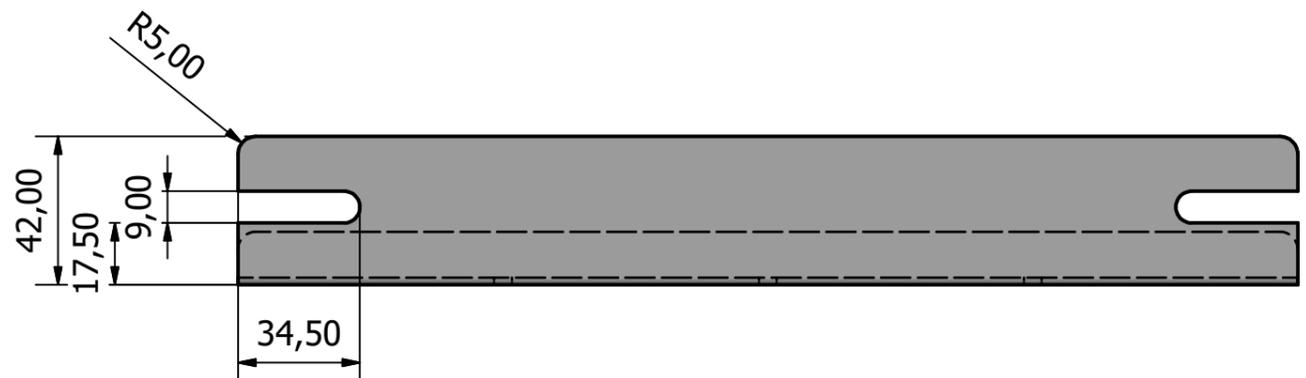
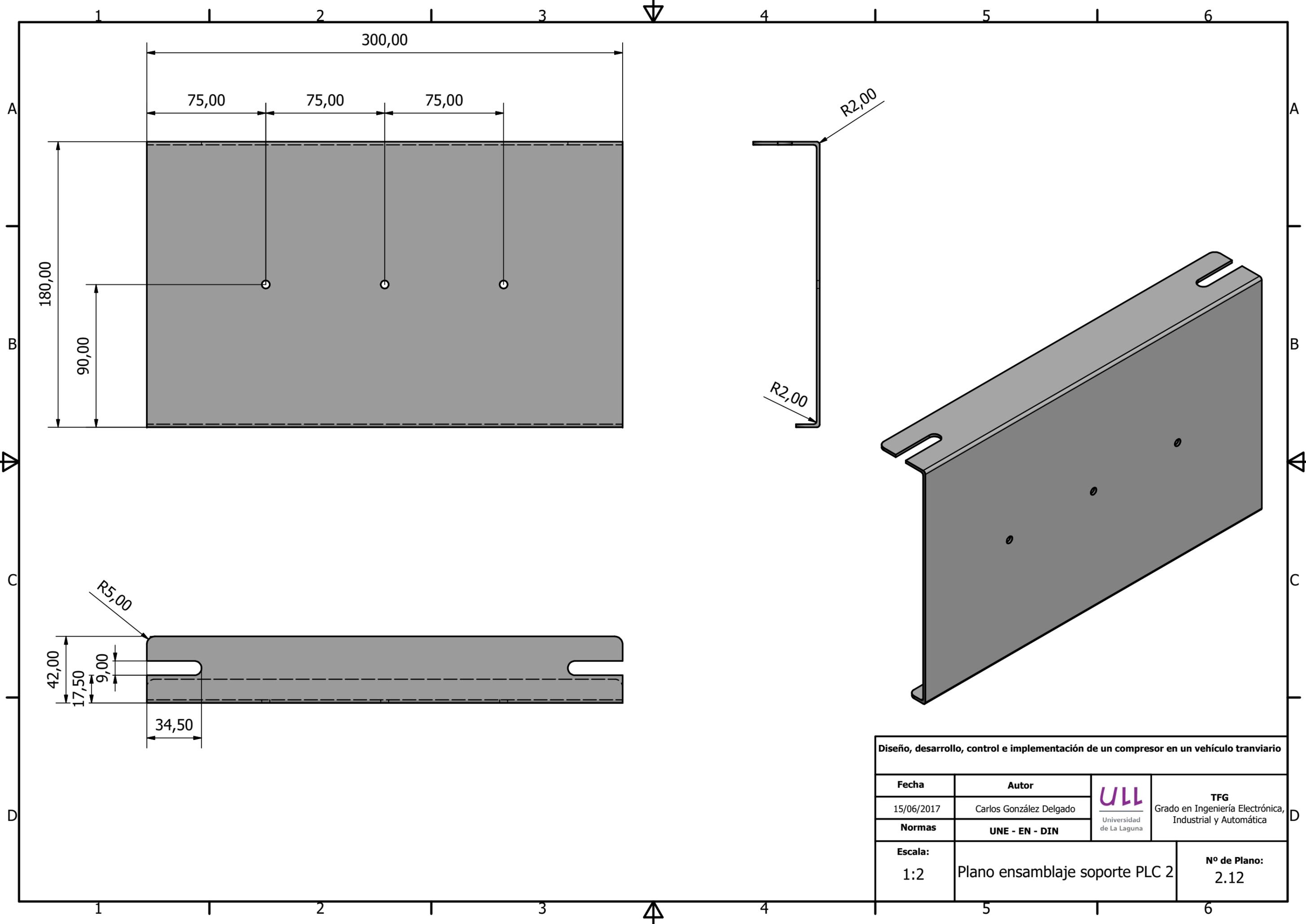
Diseño, desarrollo, control e implementación de un compresor en un vehículo tranviario

Fecha	Autor		TFG Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática
15/06/2017	Carlos González Delgado		
Normas	UNE - EN - DIN		
Escala:	Plano ensamblaje bastidor acumuladores 2		Nº de Plano:
En dibujo			2.10

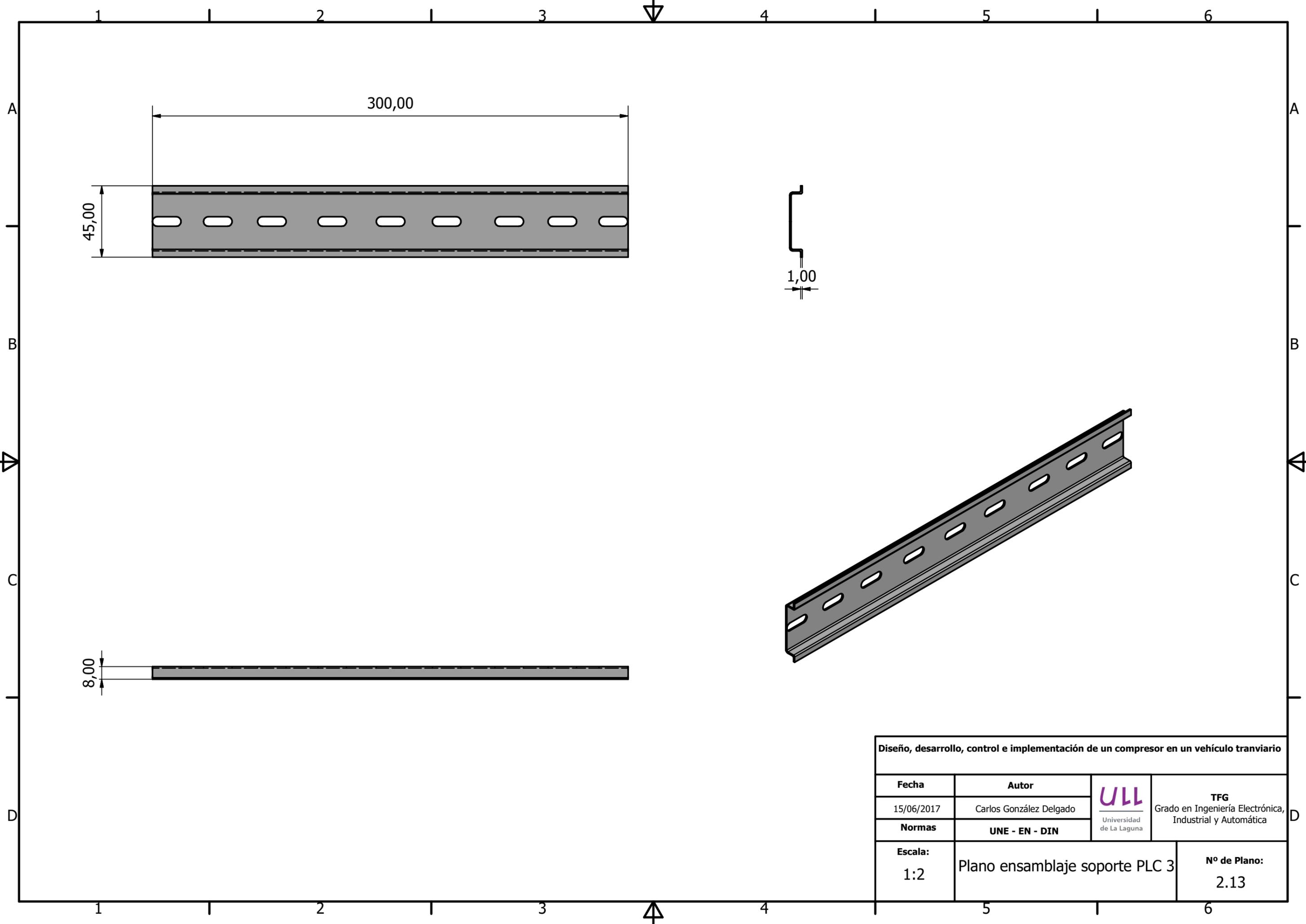


LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Plataforma PLC	
2	1	Perfil Din	
3	3	Tuerca Soporte PLC	
4	2	Tornillo guía PLC	
5	2	Pieza guía PLC	
6	2	Rosca guía PLC	

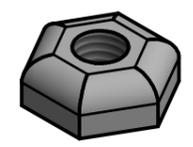
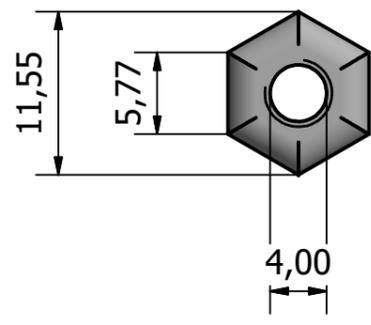
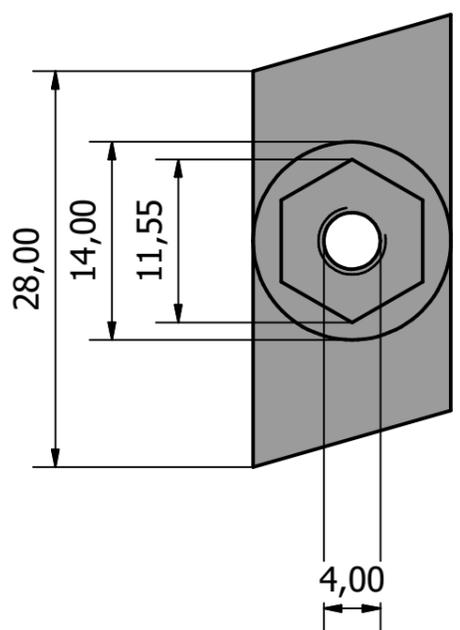
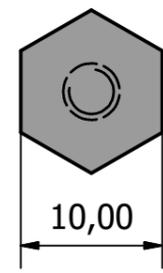
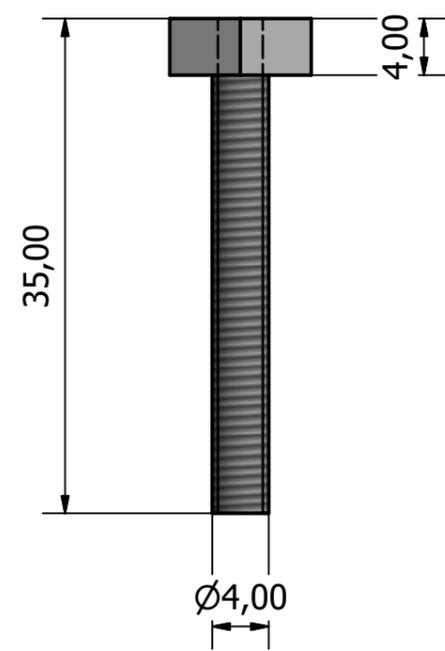
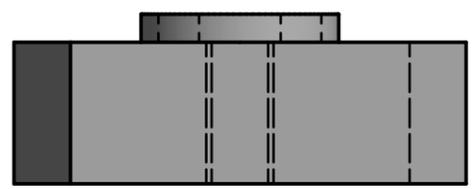
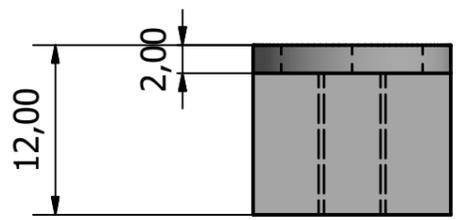
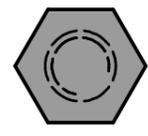
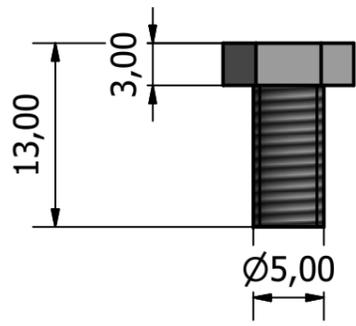
Diseño, desarrollo, control e implementación de un compresor en un vehículo tranviario			
Fecha	Autor		TFG Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática
15/06/2017	Carlos González Delgado		
Normas	UNE - EN - DIN		
Escala:	Plano ensamblaje soporte PLC 1		Nº de Plano:
1:4			2.11



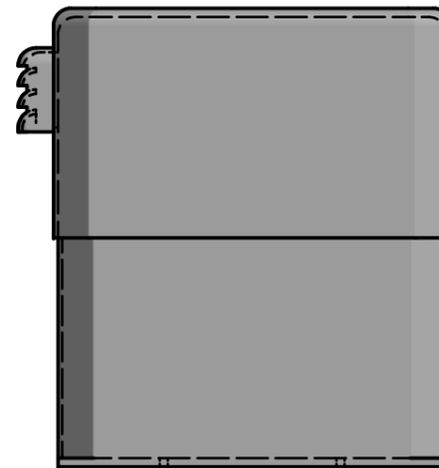
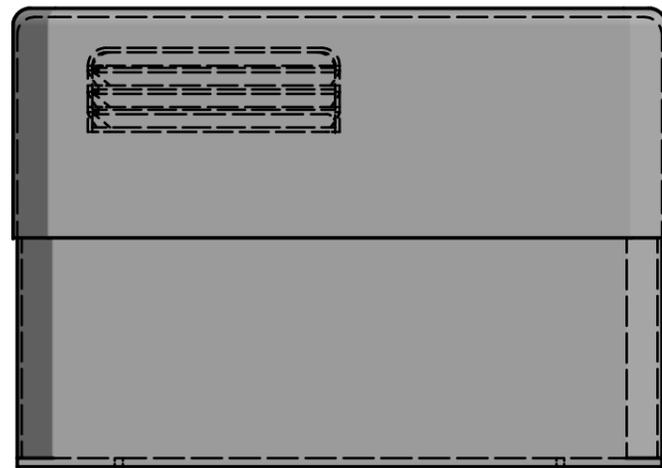
Diseño, desarrollo, control e implementación de un compresor en un vehículo tranviario			
Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	TFG Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática
15/06/2017	Carlos González Delgado		
Normas	UNE - EN - DIN		
Escala:	Plano ensamblaje soporte PLC 2		Nº de Plano:
1:2			2.12



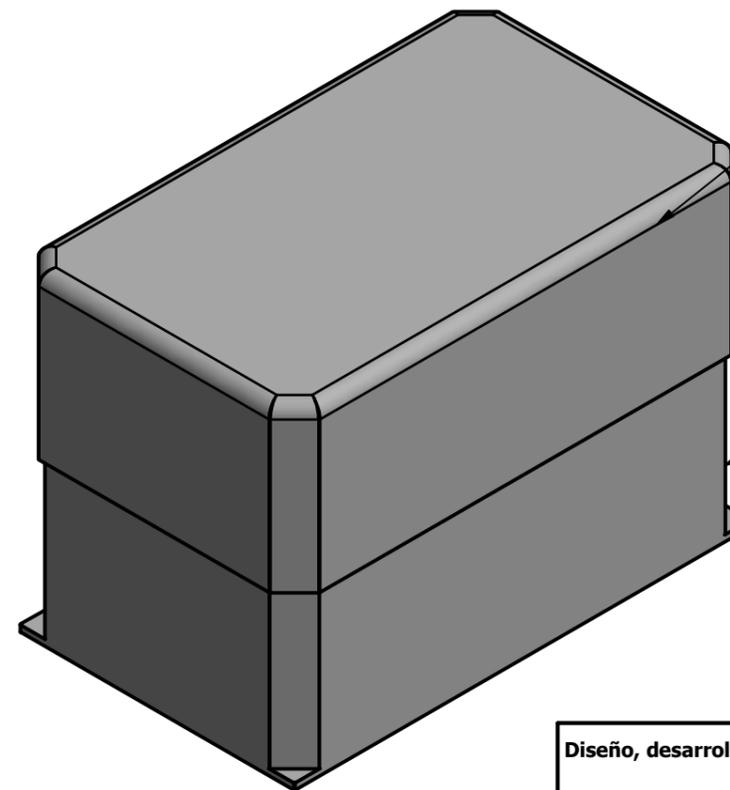
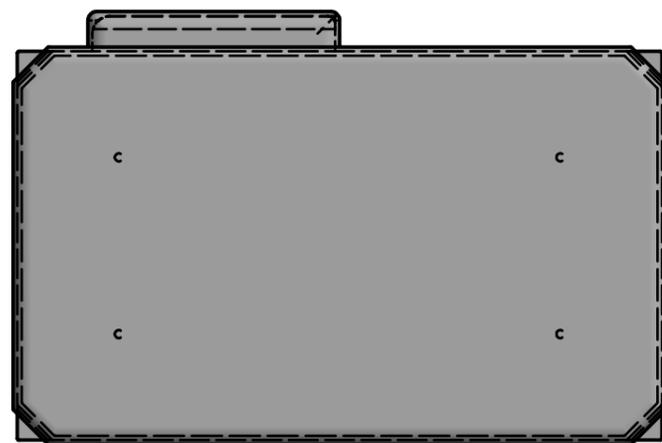
Diseño, desarrollo, control e implementación de un compresor en un vehículo tranviario			
Fecha	Autor		TFG Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática
15/06/2017	Carlos González Delgado		
Normas	UNE - EN - DIN		
Escala: 1:2	Plano ensamblaje soporte PLC 3		Nº de Plano: 2.13



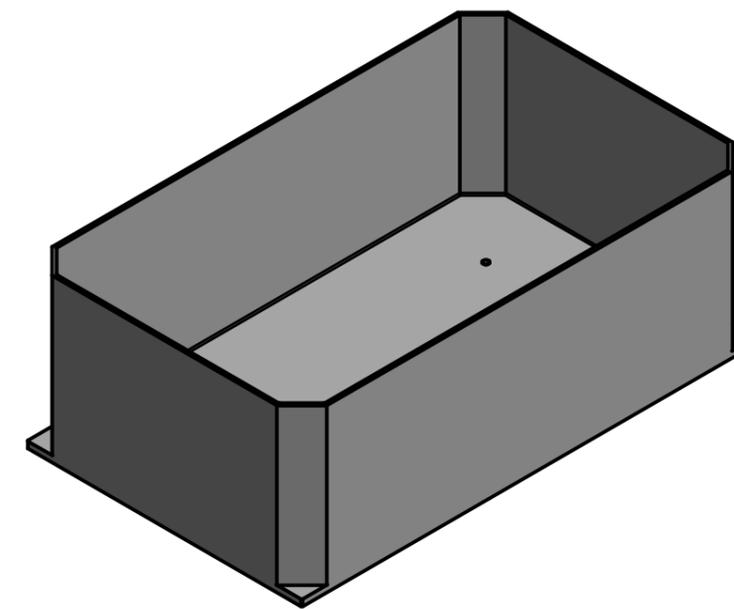
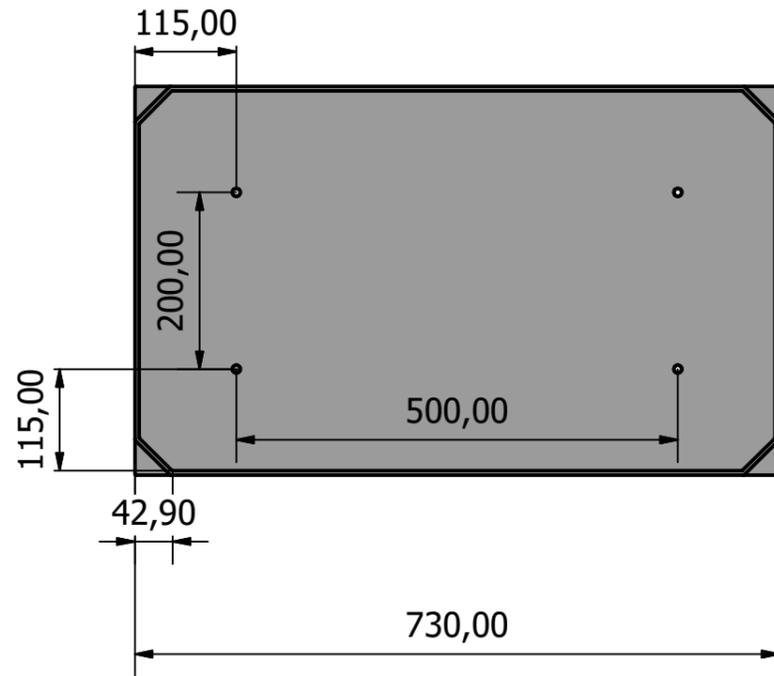
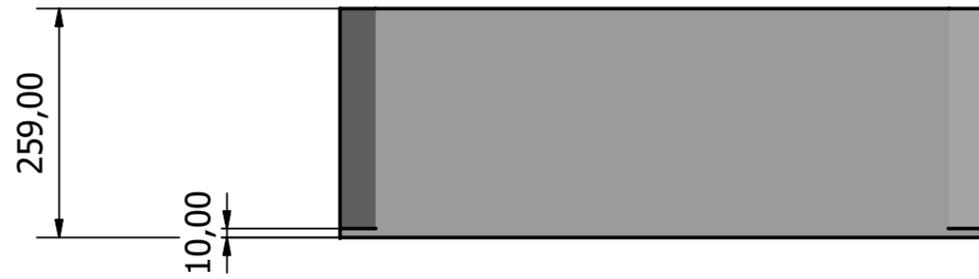
Diseño, desarrollo, control e implementación de un compresor en un vehículo tranviario			
Fecha	Autor		TFG Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática
15/06/2017	Carlos González Delgado		
Normas	UNE - EN - DIN		
Escala:	Plano ensamblaje soporte PLC 4		Nº de Plano:
2:1			2.14



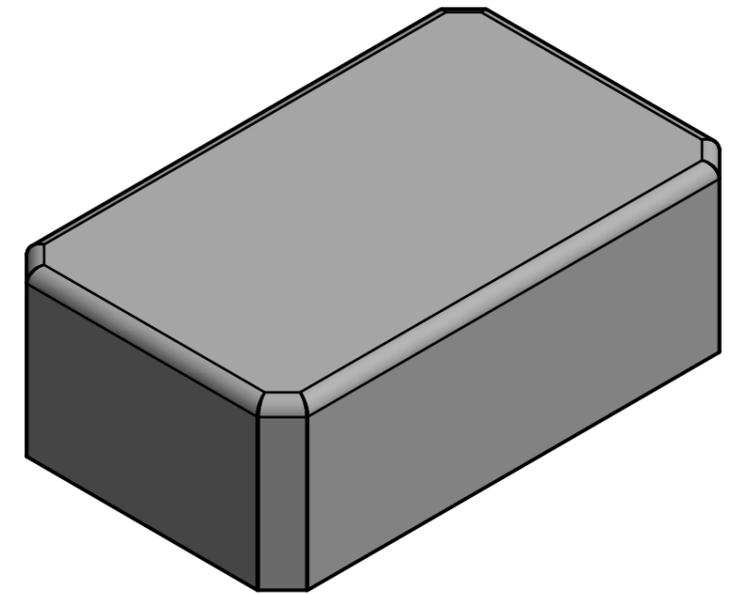
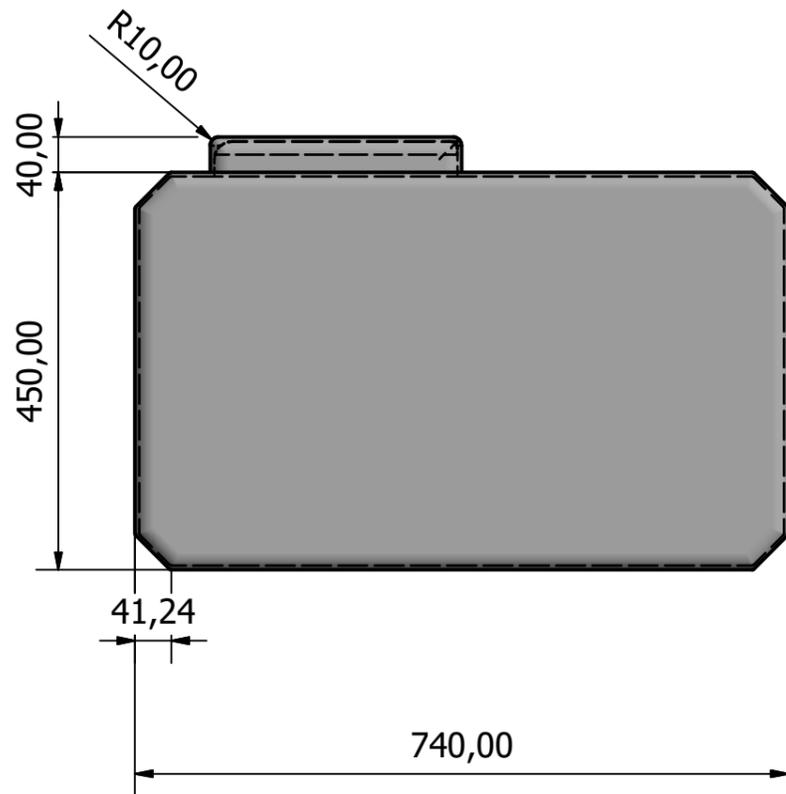
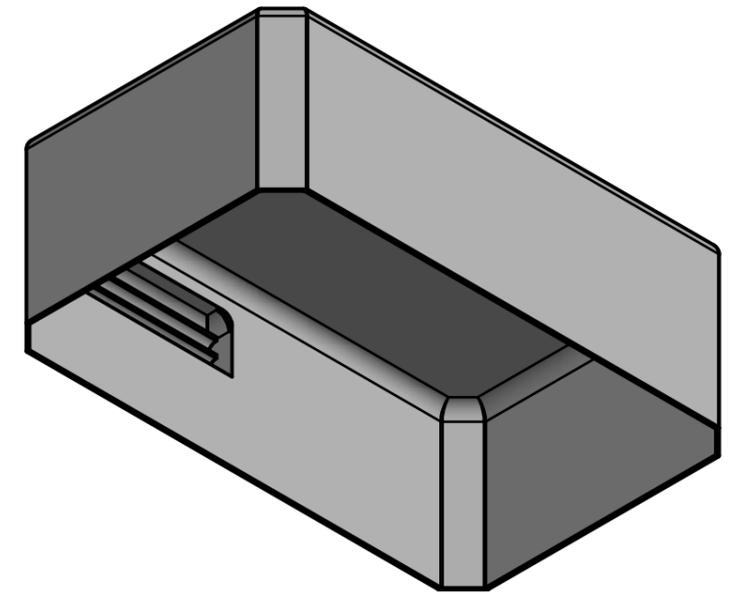
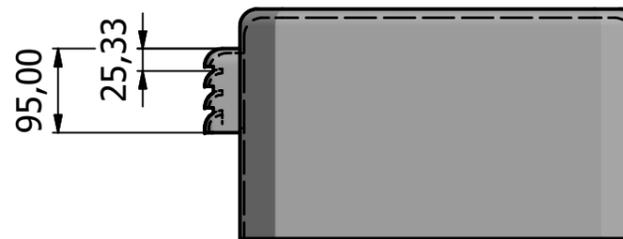
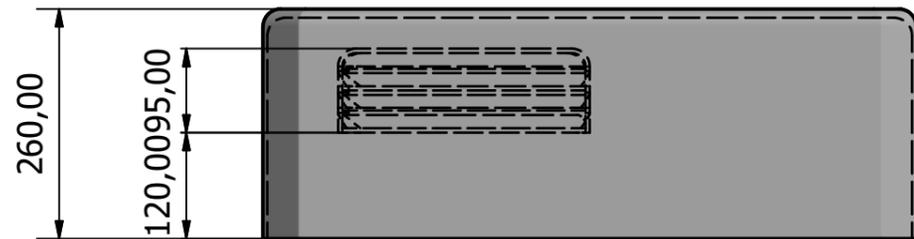
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Base cofre	Base
2	1	Cubierta cofre	Cubierta



Diseño, desarrollo, control e implementación de un compresor en un vehículo tranviario			
Fecha	Autor		TFG Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática
15/06/2017	Carlos González Delgado		
Normas	UNE - EN - DIN		
Escala:	Plano Cofre 1		Nº de Plano:
1:8			2.15



Diseño, desarrollo, control e implementación de un compresor en un vehículo tranviario			
Fecha	Autor		TFG Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática
15/06/2017	Carlos González Delgado		
Normas	UNE - EN - DIN		
Escala:	Plano Cofre 2		Nº de Plano:
1:8			2.16



Diseño, desarrollo, control e implementación de un compresor en un vehículo tranviario			
Fecha	Autor		TFG Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática
15/06/2017	Carlos González Delgado		
Normas	UNE - EN - DIN		
Escala:	Plano Cofre 3		Nº de Plano:
1:8			2.17