



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA
ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE Y SOFTWARE DEL PROTOTIPO ENDOWORM 3.0 PARA REALIZACIÓN DE ENTEROSCOPIAS



Departamento de ingeniería electrónica

Curso: 2016/2017

Autor: Zazo Manzaneque, Roberto

Tutor: Sánchez Díaz, Carlos

Cotutora: Vidaurre Garayo, Ana Jesús

Valencia, septiembre de 2017

“Quiero aprovechar la ocasión para agradecer el apoyo y esfuerzo realizados por el equipo de investigación Endoworm, especialmente a Carlos Sánchez y Ana Vidaurre por darme la oportunidad de pertenecer al equipo de investigación del que tanto he aprendido, así como por aguantar las maratónicas tutorías y horas de corrección para sacar adelante el presente trabajo fin de grado.

Asimismo, en este momento no me puedo olvidar del apoyo incondicional que me ha brindado mi familia y mi pareja durante estos últimos años de universidad, sin el cual todo esto no hubiera sido posible.”

Abstract

Endoworm is an innovative system that is mounted on a conventional endoscope in order to aid the advancement of the endoscope and therefore to perform complete explorations of the small intestine (enteroscopy). It consists mainly of two parts:

An engine or pneumatic translation system composed of three cavities and mounted on the conventional endoscope.

A pneumatic motor control device, it's responsible for controlling the inflation and deflation of the cavities of the pneumatic motor.

The present project will focus solely on the implementation of the pneumatic motor control device. It will consist of a new version of the prototype Endoworm 2.0, which will be called Endoworm 3.0. The purpose is to make a prototype that serves as a better approximation to the clinical applicability in humans of Endoworm.

Resumen

Endoworm es un sistema innovador que se monta sobre un endoscopio convencional con la finalidad de ayudar al avance del endoscopio y por lo tanto poder realizar exploraciones completas del intestino delgado (enteroscopia). Consta principalmente de dos partes:

Un motor o sistema de translación neumático compuesto de tres cavidades y que se monta sobre el endoscopio convencional.

Un dispositivo de control del motor neumático, que es el responsable de controlar el hinchado y deshinchado de las cavidades del motor neumático.

El presente proyecto se centrará únicamente en la implementación del dispositivo de control del motor neumático. Consistirá en la realización de una nueva versión del prototipo *Endoworm 2.0*, que se denominará *Endoworm 3.0*. La finalidad es realizar un prototipo que sirva como una mejor aproximación a la aplicabilidad clínica en humanos del Endoworm.

Resum

Endoworm és un sistema innovador que es munta sobre un endoscopi convencional amb la finalitat d'ajudar a l'avanç de l'endoscopi i per tant poder realitzar exploracions completes de l'intestí prim (enteroscòpia). Consta principalment de dues parts:

Un motor o sistema de translació pneumàtic compost de tres cavitats i que es munta sobre l'endoscopi convencional.

Un dispositiu de control del motor pneumàtic, que és el responsable de controlar l'inflat i desinflat de les cavitats del motor pneumàtic.

El present projecte se centrarà únicament en la implementació del dispositiu de control del motor pneumàtic. Consistirà en la realització d'una nova versió del prototip Endoworm 2.0, que es denominarà Endoworm 3.0. La finalitat és realitzar un prototip que serveixi com una millor aproximació a l'aplicabilitat clínica en humans del Endoworm.

Documentos contenidos en el TFG

- 1. Memoria**
- 2. Planos**
- 3. Pliego de condiciones**
- 4. Presupuesto**



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE Y SOFTWARE DEL PROTOTIPO ENDOWORM 3.0 PARA REALIZACIÓN DE ENTEROSCOPIAS

1. MEMORIA



Departamento de ingeniería electrónica

Curso: 2016/2017

Autor: Zazo Manzaneque, Roberto

Tutor: Sánchez Díaz, Carlos

Cotutora: Vidaurre Garayo, Ana Jesús

Valencia, septiembre de 2017

Índice de la memoria

1.	Justificación del proyecto	1
1.1	Introducción	1
1.2	Análisis de técnicas	6
1.3	Antecedentes del proyecto	9
2.	Objetivos del proyecto	13
3.	Factores a considerar	14
3.1	Normativa	14
3.2	Condiciones del encargo	15
4.	Soluciones alternativas	16
4.1	Sistema Neumático	16
4.1.1	Sistema de calderines	16
4.1.2	Sistema generador de presiones	17
4.1.3	Sistema de válvulas	18
4.1.4	Sistema de conductos	19
4.2	Sistema Electrónico	20
4.2.1	Microcontrolador	20
4.2.2	Sensores de presión	21
4.2.3	Drivers de potencia y transistores de conmutación	23
4.2.4	Pantalla táctil	24
4.2.5	Fuentes de alimentación	25
5.	Descripción detallada de la solución adoptada	26
5.1	Sistemas, subsistemas y conjuntos de componentes del hardware	28
5.1.1	Sistema neumático	28
5.1.2	Sistema electrónico	44
5.1.3	Sistema eléctrico	69

5.1.4	Carcasa	83
5.1.5	Otros componentes	86
5.2	Breve descripción del proceso de fabricación	89
5.3	Programación del software	99
5.3.1	Programa del microcontrolador	100
5.3.2	Programa de la pantalla táctil	125
6.	Conclusiones.....	131
7.	Futuras líneas de trabajo	132
A.	Anexos.....	134
A.1	Bibliografía	134
A.2	Diagrama de la Máquina de Estados Finitos.....	135
A.3	Tabla de Estados – Eventos	136
A.4	Flujogramas del programa del microcontrolador.....	137
A.4.1	Flujograma función principal “main”	137
A.4.2	Flujograma función principal “High_TMR0”	138
A.4.3	Flujograma función principal “Low_TMR1”	139
A.4.4	Flujograma función “inicializar_variables”.....	140
A.4.5	Flujograma función “configurar_isr”	140
A.4.6	Flujograma función “configurar_puertos”.....	141
A.4.7	Flujograma función “borrar_pantalla”.....	141
A.4.8	Flujograma función “enviar”	142
A.4.9	Flujograma función “leer”	142
A.4.10	Flujograma función “mirar_presion”	143
A.4.11	Flujograma funciones “valvula_llenado” y “valvula_vaciado”	144
A.4.12	Flujograma funciones “hinchar_globo” y “deshinchar_globo”	146
A.4.13	Flujograma función “cerrar_todo”	148

A.4.14	Flujograma función “actualizar_evento”	148
A.4.15	Flujograma función “cargar_calderin”	149
A.4.16	Flujograma función “actualizar_accion”	150
A.4.17	Flujograma función “decide_accion”	151
A.4.18	Flujograma función “actulizar_presiones_pantalla”	151
A.4.19	Flujograma función “transiccion”	152
A.4.20	Flujograma función “actulizar_presiones_usuario”	153
A.4.21	Flujograma función “reset_flags_globos”	157
A.4.22	Flujograma función “fijar”	157
A.4.23	Flujograma función “detener”	158
A.4.24	Flujograma función “emergencia”	158
A.5	Código de programación del microcontrolador	159
A.5.1	Código principal (main.c)	159
A.5.2	Librería timers virtuales (Timer.h)	192
A.5.3	Funciones de la librería timers virtuales (Timer.c)	192
A.5.4	Librería de la Maquina de Estados Finitos (MEF.h)	193
A.6	Manual de usuario de programación del microcontrolador	200
A.6.1	Introducción	200
A.6.2	Instalación del software	200
A.6.3	¿Cómo abrir un proyecto?	205
A.6.4	Proceso de programación del microcontrolador	206
A.7	Manual de usuario de programación de la pantalla táctil	208
A.7.1	Descripción del entorno de programación (GP-Pro EX)	208
A.7.2	Proceso de transferencia de un proyecto a la pantalla	216
A.8	Manual de usuario del prototipo Endoworm 3.0.	218
A.9	Tabla de direcciones de memoria de la pantalla táctil	220

A.10	Hojas de características componentes más relevantes	222
A.10.1	Bomba de pistón KNF-NPK09DC (Bomba de llenado).....	222
A.10.2	Bomba de diafragma (Bomba de vaciado).....	224
A.10.3	Calderines de llenado y vaciado (1SBCV2)	226
A.10.4	Soporte de los calderines	228
A.10.5	Electroválvulas (Serie NxS 3/2 NC a 12 V)	229
A.10.6	Conectores eléctricos de las electroválvulas (Serie KB negro)	233
A.10.7	Válvula de accionamiento manual (VM1000-4N-02)	234
A.10.8	Interruptor de programación-ejecución (1MD1T1B1M1QES-1).....	235
A.10.9	Ventilador (SF23080A/2083HSL.GN).....	238
A.10.10	Patas ajustables (A040/004).....	239
A.10.11	Fuente de alimentación MPT-45C	241
A.10.12	Fuente de alimentación MPS-30-24.....	243
A.10.13	Fuente de alimentación MPS-45-12.....	245
A.10.14	Fuente de alimentación RSP-75-24	247
A.10.15	Carcasa fuentes de alimentación.....	249
A.10.16	Pantalla táctil.....	251
A.10.17	Microcontrolador PIC18F4550.....	253
A.10.18	Cables eléctricos	255
A.10.19	Cable RJ45	256
A.10.20	Cable comunicaciones pantalla con placa de control	257
A.10.21	Tuberías semirígidas	259
A.10.22	Tuberías flexibles de silicona	261
A.10.23	MOSFET BUZ11	263
A.10.24	Relé de la placa de potencia.....	265

1. Justificación del proyecto

En la memoria del presente proyecto, se detalla el diseño de un dispositivo de control para un nuevo sistema de avance de un endoscopio por el intestino delgado, es decir, para la realización de enteroscopias.

Dicho sistema de avance está constituido por tres cavidades que funcionando en conjunción tienen como objetivo final el avance del enteroscopio por el tracto del tubo digestivo.

Antes de proceder a justificar la necesidad de realizar el presente proyecto, se debe exponer la situación actual de las técnicas para la realización de exploraciones del intestino delgado.

1.1 Introducción

Una endoscopia es una técnica de exploración visual de una cavidad o conducto de un organismo que se realiza mediante un endoscopio.

Un endoscopio es un instrumento que consta de un tubo semiflexible, en cuyo interior se encuentran componentes que permiten: iluminar con luz fría, obtener imagen de video, controlar la punta flexible y una serie de canales que sirven como pasaje de aire, agua e incluso instrumental quirúrgico para detener hemorragias o extirpar pólipos. Es por este motivo que los endoscopios sean ampliamente empleados en el sector sanitario como técnica de diagnóstico y tratamiento de diversas patologías e intervenciones quirúrgicas.

En la *Figura 1* se puede ver un esquema básico de un endoscopio convencional.

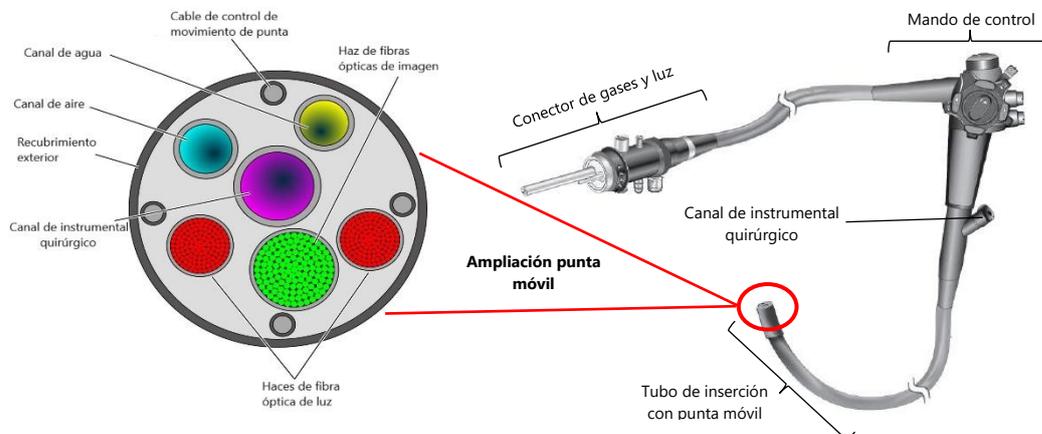


Figura 1. Esquema de las partes básicas que conforman un endoscopio semiflexible de uso clínico.

Cuando una endoscopia es realizada en el intestino delgado, se denomina enteroscopia y al endoscopio específico que se emplea es denominado enteroscopio. Este tipo de endoscopia es en el que se centra el presente proyecto. Por lo tanto, se entrará en mayor detalle en los tipos de enteroscopia que hay con la finalidad de contextualizar el proyecto. Actualmente hay en el mercado sanitario tres tipos o técnicas distintas de realizar endoscopias en el intestino delgado. Estas son: mono-balón (“single-balloon”), doble balón (“double-balloon”) y en espiral (“spiral”).

En el caso de la enteroscopia de mono-balón se monta un sobretubo, a modo de funda, por encima del tubo de inserción del endoscopio. Dicho sobretubo tiene un balón de silicona que se hincha y sirve para fijar el sobretubo al intestino delgado, de modo que permite el avance del endoscopio y el replegamiento del intestino. En la *Figura 2* se puede observar el enteroscopio de mono-balón y cuál es el mecanismo de avance que sigue.

El mecanismo de avance con mono-balón es el siguiente:

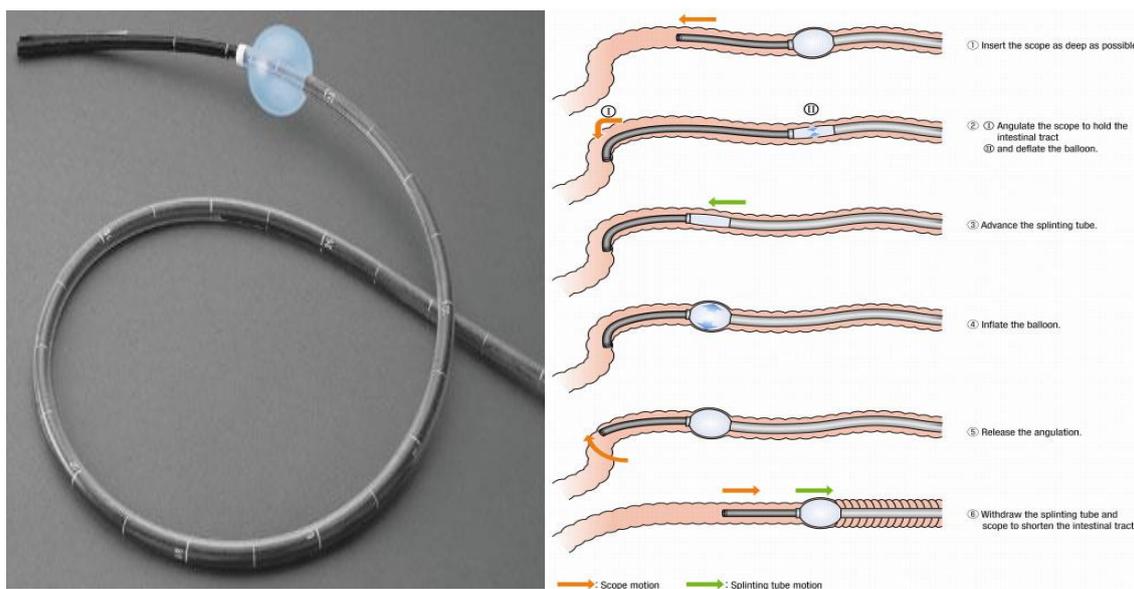


Figura 2. Imagen de un enteroscopio de mono-balón (izquierda) y esquema del proceso de avance del endoscopio en el intestino delgado (derecha). Fuente: web principal de Olympus.

1. Con el balón del sobretubo hinchado, sobretubo fijado al intestino, se hace avanzar el endoscopio lo máximo posible a lo largo del intestino delgado.
2. Posteriormente se gira la punta móvil del endoscopio, en forma de gancho, para conseguir fijar el endoscopio al intestino y se deshincha el balón del sobretubo para desfijarlo.
3. Con el endoscopio fijado al intestino, mediante el giro de la punta móvil, se hace avanzar el sobretubo.

4. Se hincha el balón del sobretubo para fijarlo al intestino.
5. Se quita la sujeción del endoscopio al intestino poniendo recta la punta móvil.
6. Se tira hacia detrás del sobretubo y del endoscopio con la finalidad de replegar el intestino.

Para conseguir el avance del endoscopio de forma eficiente se realizan los seis pasos anteriores de forma cíclica.

En el caso de la enteroscopia de doble balón se monta un sobretubo con un balón por encima del tubo de inserción del endoscopio, al igual que en el mono-balón, y se coloca un balón fijo en la zona móvil del tubo de inserción del endoscopio, lo más próximo posible al extremo distal. De este modo el sistema de avance queda compuesto por dos balones, uno fijo sobre el propio endoscopio y otro fijo sobre el sobretubo. En la *Figura 3* se puede observar una imagen del enteroscopio de doble balón, así como un esquema del mecanismo de avance.

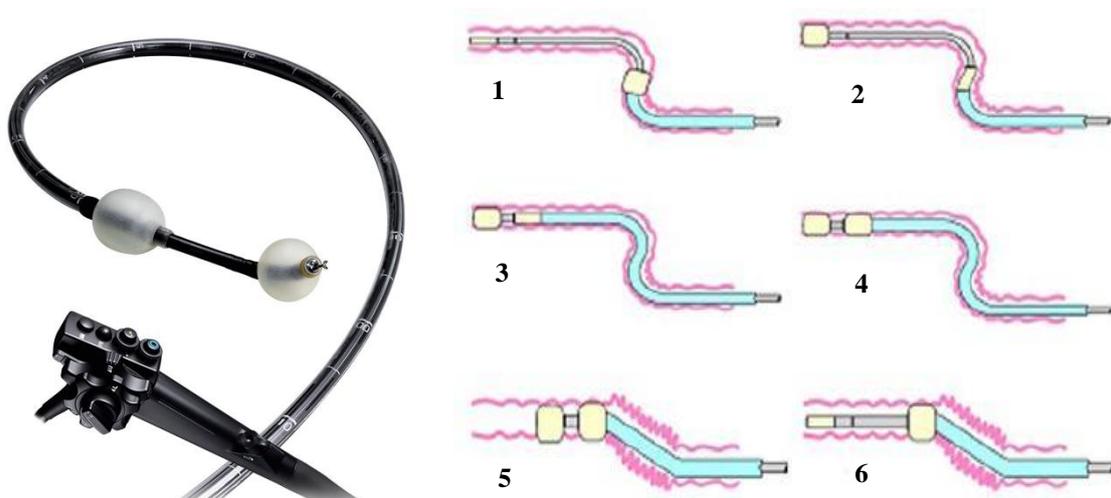


Figura 3. Imagen del enteroscopio de doble balón (izquierda). Esquema de los distintos pasos del mecanismo de avance de la técnica con doble balón (derecha). Fuente: web oficial de Fujiflim.

El mecanismo de avance con doble balón es el siguiente:

1. Con el balón del sobretubo hinchado, sobretubo fijado al intestino, se hace avanzar el endoscopio lo máximo posible a lo largo del intestino.
2. Posteriormente se hincha el balón de la punta del endoscopio, con la finalidad de fijar el endoscopio, y se deshincha el balón del sobretubo.
3. Se hace avanzar el sobretubo hasta llegar lo más próximo a la posición del balón de la punta del endoscopio.

4. Se hincha el balón del sobretubo, dejando de este modo el endoscopio y el sobretubo fijados a la pared del intestino.
5. Se tira hacia detrás del sobretubo y del endoscopio con la finalidad de replegar el intestino.
6. Se deshincha el balón de la punta del endoscopio.

Para conseguir el avance del endoscopio de forma eficiente se realizan los seis pasos anteriores de forma cíclica. A diferencia de la técnica anterior, se tiene que esta es más sencilla y rápida de realizar por los facultativos.

Por último, está la enteroscopia en espiral. Está formada por un sobretubo que tiene un relieve superficial en forma helicoidal a lo largo de 21 cm a partir del extremo más distal, mientras que en el extremo proximal tiene un sistema de agarre que permite hacer girar el sobretubo con facilidad. Este sistema de avance es el más moderno de los tres existentes. En la *Figura 4* se puede observar una imagen de este tipo de enteroscopia, así como una pequeña ilustración de lo que sería su mecanismo de avance.



Figura 4. Imagen de un enteroscopio de espiral comercial de la casa Syncmedical (izquierda). Representación del diagrama de avance de la enteroscopia en espiral sobre el intestino delgado (derecha). Fuente: web oficial de Syncmedical.

El mecanismo de avance es el siguiente: Se introduce el endoscopio por la boca con el sobretubo montado. El enteroscopio se hace avanzar mediante empuje y giro del sobretubo hasta que se pasa el píloro y se llega al intestino delgado, que se pasa entonces a realizar el giro del sobretubo únicamente. El sentido de giro debe de ser coherente con la dirección del avance del relieve helicoidal, de esta forma se consigue replegar el intestino sobre sí mismo y por lo tanto se hace avanzar el enteroscopio. Este modo de avance que realiza es similar al que se produce cuando se introduce un sacacorchos de espiral sobre el tapón de una botella. Esta técnica es más sencilla y rápida de llevarse a cabo que las dos anteriores.

Una última técnica de exploración del intestino delgado es la cápsula endoscópica. Está formada por una o dos cámaras de reducido tamaño, fuente de luz fría para cada una de las cámaras, un radiotransmisor y una batería. Todos estos componentes están ensamblados dentro de una cápsula con forma de pastilla y con unas dimensiones de aproximadamente 26 mm de largo por 11 mm de diámetro. En la *Figura 5* se puede observar una imagen de la cápsula endoscópica y el instrumental complementario para almacenar las imágenes.

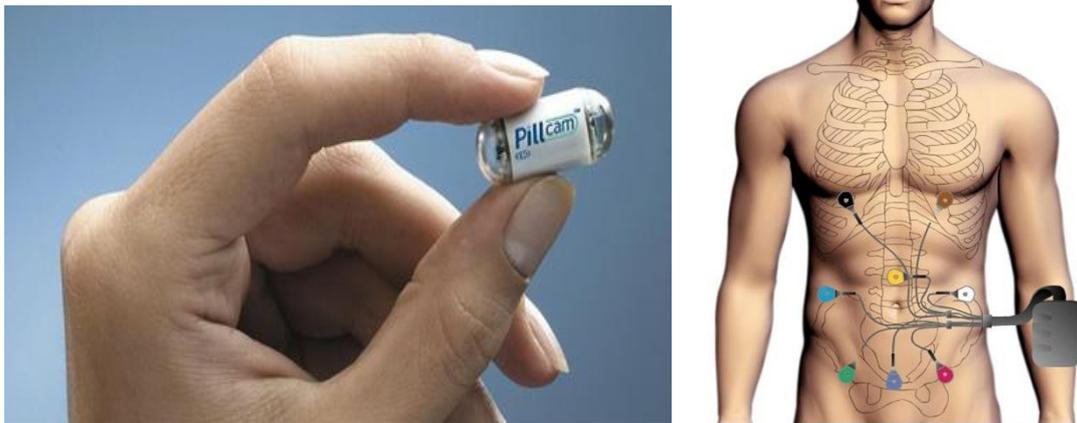


Figura 5. Imagen de una cápsula endoscópica de la casa comercial "Pillcam" (izquierda) y representación del sistema instrumental complementario para almacenar las imágenes captadas por la cápsula (derecha). Fuente: web principal de Pillcam.

El mecanismo de funcionamiento es el siguiente: La cápsula endoscópica es ingerida por el paciente por vía oral. Una vez está dentro del tubo digestivo empieza a tomar fotografías a una frecuencia determinada hasta que esta es expulsada por vía rectal. La cápsula avanza a lo largo del tracto digestivo gracias al movimiento de peristalsis que realiza el sistema digestivo. Las fotografías tomadas son enviadas en tiempo real, mediante el módulo de radiofrecuencia, al instrumental exterior de almacenamiento. Dicho instrumental dispone de electrodos pegados al cuerpo del paciente que sirven de antenas receptoras de la información que les envía la endocápsula. Las fotografías son almacenadas en la memoria interna del instrumental en orden cronológico con la finalidad de que a posteriori sean examinadas por un médico especialista.

1.2 Análisis de técnicas

En este subapartado se verán las ventajas e inconvenientes de emplear cada una de las técnicas de endoscopia. La finalidad de ello, es detectar las necesidades existentes en el mercado sanitario de productos para realización de endoscópicas del intestino delgado.

Tras realizar una pequeña recopilación bibliográfica en diversos artículos médicos de relevancia, se ha llegado a una serie de conclusiones que se exponen a continuación.

En primer lugar, se va a realizar una comparativa de carácter general entre las técnicas de enteroscopia y la cápsula endoscópica.

La cápsula endoscópica es el estándar de oro para el estudio del intestino medio, ya que nos permite observar el tubo digestivo en su totalidad de forma mínimamente invasiva, sin embargo, su principal limitación es la incapacidad para la toma de biopsias así como realizar intervenciones terapéuticas [1].

Por otro lado, con las enteroscopias no siempre se puede observar el intestino medio en su totalidad, pero puede realizar acciones terapéuticas como son cauterización, polipectomías, dilatación de estenosis, retiro de cuerpos extraños, marcaje o colangiopancreatografías endoscópicas [1].

Como contrapartida, las técnicas de enteroscopia de doble balón, mono-balón y espiral son técnicas que son relativamente mucho más invasivas que la cápsula endoscópica. Es por este motivo que en la mayoría de las guías clínicas tienen como primera opción de diagnóstico la cápsula endoscópica para cuadros clínicos que se necesite hacer una exploración completa del tracto digestivo para detectar posibles patologías. Se debe a que supone menores riesgos para los pacientes.

En el caso de encontrar patologías con la cápsula endoscópica o que el cuadro clínico del paciente sugiera la necesidad de realizar biopsias y/o realizar intervenciones terapéuticas durante la exploración, cosa que suele ser bastante frecuente, se realizará una de las técnicas de enteroscopia [1], [2].

Se puede concluir diciendo que la cápsula endoscópica es una herramienta diagnóstica auxiliar que sirve para minimizar complicaciones en pacientes, mientras que las técnicas de enteroscopias es la herramienta diagnóstica e intervencionista de referencia para

enfermedades del intestino delgado, debido a la posibilidad de un mejor diagnóstico y la realización de intervenciones.

Una vez se han visto las diferencias entre la cápsula endoscópica y las técnicas enteroscópicas de forma general, surge la necesidad de conocer las diferencias principales entre las tres técnicas de enteroscopia, ya que esto va a permitir detectar las necesidades existentes de las enteroscopias que van a justificar la realización del presente proyecto.

La enteroscopia de doble balón (DBE) fue introducida en el mercado en 2001, seguida por la de mono-balón (SBE) en 2006, siendo ambas usadas por todo el mundo. Posteriormente, en 2009-2010, se introdujo la enteroscopia de espiral (SE) que tiene capacidades comparables a las técnicas con balón en cuanto a capacidad diagnóstica y terapéutica se refiere [1].

La elección de un método u otro se basa en la disponibilidad del instrumental en el hospital, la experiencia de los médicos y las implicaciones clínicas de cada paciente en particular [3].

En la *Figura 6* se muestra una parte de la tabla comparativa de forma cuantitativa obtenida por el grupo de investigación de *P. Lenz et al.* En esta se muestran principales parámetros que sirven para cuantificar y comparar las tres técnicas [3].

Table 2
Comparison of literature.

Investigated procedures (citation)	Study design/population		Procedure characteristics (mean \pm 2*standard error of the mean)				
	RCT/P/R/CS	n/(month)	Depth of insertion, cm		Complete small bowel visual (%)	Procedure time	
			Oral	Anal		Oral	Anal
DBE	RCT: 4 P: 22 R: 17 CS: 2	148.8 \pm 78.4/(30.5 \pm 12.9)	239.1 \pm 24.3	129.5 \pm 18.1	33.9 \pm 10.1	71.6 \pm 5.9	84.5 \pm 7.6
SBE	RCT: 3 P: 4 R: 4 CS: 0	86.2 \pm 24.0/(21.2 \pm 5.0)	232.6 \pm 30.5	123.3 \pm 33.5	12.4 \pm 9.8	59.8 \pm 10.0	68.8 \pm 10.3
SE	RCT: 1 P: 6 R: 2 CS: 3	46.5 \pm 23.4/13.7 \pm 4.8	235.7 \pm 22.8	87.5 \pm 25.0	2.9 \pm 4.3	41.0 \pm 4.5	46.0 \pm 0

Figura 6. Imagen de parte de la Tabla 2 obtenida por el equipo de investigación de *P. Lenz et al* en el artículo publicado en 2012 bajo el título: “Double- vs . single-balloon vs . spiral enteroscopy”. En la tabla se muestran distintas ratios que comparan las tres técnicas de enteroscopias: enteroscopia de doble balón (DBE), enteroscopia mono-balón (SBE) y enteroscopia de espiral (SE). RCT según los autores es: “randomized controlled trials” [3].

De la *Figura 6*, se puede extraer la siguiente información:

- La profundidad de inserción media por vía oral alcanzada por DBE es la mayor de las tres, seguida por SE y SBE. Conviene destacar que son valores muy similares, diferenciándose en unos pocos centímetros.
- La profundidad de inserción media por vía anal es muy similar para DBE y SBE, siendo mayor para la primera de estas, mientras que SE consigue un avance bastante inferior comparado con las técnicas de balón.
- El valor de la desviación estándar de la profundidad de inserción oral y anal es mayor para SBE que para el resto de las técnicas. Esto se puede traducir como una mayor dependencia en el control del uso de esta técnica por parte del endoscopista.
- Hay diferencias notables en el porcentaje de pacientes a los que se les ha podido realizar una enteroscopia de todo el intestino delgado completa, siendo el mayor porcentaje en DBE, seguido por SBE y SE, respectivamente.
- Los tiempos en realizar las exploraciones del intestino delgado es menor para la técnica de SE, seguida por la SBE y la DBE, respectivamente.

Además, diversos artículos apoyan que SE permite un mayor control del alcance en la retirada del endoscopio, así como una mayor velocidad en la realización de las exploraciones [4]–[6].

Aunque la SE es la más nueva y prometedora técnica de endoscopia, debido al reducido tiempo de examen, debe utilizarse con precaución y para un grupo más seleccionado de pacientes. Siendo el DBE la técnica de enteroscopia más fiable, con una alta tasa de éxito para enteroscopia completa [7].

Con toda esta información, se han detectado principalmente tres necesidades que justifican el desarrollo de una nueva técnica de enteroscopia que venga a suplir los déficits encontrados.

La primera de ellas es conseguir disminuir los tiempos de exploración hasta niveles cercanos a los conseguidos por SE y aumentar o mantener un ratio de exploraciones completas del intestino delgado similar al conseguido con DBE.

La segunda necesidad es que las tres técnicas requieren de una destreza bastante refinada por parte de los endoscopistas para ser realizadas con éxito, por lo que es necesario una

nueva técnica que no sea tan dependiente del adiestramiento del médico en el uso del dispositivo y tenga una curva de aprendizaje menor.

La última, y no menos importante, es el mantener o reducir el número de lesiones que se realizan sobre el tracto digestivo durante la realización de la enteroscopia.

La consecución de estas necesidades se va a ver reflejadas en unos menores gastos sanitarios para los hospitales, así como en una disminución del riesgo sobre los pacientes en la realización de este tipo de exploraciones.

1.3 Antecedentes del proyecto

Motivados por las necesidades detectadas en el mercado de enteroscopias. El equipo de investigación del *“Instituto de Investigación Sanitaria La Fe”* lleva trabajando desde hace años en el desarrollo de una innovadora técnica de enteroscopia que funciona de forma semiautomática y se cree que va a cubrir las necesidades percibidas. El equipo está formado por gastroenterólogos endoscopistas del hospital *“Universitari i Politècnic La Fe”* de Valencia y por físicos, estudiantes de ingeniería e ingenieros de distintas especialidades de la Universidad Politécnica de Valencia que han reunido sus esfuerzos en el proyecto de investigación denominado: *“Desarrollo de un prototipo para la realización de la enteroscopia diagnóstica y terapéutica”*.

Como fruto del trabajo realizado, se ha creado un prototipo de un sistema de traslación basado en cavidades hinchables adaptables a un endoscopio convencional que, con un movimiento coordinado, consiguen avanzar y replegar el intestino delgado sobre el propio endoscopio. Para su control se ha desarrollado un prototipo de un dispositivo que tiene un sistema neumático que es gobernado por un sistema electrónico basado en un microcontrolador.

Al conjunto del sistema de traslación con el dispositivo de control se le ha denominado *“Endoworm”*. Este nombre se debe a que el sistema de traslación imita el movimiento que realizan los gusanos para avanzar. El Endoworm consta de los siguientes elementos:

- **Sistema de traslación neumático:** También denominado como sistema de avance, de traslación o motor neumático. Está formado por tres cavidades que al actuar en conjunción y de forma coordinada posibilitan el avance del endoscopio por el tracto digestivo mediante el replegado del intestino por encima del endoscopio. Tal y como hacen las tres técnicas de enteroscopia.

Dos de las cavidades se expanden radialmente con respecto al endoscopio cuando son hinchadas, estas son denominadas: “cavidades de expansión radial” (CER).

La tercera cavidad se expande axialmente con respecto al endoscopio al ser hinchada, siendo denominada: “cavidad de expansión axial” (CEA).

En la *Figura 7* se puede observar una representación gráfica del sistema de translación neumático. No se muestra una fotografía del diseño actual “Endoworm Revolution”, ya que está protegido por derechos de autor.

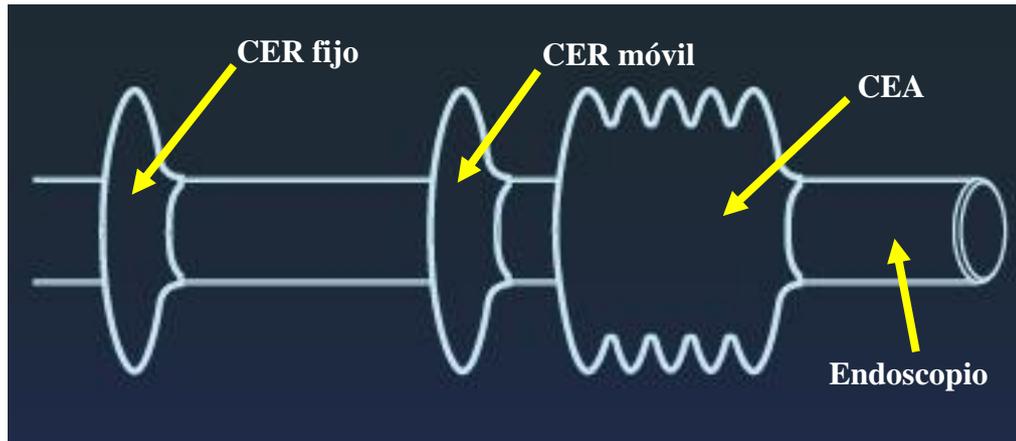


Figura 7. Representación gráfica del sistema de translación en el que se muestran las tres cavidades que lo conforman y su disposición montadas sobre el endoscopio.

Las CER tienen la función de fijarse a la pared del intestino, mientras que la CEA tiene como función la de mover la CER móvil hacia la CER fijo.

La secuencia de hinchado y deshinchado de las distintas cavidades que hacen avanzar y retroceder el sistema se expondrán en el apartado “5.3.1 Programa del microcontrolador”, para evitar caer en explicaciones redundantes.

- **Dispositivo de control:** Es un dispositivo destinado a controlar el movimiento coordinado de las tres cavidades del sistema de translación neumático. Está formado por:
 - Un **sistema neumático** para generar las presiones necesarias para hinchar y deshinchar las cavidades.
 - Un **sistema electrónico** para controlar la activación y la desactivación de los distintos actuadores electromecánicos que componen el sistema neumático. Permitiendo de esta forma controlar mediante una pantalla táctil las acciones a realizar y las presiones deseadas del sistema de translación del endoscopio.

- Un **sistema eléctrico** que sirve para dotar de energía a la parte electrónica, así como la interconexión del sistema neumático y el electrónico.
- **Otros** componentes complementarios que terminan de conformar el dispositivo, como puede ser la carcasa del dispositivo.

En la *Figura 8* se pueden observar unas fotografías de la versión 2.0. del dispositivo, denominado “*Endoworm 2.0*”. Era capaz de llegar a presiones de llenado del sistema de 130 kPa de máxima, lo cual, para el actual motor neumático era insuficiente y se precisaba de un nuevo versionado del dispositivo que permitiera alcanzar hasta los 200 kPa y un control en tiempo real del dispositivo, que con el software implementado en la versión 2.0 no era posible.



Figura 8. Fotografía del dispositivo de control "Endoworm v2.0".

Además, las dimensiones del dispositivo no se ajustan a las torres de endoscopias que se emplean hoy en día, por lo que para el nuevo versionado se deberán de ajustar las dimensiones.

Por otro lado, la interfaz gráfica que dispone es demasiado sencilla y solamente permite enviar instrucciones muy concretas al dispositivo como: avanzar, retroceder, fijarse, detenerse, parada de emergencia y diagnóstico del estado de las cavidades. Carece de funcionalidades esenciales como la de poder ajustar desde la pantalla táctil las presiones deseadas en cada una de las cavidades del motor neumático.

El presente proyecto se va a centrar en el desarrollo de la nueva versión del dispositivo de control, “*Endoworm 3.0*”. Este se ha realizado de forma paralela al desarrollo de otros dos proyectos. Uno de ellos destinado al desarrollo y evaluación del avance del sistema de translación neumática *Endoworm Revolution*. Mientras que el segundo se ha enfocado en el diseño y desarrollo de un instrumental de monitorización del sistema de translación neumático *Endoworm Revolution*, que fuera capaz de aportar datos cuantitativos del avance de motor neumático dentro del intestino delgado.

En la actualidad el equipo de investigación se encuentra en una fase de mejora y de prueba en el laboratorio del *Endoworm Revolution* y del dispositivo *Endoworm 3.0*. Cuando se halla refinado el comportamiento en el laboratorio del *Endoworm 3.0*, así como la del sistema de translación, se tiene pensado realizar ensayos in vivo en animales. La finalidad de ello es asegurarse de que todo funciona correctamente y no suponen peligro alguno para proceder a la realización de ensayos clínicos en humanos.

2. Objetivos del proyecto

El presente proyecto tiene como objetivo principal el diseño y materialización del *hardware* y *software* del nuevo prototipo *Endoworm 3.0*, pensado para su uso en la realización de enteroscopias con el innovador sistema de translación *Endoworm Revolution*. La finalidad es rediseñar el prototipo *Endoworm 2.0* a modo de un nuevo versionado, *Endoworm 3.0*, para adaptarlo a las nuevas necesidades requeridas por el nuevo sistema de avance, así como mejorar la usabilidad del dispositivo.

Para la consecución de este objetivo se han propuesto una serie de objetivos secundarios:

- Hacer que el dispositivo sea capaz de llegar a presiones de 200 kPa para el correcto funcionamiento del motor neumático.
- Desarrollar una interfaz gráfica que posibilite al usuario poder ajustar las presiones de las cavidades del sistema de forma cómoda y sencilla.
- Conseguir que el dispositivo responda en tiempo real a las peticiones realizadas por el usuario. Esto quiere decir que el tiempo de respuesta del sistema debe de ser inmediato cuando el usuario introduce una instrucción por pantalla.

3. Factores a considerar

En esta sección se abordan los principales factores a considerar a la hora de realizar el diseño del dispositivo. Estos vendrán impuestos principalmente por:

- La normativa vigente a día de hoy
- Las condiciones del encargo del proyecto de investigación.

A continuación, se procede a analizar de forma individual cada uno de estos puntos.

3.1 Normativa

Para el diseño del prototipo del *Endoworm 3.0* no se ha recurrido a consultar ninguna normativa de “equipamiento y dispositivos médicos”, ya que como el propio nombre indica, se trata de un prototipo experimental.

Una vez se halla verificado la efectividad del nuevo sistema de translación del endoscopio, se procederá a realizar un último versionado que deberá de cumplir la siguiente normativa:

UNE-EN ISO 80369-1:2011: Conectores de diámetro pequeño para líquidos y gases para aplicaciones sanitarias. Parte 1: Requisitos generales.

UNE-EN ISO 80369-3:2017: Conectores de diámetro pequeño para líquidos y gases para aplicaciones sanitarias. Parte 3: Conectores para aplicaciones enterales.

UNE-EN ISO 80369-20:2015: Conectores de diámetro pequeño para líquidos y gases para aplicaciones sanitarias. Parte 20: Métodos de ensayo comunes.

UNE-EN 62366:2009/A1:2015: Dispositivos médicos. Aplicación de la ingeniería de aptitud de uso a los dispositivos médicos.

UNE-EN 62304:2007 CORR:2009: Software de dispositivos médicos. Procesos del ciclo de vida del software.

UNE-EN ISO 13485:2016/AC:2017: Productos sanitarios. Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos para fines reglamentarios. (ISO 13485:2016).

UNE-EN ISO 14155:2012: Investigación clínica de productos sanitarios para humanos. Buenas prácticas clínicas.

UNE-EN ISO 14971:2012: Productos sanitarios. Aplicación de la gestión de riesgos a los productos sanitarios.

Además, para poder comercializar el producto en la Unión Europea se deberá de adquirir el mercado CE para productos sanitarios.

Se destaca que esta normativa no ha sido aplicada en la realización del proyecto, pero es probable que para futuros versionados sea necesario aplicarla para que el producto pueda ser comercializado.

3.2 Condiciones del encargo

Las condiciones del encargo del proyecto vienen impuestas por las necesidades requeridas para hacer que el sistema de translación funcione correctamente. Al ser un proyecto de investigación, las características que ha de cumplir el dispositivo no son del todo claras y están van surgiendo según se van realizando avances en las distintas partes del proyecto.

Las dimensiones totales del dispositivo de control han de ser inferiores a 45 x 55 x 25 cm (ancho x largo x alto) para garantizar que quepa perfectamente en la mayor parte de las torres endoscópicas del mercado.

Se tiene una serie de condiciones temporales y económicas que vienen prefijadas por el *Ministerio de Educación y Cultura (MEC)*.

El plazo temporal de la fase actual del proyecto termina a final del mes de junio de 2017, por lo que se disponía de un tiempo de dos años, desde que se inició el trabajo fin de grado, para la culminación del diseño, montaje y testeo del prototipo *Endoworm 3.0*.

La carcasa debe de proporcionar un aislamiento eléctrico adecuado con la finalidad de evitar posibles derivaciones de corriente que puedan afectar al profesional sanitarios que lo esté empleando. Para ello será imprescindible la conexión de la carcasa a tierra en caso de ser un material conductor. Esto posibilitará que la corriente de fuga envolvente del chasis sea mínima.

4. Soluciones alternativas

En esta sección se van a exponer las distintas alternativas que se pueden adoptar para la resolución del problema planteado, con la finalidad de implementar el dispositivo de la forma más eficiente posible.

De este modo se va a proceder a realizar un primer análisis sobre las soluciones alternativas agrupadas por los principales sistemas que debe de tener el dispositivo en cuestión:

4.1 Sistema Neumático

Las alternativas que han sido valoradas durante el diseño de los distintos subsistemas y componentes del sistema neumático son las siguientes:

4.1.1 Sistema de calderínes

Para el diseño del sistema de calderínes encargados de almacenar el aire a presión se han analizado dos posibles variantes de calderín: calderínes de dos y calderínes de cuatro conexiones.

Tras realizar un análisis de los calderínes para aire comprimido que se encuentran en el mercado, se ha llegado a la conclusión de que lo mejor es emplear calderínes verticales de acero, ya que son capaces de soportar presiones por encima de los 6 bares.

Los calderínes de dos tomas, en comparación con los de cuatro, tienen una menor ocupación del espacio, ya que requiere de un menor número de accesorios para completar el diseño del sistema de calderínes. Se suelen emplear los calderínes de cuatro tomas cuando el circuito neumático a diseñar es de una complejidad elevada y requiere un mayor número de conexiones para implementarlo.

En el apartado “5 Descripción detallada de la solución adoptada”, se expondrá la solución adoptada para la implementación del sistema de calderínes.

4.1.2 Sistema generador de presiones

Como sistema generador de aire a presión se han analizado como componentes viables para el proyecto las bombas de diafragma y las bombas de pistón. Estos dos tipos de bombas son las que tienen unas dimensiones y unas presiones apropiadas para el dispositivo.

Las principales características de los dos tipos de bombas se pueden ver en la *Tabla 1*.

Características	Bombas de diafragma	Bombas de pistón
Rango de presiones (kPa)	80 a 150	80 a 700
Fuljo a presión atm. (l/min)	hasta 12	hasta 18
Nivel de ruido sonoro	Bajo	Elevado
Nivel de vibraciones mecánicas	Bajo	Elevado
Resistencia a químicos	Elevada	Depende del modelo
Válido para gases	Si	Si
Válido para líquidos	Si	Depende del modelo

Tabla 1. Comparativa entre las características de los dos tipos de bombas analizadas

Comparando los dos tipos de bombas, se tiene que las bombas de diafragma son mejores para ser empleadas en el ambiente sanitario que las bombas de pistón, se debe a que tienen una baja contaminación acústica y un bajo nivel de vibraciones mecánicas. Esto se traduce en un menor estrés para los pacientes y los profesionales sanitarios. En contra, las bombas de diafragma no son capaces de proporcionar las presiones que necesita el motor neumático de 200 kPa, mientras que las de pistón si lo son. Además, este último tipo de bombas son capaces de proporcionar unos flujos superiores a las de diafragma, posibilitando la consecución de las presiones en el sistema de calderines de forma más rápida.

En el apartado “5 Descripción detallada de la solución adoptada”, se expondrá la solución adoptada para el sistema generador de presiones que se ha seleccionado para el diseño.

4.1.3 Sistema de válvulas

Como sistema de válvulas para el control del llenado de las cavidades del sistema de translación, se han analizado como componentes susceptibles de ser empleados las electroválvulas de control todo/nada y las electroválvulas de control proporcional.

Se va a proceder a explicar las características fundamentales de control de electroválvulas.

Las electroválvulas de control proporcional confieren un control preciso del flujo de aire que les atraviesa, ya que produce una salida proporcional a la señal de control que se le aplica. Generalmente, este tipo de electroválvulas son accionadas por un solenoide proporcional que posibilita que la presión y caudal de salida sean variables. Necesitan de una etapa de potencia de la señal de control con la finalidad de aportar los niveles de tensión y corriente óptimos para la excitación del solenoide.

Las electroválvulas de control todo/nada presentan únicamente dos posibles estados de la apertura de la salida, totalmente abierta o totalmente cerrada. Esto se traduce a que no se puede tener un control del flujo de aire que sale de estas, sin embargo, si se puede controlar los tiempos de apertura y cierre que garanticen que ha pasado una determinada cantidad de aire por la salida. Por lo general, al igual que las proporcionales, son accionadas por un solenoide todo o nada. Al igual que las electroválvulas proporcionales, precisan de una etapa de potencia de la señal de control con la finalidad de aportar los niveles de tensión y corriente óptimos para la excitación del solenoide.

Comparando los dos tipos de electroválvulas se tiene que las proporcionales poseen un tiempo de respuesta relativamente lento con respecto las de control todo/nada. Esto se traduce en unos tiempos mayores de hinchado y deshinchado de las cavidades del motor neumático que generan un avance más lento del sistema. Además, tiene una vida útil inferior a las de todo/nada, dando lugar a fugas incontroladas de aire con menores horas de funcionamiento. Ambos tipos de electroválvulas tienen dimensiones similares, pero las electroválvulas todo/nada suelen ser capaces de operar a presiones mayores que las proporcionales. En contra, las electroválvulas proporcionales confieren un control exacto de las presiones de las cavidades CER, lo que permitiría un mejor ajuste de del hinchado de estas cavidades a la luz intestinal.

En el apartado “5 Descripción detallada de la solución adoptada”, se expondrá y justificará la solución adoptada para el sistema de válvulas que se ha seleccionado para el diseño.

4.1.4 Sistema de conductos

El subsistema de conductos del sistema neumático puede ser constituido principalmente por dos tipos de conductos, mangueras semirrígidos y flexibles, que se ajustan a las especificaciones técnicas del dispositivo.

Conviene mencionar de antemano que el empleo de conductos rígidos ha sido desechado debido a su dificultad de instalación y alta sensibilidad a las tolerancias en comparación con los tubos o mangueras semirrígidos o flexibles.

Los tubos o mangueras semirrígidos para transferencia de líquidos o gases, suelen estar hechos de poliuretano, que tiene baja permeabilidad a los gases y no contienen plastificantes que puedan causar contaminación. Están diseñados para resistir abrasión, deformaciones y a operar en un rango de temperaturas de -50 a 70 °C. Siendo especialmente sensible a sus características físicas si se sale del rango de operación de temperaturas. La presión de operación que son capaces de resistir viene determinada por el espesor de la pared de la manguera y por el tipo de material que la conforma (poliuretano). Para un espesor de pared de 3 mm puede alcanzar hasta los 13 bares de presión en la luz del tubo.

Los tubos o mangueras flexibles suelen estar hechas con silicona, que les confiere una flexibilidad mayor que los tubos semirrígidos, pero una menor resistencia, dureza y presión máxima en la luz del tubo. Debido a estas características son ampliamente empleados en aplicaciones agroalimentarias, médicas, biofarmacia y químicas. El rango de temperaturas al que son capaces de operar es muy superior al de las tuberías semirrígidas, ya que va desde los -50 a los 200 °C. Al igual que los tubos semirrígidos, la presión máxima que son capaces de albergar en la luz del tubo es dependiente el espesor de la pared del tubo y del tipo de silicona que lo conforma. Para un espesor de 2,5 mm suele tolerar presiones máximas de hasta 3 bares. Conviene mencionar que, al ser de silicona, este tipo de mangueras son propensas a deformarse con las altas presiones.

En el apartado “5 Descripción detallada de la solución adoptada”, se expondrá y justificará la solución adoptada para el sistema de conductos que se ha seleccionado para el diseño del prototipo.

4.2 Sistema Electrónico

Las alternativas que han sido valoradas durante el diseño de los distintos subsistemas y componentes del sistema electrónico son las siguientes:

4.2.1 Microcontrolador

El microcontrolador es el encargado de gobernar el comportamiento del dispositivo y por lo tanto es de vital importancia hacer una correcta selección del que se va a emplear en el diseño. En el prototipo anterior se ha empleado el *PIC18F4550* de la casa comercial *Microchip*. Se ha decidido buscar posibles alternativas para cambiarlo en caso de ser requerido para las nuevas especificaciones del prototipo 3.0. Es por este motivo que se han valorado los distintos microcontroladores del mercado llegando a un posible sustituto, el *Atmel SAM4E16E*.

Para simplificar la comparación entre ambos microcontroladores, se ha realizado la *Tabla 2*. En dicha tabla se puede ver una comparación de las principales características que se han valorado a la hora de seleccionar uno de los dos. Además de las características que se muestran en dicha tabla, se han valorado factores como la experiencia de programación del tipo de microcontrolador, el software de programación del microcontrolador, el depurador a emplear, la disponibilidad de librerías que faciliten la programación, así como el precio de venta del microcontrolador en la actualidad.

Conviene mencionar que en los microcontroladores *Atmel* no se tiene experiencia en la programación de los mismos, ni en el entorno de programación que emplean. Mientras que para los microcontroladores *PIC* de *Microchip* se tiene una amplia experiencia en la programación de los microcontroladores, aunque no se dominan las últimas versiones de los compiladores y entorno de programación que hay disponibles.

Características	PIC18F4550	SAM4E16E
Frecuencia máxima núcleo	48 MHz	120 MHz
N.º de bits núcleo	8 bits	32 bits
Funciones de DSP	No	Si
Package	PDIP, TQFP y QFN 44	LFBGA 144 y LQFP 144
Memoria de programa Flash	24 Kbytes	1024 Kbytes
Memoria de datos SRAM	2048 bytes	128 Kbytes
GPIO	24	117
Canales A/D (ch)	10ch de 10 bits	16ch de 16 bits
PWM	2	4
SPI	3	3
I2C	Si	Si
EUSARTs	1	2
USB	Full Speed	Full Speed
Comparadores	2	1
Timer's	4	9
CAN bus	0	2

Tabla 2. Tabla comparativa de los dos tipos de microcontroladores valorados para su empleo en el Endoworm 3.0.

En el apartado “5 Descripción detallada de la solución adoptada”, se expondrá y justificará el tipo de microcontrolador seleccionado.

4.2.2 Sensores de presión

Para poder controlar el nivel de hinchado de las cavidades es necesario poder medir las presiones de cada una de las cavidades, así como la presión del calderín de llenado, que más adelante veremos. Para medir la presión y que pueda ser interpretada por un microcontrolador, es necesario que el sensor tenga como salida una señal eléctrica proporcional a la presión del conducto o cavidad que se desea medir. Es por ello por lo que se va a exponer de forma breve los sensores de presión que hay disponibles, para poder seleccionar el que mejor se adapte a las características del *Endoworm 3.0*.

En el mercado se pueden encontrar principalmente tres tipos de sensores de presión: presión absoluta, presión relativa y presión diferencial. Estos tres tipos de sensores son capaces de medir la presión que hay en un determinado habitáculo, lo único que cambia es con respecto a que presión es medida. En los sensores de presión absoluta la miden con respecto al cero absoluto de presión. En los sensores de presión relativa lo miden con respecto la presión atmosférica, que la toman como cero. Mientras que los sensores de

presión diferencial miden la presión con respecto la presión que hay en otro habitáculo, es decir miden la diferencia de presiones entre los habitáculos que está conectado.

Hay gran diversidad de tecnologías de fabricación de estos sensores, como pueden ser: piezorresistivos, piezoeléctricos, capacitivos, potenciométricos, basados en galgas extensiométricas metálicas, inductivos y ópticos. De estos solamente se analizarán en detalle aquellos que se ajustan a las necesidades del dispositivo: piezorresistivos, piezoeléctricos, capacitivos y basados en galgas extensiométricas.

Los sensores capacitivos emplean un diafragma metálico una de las placas de condensador, como sensor primario, mientras que la otra placa permanece fija. Este tipo de sensor tiene buenas prestaciones, pero se ve afectado por las vibraciones mecánicas. Esta limitación es importante a tener en cuenta cuando se trabaja a presiones bajas, ya que el diafragma se construye con material muy fino cuya sensibilidad es muy elevada a cualquier acción mecánica. Es ampliamente empleado para realizar medidas diferenciales, pudiendo medir presiones diferenciales nulas hasta los 70 MPa.

Los sensores piezoeléctricos son aquellos que tienen como sensor secundario un elemento piezoeléctrico. El principal problema de este tipo de sensores es la dificultad de trabajar con ellos con excitaciones constantes. En principio las medidas de este tipo de sensores quedan limitado para mediciones dinámicas de presión. Esto no lo hace muy propicio para ser aplicado en el dispositivo, ya que interesa que pueda medir perfectamente las presiones estáticas como las dinámicas.

Los sensores piezorresistivos son sensores en los que el diafragma del sensor primario es de silicio y tiene galgas depositadas sobre el mediante técnicas microelectrónicas. El resultado de ello son sensores de una excelente sensibilidad y es capaz de producir valores elevadores de salida, siendo esto una ventaja sobre las demás tecnologías. Tienen una excelente compatibilidad química con gran diversidad de sustancias, pero tiene un elevado valor de histéresis, menor repetibilidad y margen de temperatura de trabajo en comparación con el resto de tecnologías.

Los sensores basados en galgas metálicas están formados por un conjunto de galgas que dispuestas de forma apropiada sobre el sensor primario, diafragma, permiten medir su deformación y por lo tanto la presión a la que se sometido. Este tipo de sensor tiene bajos niveles de salida, aunque tienen excelentes características de repetibilidad y de histéresis.

Son capaces de soportar un gran rango de temperaturas de trabajo. Los valores de presión que pueden medir son muy elevados, que van desde los 0,7 kPa a los 1400 MPa.

En el apartado “5 Descripción detallada de la solución adoptada”, se expondrá y justificará el tipo de sensor seleccionado.

4.2.3 Drivers de potencia y transistores de conmutación

En este apartado se van a exponer los tipos de tecnologías de transistores de conmutación y de drivers de potencia que se han considerado a la hora de realizar el diseño del nuevo prototipo del *Endoworm*. Debido a los rangos de potencia y de frecuencias de conmutación que han de manejarse, se ha valorado el uso de la tecnología BJT y MOSFET. En la *Tabla 3* se puede observar una comparativa entre las características principales que reúnen cada una de estas.

Características	BJT	MOSFET
Corriente máxima	< 700 A	< 100 A
Tensión máxima	< 1200 V	< 1000 V
Frecuencia conmutación	< 25 kHz	< 1MHz
Potencia	Potencias medias	Potencias bajas, < 10 kW

Tabla 3. Resumen características de comparación de elementos conmutadores de potencia de tecnología BJT y MOSFET

Por lo general, se emplearán los BJT en aquellos actuadores en los que la velocidad de conmutación no sea crítica, mientras que en los que si lo sean se emplearán los MOSFET. Se ha seleccionado este criterio y no otro, ya que las potencias en las que se mueven los actuadores van a ser bajas y por lo tanto perfectamente toleradas por ambos tipos de tecnologías.

En el apartado “5 Descripción detallada de la solución adoptada”, se detallará en que elementos de conmutación y drivers de potencia será preciso el empleo de un tipo de tecnología u otra.

4.2.4 Pantalla táctil

En cuanto al sistema de interfaz gráfica con el usuario se ha estudiado el empleo de pantallas táctiles con “inteligencia” ó “sin inteligencia”, actúan únicamente como interfaz entre el usuario y el controlador que gobierna el dispositivo.

Las pantallas “inteligentes” son aquellas que son capaces de captar, analizar, almacenar y tomar decisiones con respecto a la acción introducida por el usuario en pantalla. Por lo general este tipo de pantallas además de ser LCD táctiles poseen de funciones de control y son capaces de tomar decisiones de acción. Comúnmente se encuentran en el mercado pantallas “inteligentes” que tienen funciones de PLC o de interactuar con PLC en el sector industrial, poseyendo un amplio espectro de posibles protocolos de comunicaciones normalizados, además suelen disponer de una memoria interna que permite ahorrar memoria a dispositivos de control como microcontroladores. La programación de la interfaz suele realizarse mediante un software específico del propio fabricante de la pantalla. En contra se tiene que los costes de la pantalla como del software de programación son elevados en comparación con otras alternativas.

Las pantallas “sin inteligencia” son aquellas que son capaces de captar las acciones introducidas por el usuario en la pantalla. Por lo general suelen ser LCD y precisan de un elemento externo que se comuniquen con ellas y sea capaz de leer las acciones introducidas por el usuario. Necesitan ser leídas con una mayor frecuencia que las pantallas “inteligentes”, ya que la mayoría del mercado no poseen de memoria propia para almacenar las acciones introducidas por el usuario. La programación de la interfaz gráfica de la pantalla suele ser en C++, lo cual conlleva a unos tiempos de desarrollo mayores que los empleados para las pantallas “inteligentes”. El coste de este tipo de pantallas es inferior al de las pantallas inteligentes, lo que hace abaratar el dispositivo final.

En el apartado “5 Descripción detallada de la solución adoptada”, se expondrá y justificará el tipo de pantalla seleccionado.

4.2.5 Fuentes de alimentación

Para el sistema de fuentes de alimentación debe de ser capaz de transformar la tensión de red en tensión continua a la que se alimentan los distintos componentes eléctricos y electrónicos del dispositivo. Se ha estudiado el empleo de fuentes de alimentación de tipo lineal o conmutada.

En la *Tabla 4*, se puede ver un análisis comparativo de los dos tipos de fuentes.

Tipo	Descripción	Ventajas	Inconvenientes
Lineal	<p>Diseño de circuito sencillo que consta de un transformador, un puente rectificador, un filtro y un regulador de tensión. El circuito se encarga de transformar la tensión alterna de red en tensión continua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño sencillo • Bajo ruido EMI • Bajo coste 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo rendimiento (< 50%) • Voluminosas • Transformador de potencia a la frecuencia de red • Ecuilización de corrientes con BJT en paralelo • Baja densidad de potencia • Una única salida posible del regulador lineal
Conmutada	<p>Circuito electrónico complejo que consta de un transformador, un elemento conmutador, un filtro y un sistema de control del elemento conmutador. El circuito se encarga de transformar la tensión alterna de red en tensión continua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Rendimiento elevado (> 80%) • Mejor respuesta dinámica por su frecuencia de conmutación • Posibilidad de varias salidas • Más compactas que las lineales • Se puede variar la relación de transformación pudiendo funcionar como elevador o reductor 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevada emisión de ruido EMI y RFI • Diseño complejo • Las pérdidas energéticas crecen con el aumento de la frecuencia de conmutación • Mayor fatiga de los semiconductores debido a inductancias parásitas

Tabla 4. Resumen comparativo entre las fuentes de alimentación lineales y las fuentes de alimentación conmutadas

En el apartado “5 Descripción detallada de la solución adoptada”, se expondrá y justificará la solución adoptada para el conjunto de fuentes de alimentación que se ha seleccionado para el diseño del prototipo.

5. Descripción detallada de la solución adoptada

En este apartado de la memoria se van a desglosar los distintos sistemas, subsistemas, conjuntos y piezas que componen el prototipo *Endoworm 3.0*.

El objetivo de ello es estructurar la jerarquía en la que se debe de realizar la construcción del dispositivo, así como ubicar a que conjunto, subsistema y sistema pertenecen cada una de las piezas y los componentes que conforman el dispositivo de control del motor neumático.

Antes de entrar en detalles, se dará una pequeña descripción de cada una de las partes que integra el dispositivo y se asociará cada una de estas a la funcionalidad que desempeñan, para posteriormente entrar en la solución adoptada de forma detallada.

El dispositivo de control consta principalmente de dos partes: una **hardware** y otra **software**.

La parte **hardware** es aquella que está formada por los componentes físicos y tangibles del dispositivo. Es decir, por todos aquellos componentes materiales que son empleados para la constitución del dispositivo que posibilitará el hinchado y deshinchado de las cavidades del motor neumático.

Los subsistemas que conforman esta parte son: **sistema neumático**, **sistema electrónico**, **sistema eléctrico**, **carcasa** y **otros componentes auxiliares**. Con la finalidad de dar una idea clara de la estructuración física del dispositivo, se muestra en la *Figura 9* un organigrama de los distintos subsistemas o subconjuntos de componentes, agrupados por funcionalidad, que conforman el *Endoworm 3.0*.

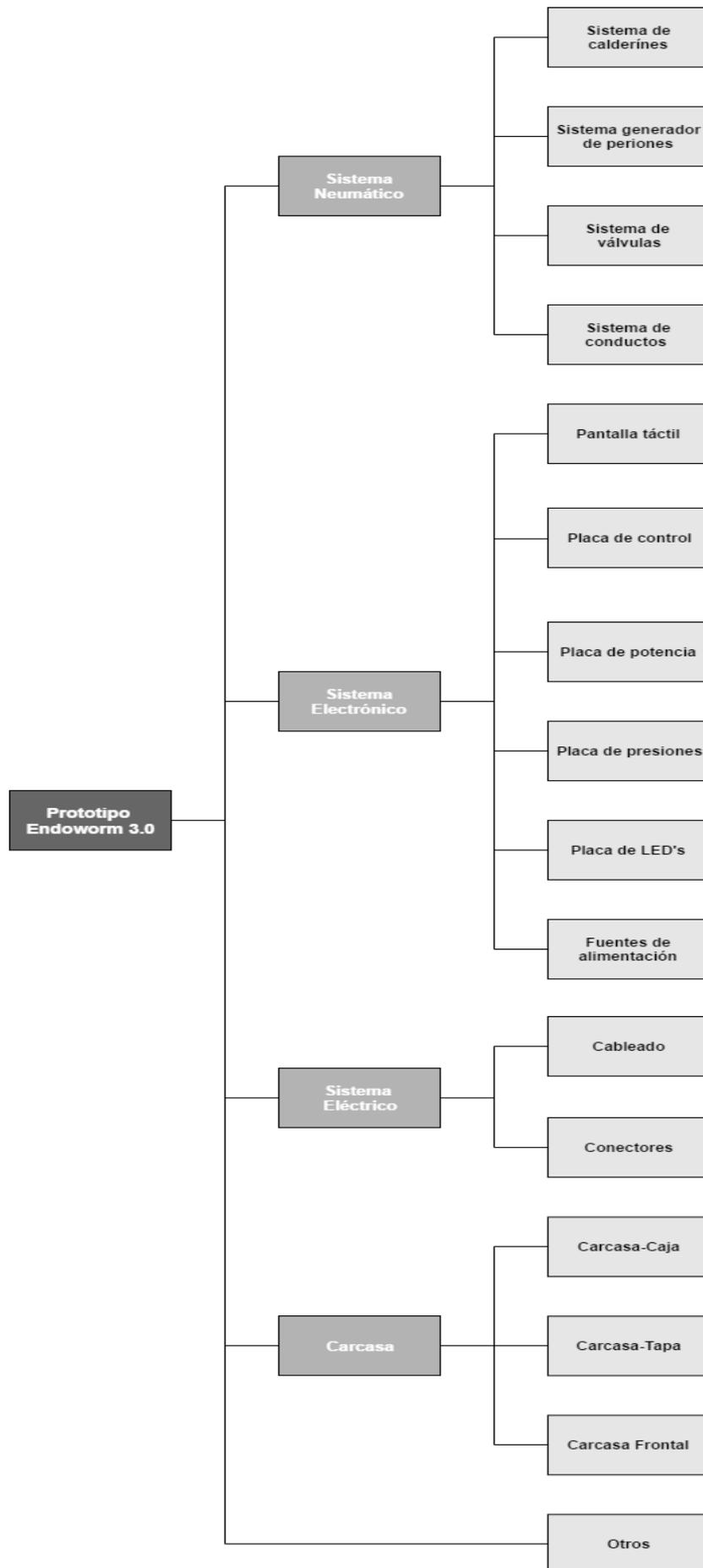


Figura 9. Organigrama de la parte hardware del prototipo Endoworm 3.0.

Por otro lado, la parte **software** es aquella que no existe físicamente, por ende, es intangible. Es decir, es el conjunto de programas informáticos que posibilitan el control de la parte hardware del dispositivo. Los programas incorporados en el dispositivo son los siguientes: **programa del microcontrolador** y **programa de la pantalla táctil**.

El programa del microcontrolador será el programa que gobierne el comportamiento de todo el dispositivo, siendo el programa de la pantalla táctil el que realiza la función de interfaz gráfica entre el usuario y el programa del microcontrolador.

En los siguientes subapartados se describirá la funcionalidad y la elección del diseño para cada uno de los sistemas, subsistemas, conjuntos y componentes que conforman la parte hardware, así como el diseño escogido para el software del prototipo.

5.1 Sistemas, subsistemas y conjuntos de componentes del hardware

En este apartado se va a detallar la solución escogida para la implementación de cada uno de los subsistemas que conforman la parte hardware del *Endoworm 3.0*. Además, se justificará porqué se ha optado por esta solución en lugar de por cualquiera otra de las opciones alternativas posibles de implementación.

Con la finalidad de seguir un orden lógico, se va a ir desglosando sistemas por sistema en los distintos subsistemas, conjuntos de componentes y piezas que lo conforman.

Conviene destacar que la parte software implementada se analizará una vez que se haya terminado de exponer todos los componentes hardware del dispositivo. Es por este motivo que se verá en el apartado “5.3 Programación del software”.

5.1.1 Sistema neumático

El sistema neumático es un conjunto de subsistemas neumáticos que conforman la parte hardware del *Endoworm 3.0*. Su objetivo es el de generar una diferencia de presiones que den lugar a un caudal de aire que permita hinchar y deshinchar cada una de las tres cavidades que conforman el motor o sistema de translación neumático.

Para que eso sea posible, será preciso disponer de un sistema que genere presiones mayores que la presión ambiente, para poder llenar las cavidades de aire, y menores, para

poder vaciar las cavidades de aire. Para ello, además se necesitará un sistema de almacenamiento de aire (calderines).

El circuito neumático, debe de disponer también de elementos que permitan regular el paso de aire a las cavidades o no. Para ello se necesitará un sistema de válvulas que, mediante su cierre y apertura, posibiliten la entrada o salida de aire de las cavidades del sistema de translación.

Por último, para poder interconectar los destinos sistemas y de este modo cerrar el circuito neumático, será preciso un sistema de conductos.

En *el plano N.º 12* del presente proyecto, se puede ver el esquema del circuito neumático en el que aparecen los distintos componentes que serán necesarios, de forma genérica, para la obtención del sistema neumático descrito.

Por lo tanto, el sistema neumático está formado a su vez por los siguientes subsistemas y conjunto de piezas:

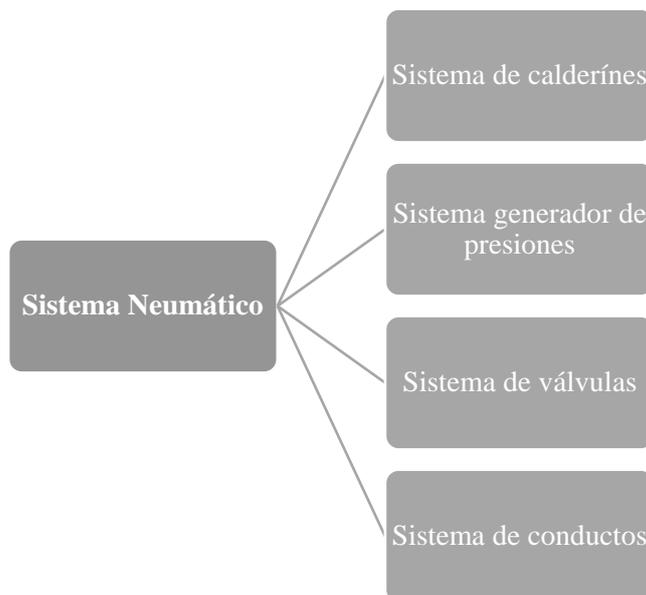


Figura 10. Organigrama del sistema neumático del Endoworm 3.0.

Conviene destacar que, aunque se hallan denominado cada una de las partes del sistema neumático como sistemas, en realidad se tratan de subsistemas dentro del sistema neumático del *Endoworm 3.0*.

En los próximos subapartados se va a detallar la implementación que se ha realizado para cada uno de los subsistemas que conforman el sistema neumático.

5.1.1.1 Sistema de calderines

Subsistema del sistema neumático cuya función es la de almacenar aire por debajo y por encima de la presión ambiental. La finalidad de ello es conseguir un gradiente de presiones, dentro del circuito neumático, que genere un caudal suficientemente para: hinchar y deshinchar las cavidades en un tiempo razonable, generar un transitorio rápido y suficientemente fuerte para que se hinche debidamente la CEA del motor neumático.

Esta última condición ha llevado a la necesidad de realizar este nuevo versionado del dispositivo, ya que el *Endoworm 2.0* era capaz de llegar a una presión máxima de 130 kPa (insuficiente para que la CEA tenga la suficiente fuerza para vencer la tensión que ejerce el intestino delgado durante el avance del enteroscopia sobre el mismo).

En la versión 2.0 del prototipo, el sistema de calderines estaba formado por dos calderines para aire comprimido. Uno de ellos tenía estaba destinado para el hinchado de las cavidades (calderín de llenado), al cual se le introducía aire comprimido hasta alcanzar los 130 kPa de presión relativa con respecto a la del ambiente. El otro calderín estaba destinado para el deshinchado de las cavidades (calderín de vaciado), al cual se le extraía aire para generar presiones negativas con respecto a la presión ambiental. De esta forma se pretende acelerar el proceso de deshinchado de las cavidades. Las presiones negativas máximas que se pueden conseguir están entorno a los 800 mbar. Los calderines tenían un volumen de 0,5 L.

Debido a que el funcionamiento del sistema de calderines en la versión anterior a la de este proyecto, se ha decidido seguir en la misma línea, excepto en la salvedad de que los calderines pasarán a ser de 1 L de volumen en lugar de 0,5 L. Esto permitirá almacenar una mayor cantidad de aire y que tengan que trabajar menos el sistema generador de presiones. No se ha seleccionado unos calderines de mayor volumen debido a las limitaciones de espacio que debe de cumplir el dispositivo.

Los calderines que se han escogido son metálicos de la casa comercial API, nº de referencia: 1SBCV2. Tiene dos conectores G1/2 en cada uno de sus extremos. Para mayor información véase la hoja de características en el apartado “A.10

Hojas de características componentes más relevantes” en los anexos de la memoria.

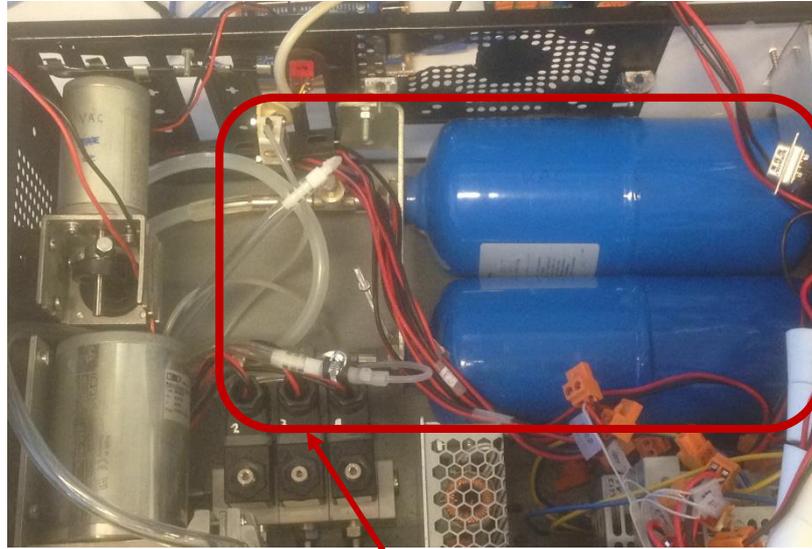
Además de los calderines, el sistema de calderines está compuesto por dos piezas de soporte de los calderines que ha tenido que ser modificado para poder poner lo más juntos posibles los calderines y ahorrar espacio en el dispositivo. Las características de las piezas de soporte de los calderines se pueden encontrar en su hoja de características (adjunta en los anexos de la memoria), casa comercial API (nº de referencia: STSB 050601). Mientras que las modificaciones que se le han realizado se indican en el *plano N° 10* del proyecto. Solamente se le ha de hacer un agujero de 21,5 mm en la posición indicada.

El sistema de calderines está compuesto por otra serie de piezas que terminan de completar su funcionalidad. La composición del sistema se puede ver en el *plano N° 2*. Este plano es un plano de cómo se han de ensamblar las distintas piezas para dar lugar al sistema de almacenamiento de aire.

El resto de piezas que lo componen son:

- Una serie piezas reductoras que permiten reducir el calibre del orificio de entrada o salida de los calderines de 1/2 de pulgada a 1/8 de pulgada. Corresponde con los elementos 3 y 5 del *plano N° 2*.
- Dos T's de 1/8 que posibilitan la realización de las conexiones pertinentes a la entrada o salida de los calderines. Corresponde con los elementos 6 y 7 del *plano N° 2*.
- Válvula antirretorno en la entrada del calderín de llenado. La finalidad es que el aire que se le introduce a presión al calderín a partir del sistema generador de presiones se quede confinado en el calderín y no se escape. Corresponde con el elemento 8 del *plano N° 2*.
- Tapones Allen Tórica de 1/8 de pulgada para uno de los extremos del calderín. La finalidad es taponar uno de los dos extremos del calderín, para que de este modo la entrada y la salida de aire de los mismos se realice por la misma entrada. Corresponde con el elemento 4 del *plano N° 2*.
- Adaptadores macho de 1/8 de pulgada para el sistema de conductos del circuito neumático. Corresponde con el elemento 9 del *plano N° 2*.

En la *Figura 11* se puede ver una fotografía del resultado final del montaje del sistema de calderines en el *Endoworm 3.0*.



Sistema de calderines

Figura 11. Resultado final del montaje del sistema de calderines en el prototipo *Endoworm 3.0*. La fotografía corresponde a una de las etapas finales de montaje en la que solamente falta por montar el sistema electrónico.

5.1.1.2 Sistema generador de presiones

Subsistema del sistema neumático cuya función es la de generar aire a presión por debajo y por encima de la presión ambiental. La finalidad de ello es la misma que la que se ha explicado para el subsistema de calderines.

El sistema generador de presiones está formado por dos bombas aire comprimido, una que se encarga de generar presiones para el vaciado (bomba de vaciado) y otra de generar presiones para el llenado (bomba de llenado).

En la versión 2.0 del prototipo, se tenía que ambas bombas eran de diafragma, ya que son las que comúnmente se emplean en el sector sanitario debido a su reducido espacio y baja contaminación acústica que generan durante su funcionamiento en comparación de otros tipos de bombas que se encuentran en el mercado. El inconveniente de este tipo de bombas es que son incapaces de superar presiones por encima de los 150 kPa de la presión atmosférica. Debido a esta limitación, ha sido necesario cambiar el tipo de bomba a emplear para la generación de las presiones para el llenado de las cavidades. Se ha optado por la utilización de una bomba de llenado de pistón en lugar de una de diafragma, ya que son capaces de

generar presiones bastante superiores a los 200 kPa, dejando sobredimensionado el sistema por posibles requerimientos de aumento de presión.

De este modo, para el *Endoworm 3.0*, se han empleado las siguientes bombas de aire para la implementación del sistema de generación de presiones:

- **Bomba de vaciado:** Es la bomba encargada de la extracción de aire del calderín de vaciado, siendo por tanto la responsable de mantener presiones por debajo de la presión ambiental en el circuito neumático. Se empleará para ello una bomba de diafragma de la casa comercial *ElectroAD*, modelo *GR 42X25 (Series MR)*.

Las principales características técnicas son las siguientes:

- **Caudal máximo:** 7.5 l/min.
- **Presión de llenado máxima:** 1.55 bar.
- **Presión de vaciado máxima:** - 813 mbar.
- **Alimentación:** 12 V dc.
- **Consumo de corriente máximo:** 1.8 A.
- **Dimensiones (Largo x Ancho x Alto):** (132 x 65.5 x 84) mm.

Este modelo es exactamente el mismo modelo que se empleó en el versionado 2 del dispositivo, tanto para la bomba de llenado como la de vaciado. Para mayor detalle, se recomienda mirar la hoja de características adjunta en el apartado “A.10 Hojas de características componentes más relevantes” de la presente memoria.

La posición de la bomba es el que se indica en el plano de conjunto del proyecto, correspondiendo con el *elemento n° 14* de la lista de piezas de dicho plano.

- **Bomba de llenado:** Es la bomba encargada de la introducción de aire a presión en el calderín de llenado, siendo por tanto la responsable de mantener presiones por encima de la presión ambiental en el circuito neumático.

Como se lleva mencionando a lo largo de la memoria, las presiones necesarias en el calderín de llenado han de ser de 200 kPa y por lo tanto se necesitan bombas de aire comprimido que sean capaces de alcanzar esas presiones. En este caso, la opción más plausible en cuanto a tamaño, ruido y potencia, son las bombas de pistón. Es por ello que para la implementación de esta bomba se halla empleado la bomba de pistón de la casa comercial *KNF*, modelo *NPK09 DC - 24V*.

Las principales características de esta bomba son las siguientes:

- **Caudal máximo:** 15 l/min.
- **Presión de llenado máxima:** 7 bar.
- **Presión de vaciado máxima:** - 850 mbar
- **Alimentación:** 24 V dc
- **Consumo de corriente máximo:** 2.6 A

La posición de la bomba es el que se indica en el plano de conjunto del proyecto, correspondiendo con el *elemento nº 15* de la lista de piezas de dicho plano.

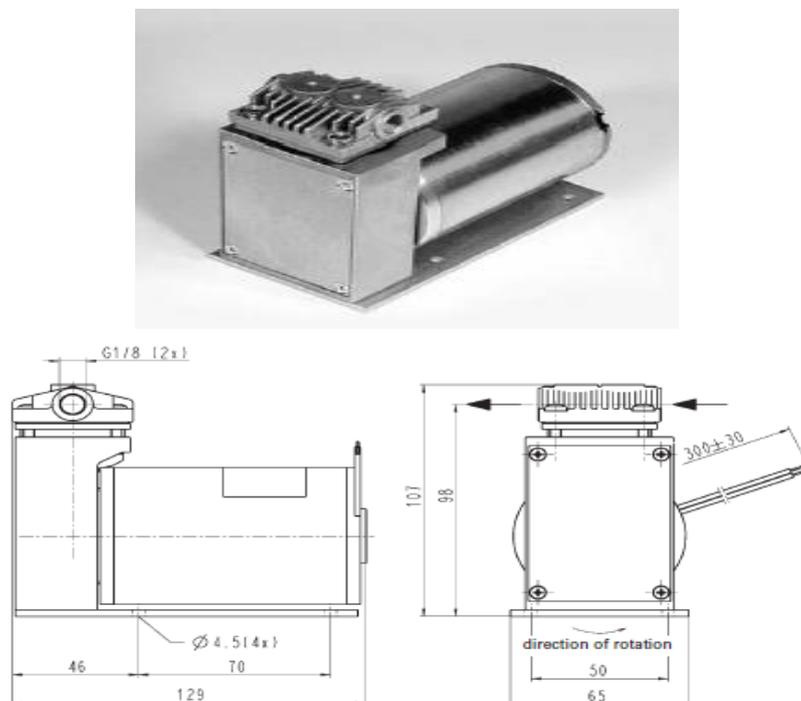


Figura 12. Fotografía de la bomba de pistón para el llenado del calderín de llenado. Modelo: *KNF NPK09 DC - 24V* (imagen de arriba). Planos de las dimensiones de la bomba *KNF NPK09 DC - 24V*. Las medidas se encuentran expresadas en mm y las tolerancias de acuerdo a la normativa *DIN ISO 2768-1* (imagen de abajo).

En la *Figura 12*, se muestra una fotografía del aspecto y un esquema de las medidas y tolerancias de la bomba de pistón seleccionada. Se ha considerado relevante adjuntar dicha imagen, ya que estas son las dimensiones máximas admisibles para el dispositivo a la hora de introducir la bomba de llenado.

Para mayor detalle, se recomienda mirar la hoja de características adjunta en el apartado “A.10 Hojas de características componentes más relevantes” de la presente memoria.

Con la finalidad de reducir el ruido que producen las dos bombas, se han colocado silenciadores neumáticos en la entrada de aire de la bomba de llenado y en la salida para la de vaciado. El silenciador que se ha seleccionado es de la casa comercial RS Pro, modelo 0674. Es de polietileno, soporta presiones de hasta 10 bar, roscado M5 x 0,8. En el plano del esquema del circuito neumático se puede ver su disposición.

Además, para disminuir la transmisión de las vibraciones mecánicas que generan ambas bombas durante su funcionamiento, se han de colocar unos tacos amortiguadores entre los puntos de unión de las bombas con la carcasa. Esto se detallará mejor en el apartado fabricación”. El resultado final del sistema generador de presiones es el que se muestra en la *Figura 13*. La disposición exacta de cada una de las bombas se puede ver mejor en el *plano de conjunto (Nº 1)*.

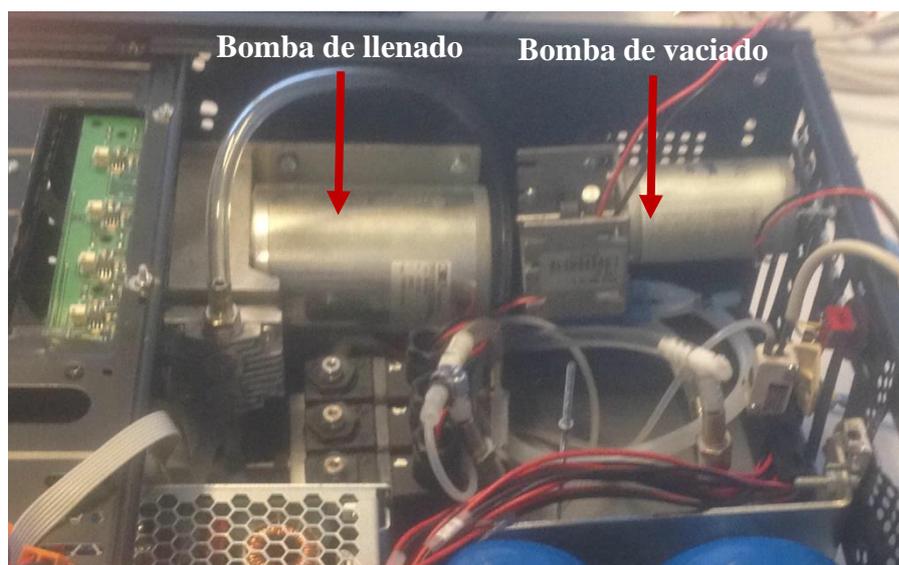


Figura 13. Fotografía de la disposición final de la bomba de llenado y vaciado que conforman el sistema generador de presiones del Endoworm 3.0.

5.1.1.3 Sistema de válvulas

Subsistema del sistema neumático encargado de controlar la entrada y salida de aire a presión del sistema de calderines.

Se han de distinguir principalmente entre dos tipos de válvulas que conformarán el subsistema. Estos son:

- **Accionamiento manual:** Este primer tipo de válvula es el que se empleará para ofrecer una salida del aire a presión, a modo de emergencia, que posibilite el vaciado de calderín de llenado en caso de un incorrecto funcionamiento del sistema electrónico, sistema eléctrico o subsistema generador de presiones.

Dicha válvula se ha de conectar en un punto conectado entre la válvula antirretorno y la entrada al calderín de llenado.

La válvula que se ha seleccionado para ello es una válvula neumática de palanca basculante, del fabricante *SMC*, modelo *VM1000-4N-08*.

Se puede ver la disposición de la misma en el plano de conjunto, siendo el *elemento 6* de la lista de piezas de dicho plano.

Su modo de conexionado con el sistema de tuberías debe de seguir el esquema del circuito neumático que se muestra en el *plano N° 12*.

Para más detalles de la válvula, se recomienda mirar la hoja de características que se encuentra adjunta en el apartado “*A.10 Hojas de características componentes más relevantes*” de la presente memoria.

- **Accionamiento electromecánico:** Este tipo de válvulas son conocidas comúnmente como electroválvulas, ya que su accionamiento se realiza a través de excitación eléctrica en lugar de ser accionada manualmente.

Estas electroválvulas serán las encargadas de regular el paso o la salida de aire a presión de las cavidades que conforman el sistema de translación neumático.

Tras estudiar distintas configuraciones de estas y examinar los distintos tipos de electroválvulas comerciales, se ha decidido emplear dos bloques

de 3 electroválvulas, cada uno, de la casa comercial *Lasber, serie N (mini)-pistón, 3/2 NC, aluminio-NBR, 12VDC, 2,5W*.

Uno de los bloques de electroválvulas será para controlar el paso de aire a presión del calderín de llenado a cada una de las tres cavidades del motor neumático, mientras que el otro será para controlar el paso de aire de cada una de las tres cavidades al calderín de vaciado. Al primero de los bloques se le denominará como *electroválvulas de llenado* y al segundo como *electroválvulas de vaciado*.

Estas electroválvulas presentan una apertura de “*todo o nada*”, al contrario que el versionado anterior que eran de control proporcional. Esto se debe a que en la versión 2.0 se pudo comprobar que entorno a las presiones de 120 kPa se producían pequeñas fugas de aire de las electroválvulas que causaban el hinchado o deshinchado descontrolado de las cavidades. Además, se suma que no es necesario realizar un control proporcional de las electroválvulas, sino que uno de todo o nada es suficiente y más sencillo de implementar.

Es importante comentar una serie de fallos, en el diseño, que se han dado en el funcionamiento de las electroválvulas debido al aumento de la presión del sistema. Esto servirá para justificar debidamente la solución finalmente adoptada.

Se observó que cuando se subía por encima de los 130 kPa en la presión del calderín de llenado se producían dos fallos: la incapacidad de levantarse el vástago de la electroválvula “*VAC2*” (correspondiente al vaciado de la CEA) y el levantamiento indeseado del vástago de las electroválvulas “*LL1*” y “*LL3*” (correspondiente al llenado de las cavidades de expansión radial del sistema de avance).

Como estos problemas son intrínsecos de las electroválvulas, es necesario explicar los distintos componentes que conforman las electroválvulas que se emplean, así como el principio de funcionamiento.

Las electroválvulas empleadas en el *Endoworm 3.0*, recuérdese que son las *electroválvulas de Mando Directo de la serie N (mini)-pistón de*

Lasber, están compuestas por una serie de elementos más simples que se muestran en el diagrama de la *Figura 14*.

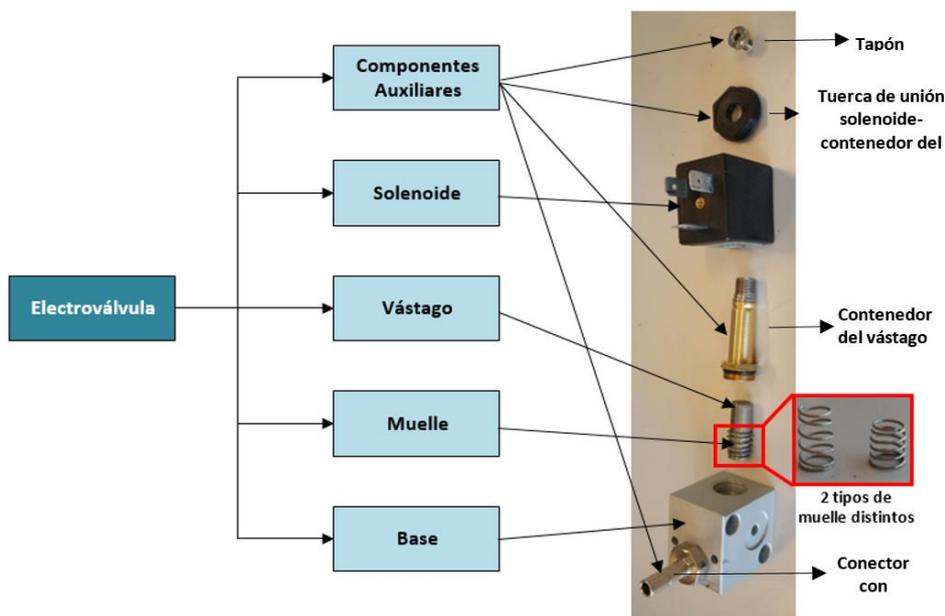


Figura 14. Esquema de los distintos componentes que integran las electroválvulas escogidas para la implementación del Endoworm 3.0. Se puede ver la correspondencia física de cada uno de los componentes. Las electroválvulas pertenecen a la Serie N de tipo pistón de *Lasber*.

El modelo empleado tiene tres orificios, de los que se dispone de control de cierre y apertura solamente de dos de ellos. Un orificio se encuentra en la parte superior del contenedor del vástago y que es tapado de forma permanente mediante la pieza denotada como tapón, según la *Figura 14*. Los otros dos orificios restantes, por los que pasa el flujo de aire, están situados en la parte inferior del habitáculo donde se acopla el contenedor del vástago con la base de la electroválvula. El orificio que se coloca justo en la parte central de dicho habitáculo es el que interacciona con el vástago, se referirá a dicho orificio como “*orificio A*”, mientras que él es se sitúa ligeramente desplazado del centro siempre permanece abierto, se referirá al mismo como “*orificio B*”. El estado de estos dos últimos orificios son los responsables del paso de flujo de aire o no a las cavidades del sistema de avance.

El cierre o taponamiento del *orificio A* es procurado por el vástago. Este se puede encontrar en dos posiciones: posición de reposo y posición de excitación. Conviene destacar que la posición del vástago, a su vez, viene

determinada por el estado de excitación del solenoide. Cuando al solenoide se le aplica una tensión continua entre bornes, circula a través del mismo una corriente eléctrica que genera un campo magnético responsable de subir o bajar el vástago taponando o destaponando el *orificio A*.

El posicionamiento del *orificio A* y *B* se pueden ver en el croquis de la base de la electroválvula que se muestra en la *Figura 15*, se denotarán como “*oA*” y “*oB*” respectivamente.

Las dos posibilidades en las que puede funcionar la electroválvula según la dirección del flujo de aire son las que se muestran en la *Figuras 16* y *17*. En ambas figuras se observa la dirección del flujo de aire cuando el *orificio A* no es tapado por el vástago.

El funcionamiento mostrado en la *Figura 17* es el siguiente: la entrada de aire se produce por un orificio frontal que dispone la base de la electroválvula, pasando a través del *orificio B* al habitáculo dónde está confinado el vástago. Cuando este no se encuentra taponando el *orificio A*, posibilita el paso de aire hacia las cavidades. Esta es la configuración más robusta para realizar el llenado de las cavidades, pero tiene el inconveniente de que las electroválvulas no se pueden montar juntas en bloque lo que hace que ocupe un mayor espacio.

Por el contrario, el funcionamiento mostrado en la *Figura 16* es el opuesto al anterior. Esta configuración es poco robusta para realizar el llenado de las cavidades, ya que el aire a alta presión está empujando hacia arriba continuamente el vástago. Para evitar que esto suceda tiene colocado un muelle de una determinada constante elástica que evita que el vástago se pueda subir y genere un hinchado no deseado de las cavidades. Los fallos que se han encontrado al respecto es que dicho muelle no tenía la fuerza suficiente para mantener el vástago en su posición y por lo tanto se producían pequeñas fugas incontroladas de aire hacia las cavidades, lo que influía de forma notoria en el funcionamiento del sistema de avance. En cambio, esta configuración posibilita que las electroválvulas puedan ser montadas en bloque y simplificar la complejidad del circuito neumático, lo que lleva a una menor ocupación espacial del mismo.

La solución que se ha optado por implementar, intentando minimizar el impacto sobre el diseño original del sistema, es emplear la configuración representada en la *Figura 16* que permite que las electroválvulas puedan ser montadas en dos bloques de tres electroválvulas cada uno (uno de llenado y otro de vaciado), pero cambiando el muelle original que tenía las electroválvulas por otro de mayor constante elástica, capaz de soportar presiones de hasta 6 bares.

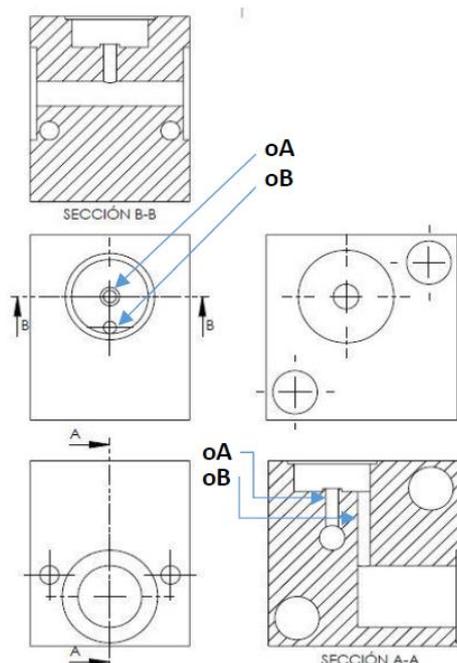
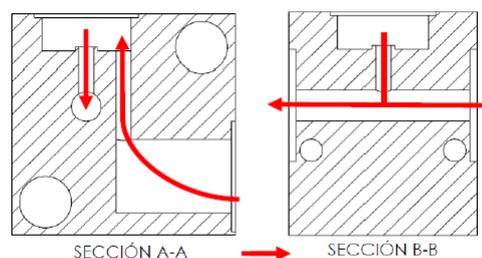
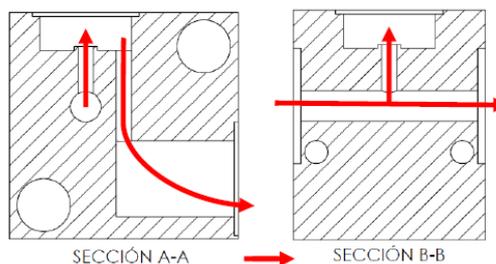


Figura 15. Croquis de la base de la electroválvula sobre la se encuentra el entramado de tuberías que dirigen el flujo de aire. Nótese que se han obviado las dimensiones, ya que para la explicación de su funcionamiento no son relevantes.



Dirección del flujo de aire

Figura 16. Croquis en el que se muestra la dirección de flujo de aire en las electroválvulas de vaciado.



Dirección del flujo de aire

Figura 17. Croquis en el que se muestra la dirección de flujo de aire en las electroválvulas de llenado.

Pero tomada esta solución, surge un nuevo problema. La fuerza necesaria para levantar el vástago y destaponar el *orificio A* es mucho mayor con el nuevo muelle, por lo que es necesario una mayor intensidad de campo magnético generada por el solenoide.

El solenoide está diseñado para que funcione a 12 V de tensión continua. Pero con esta tensión no se genera la fuerza necesaria para levantar el vástago con el nuevo muelle. Es por este motivo que se ha necesitado modificar el sistema de disparo de las electroválvulas a las que se les ha introducido el nuevo muelle (las tres electroválvulas de llenado y la

electroválvula de vaciado de la cavidad de expansión axial “VAC2”). Dicho sistema de disparo aplicará en bornes del solenoide una tensión de 24 V de continua que generará la fuerza necesaria para levantar el vástago. El circuito adicional de potencia para el disparo de las electroválvulas será descrito en apartados posteriores.

Recapitulando, para controlar el hinchado y deshinchado de las cavidades del motor neumático se han empleado dos bloques de tres electroválvulas cada uno. De las cuales habrá 4 electroválvulas (*LL1*, *LL2*, *LL3* y *VAC2*) con muelles con una constante elástica capaces de resistir hasta los 6 bares de presión y por lo tanto deberán ser excitadas a 24V. Las dos electroválvulas restantes (*VAC1* y *VAC3*) tendrán un muelle con una constante elástica capaz de resistir hasta 1 bar de presión y por tanto deberán ser excitadas a 12V.

El montaje de cada uno de los bloques de electroválvulas se puede ver en el *plano N° 3*. Mientras que el posicionamiento dentro de la carcasa-caja de cada uno de los bloques y el de la válvula manual de emergencia se muestra en el plano de conjunto (*plano N° 1*). El conexionado con el resto de elementos del circuito neumático se muestra en el *plano N° 12*.

5.1.1.4 Sistema de conductos

Subsistema del sistema neumático encargado interconectar los distintos componentes que conforman el circuito neumático.

Para la implementación del sistema de conductos se han empleado dos tipos de conductos o tuberías. Unas semirrígidas de poliuretano y otras flexibles de silicona.

Las tuberías semirrígidas de poliuretano serán empleadas en los tramos dónde las presiones a soportar son continuamente elevadas, como pueden ser los tramos de los calderines con las bombas de presión o el de los calderines con los bloques de electroválvulas.

Mientras que el segundo las tuberías flexibles de silicona serán empleadas en aquellos tramos que se hace más difícil trabajar con las tuberías semirrígidas y que

no están sometidos de forma constante a presiones elevadas. Los tramos en los que se emplea son:

- En la salida de las electroválvulas hacia los sensores de presión.
- En la salida de las electroválvulas a los orificios de salida dónde se conectarán las cavidades del motor neumático.
- En la entrada de aire la bomba de llenado y en la salida de aire de la bomba de vaciado que sirve como conexión con el silenciador neumático.
- En conducto que interconecta el calderín de vaciado con la bomba de vaciado.

En cuanto al mecanismo de sellado de las juntas, en los tramos compuestos por las tuberías semirrígidas no será necesario ningún elemento adicional para el sellado de la junta. Sin embargo, para las tuberías flexibles de silicona es necesario que las juntas sean selladas para evitar fugas de aire.

El mecanismo que se empleará para ello el sellado será el siguiente:

Se emplearán abrazaderas metálicas con un tornillo sin fin como elemento de ajuste y un elemento protector para evitar que el metal perfora la tubería durante el ajuste. Con este método de sellado de las juntas se consiguen minimizar las pérdidas de aire que se producen en el sistema neumático debido a las altas presiones que se están manejando en la actualidad. En la *Figura 18* se puede ver la abrazadera metálica empleada (diámetro de 6 mm y ancho de brazo de 11 mm), mientras que en la *Figura 19* se muestra el resultado final del nuevo mecanismo para evitar las fugas en las juntas de las tuberías.



Figura 18. Imagen de la abrazadera metálica con un tornillo sin fin como elemento de ajuste, tiene como diámetro de cierre de cierre interno de hasta 11 mm y una anchura de la abrazadera de unos 6 mm.

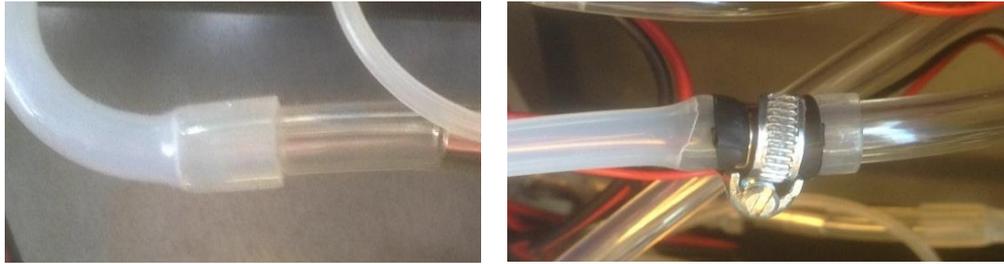


Figura 19. Resultado de emplear la abrazadera metálica con el material aislante en la junta de un tubo flexible con uno semirrígido, imagen de la derecha. La imagen de la izquierda corresponde a la misma junta sin ningún mecanismo de sellado.

Las tuberías o conductos que se han seleccionado son los siguientes:

- **Tuberías semirrígidas:** Manguera de Poliuretano pare aire, de la casa comercial *RS Pro*, transparente, 30 m de largo, temperaturas de operación: -20 a +70°C.
- **Tuberías flexibles:** Tubo flexible de silicona de la casa comercial *Saint-Gobain*, 25m de largo, transparente, diámetro ext. 8mm, para aplicaciones varias.

Para los puntos de conexión de tres tuberías se emplearán acoplamientos en T macho para tubos de diámetro interno de 5 mm. En específico, se han empleado los acoplamientos de la casa *RS Pro*, modelo *TS5*.

El mecanismo de sellado de las juntas de las tuberías que se han seleccionado es el siguiente:

- **Miniabrazadera:** Abrazadera de tornillo sin fin para tubos flexibles de diámetro exterior entre 7 a 9 mm, de la casa comercial *Jubilee*, modelo *NB0709MS*.
- **Material de protección:** Trozo de tubo termoretráctil de diámetro 9 mm y con una contracción 3:1. Se ha empleado un tubo de la casa comercial *RS Pro*, modelo *700-4539*. El material es de poliolefina, color negro, longitud de 5m.

Se recomienda como mecanismo de sellado alternativo el uso de abrazaderas de encaje a presión de Nylon para tubos flexibles, de la casa comercial *RS Pro* modelos *475-1415*, *291-587* y *291-593*. Este mecanismo alternativo tiene la ventaja de que no es necesario un material de protección para el tubo flexible y el montaje es mucho más sencillo y rápido.

5.1.2 Sistema electrónico

El sistema electrónico es un conjunto de subsistemas electrónicos que conforman la parte hardware del *Endoworm 3.0*. Su objetivo es el de servir de interfaz usuario-dispositivo, controlar al conjunto de actuadores que forman parte del sistema neumático y aportarles la potencia necesaria para su correcto funcionamiento.

Para que el dispositivo funcione correctamente, es necesario un sistema electrónico que se encargue de medir las presiones que hay en las cavidades del motor neumático y la presión en el calderín de llenado. Siendo conocidas estas presiones, el sistema electrónico es capaz de controlar la activación de los distintos actuadores del circuito neumático que permiten regular dichas presiones. Para que la activación de los actuadores sea correcta, es necesario una etapa de potencia y de alimentación que sea capaz de proporcionar los niveles de tensión y corriente óptimos. La activación y desactivación de los actuadores vendrá predefinida por el software del dispositivo, que será capaz de interactuar con el usuario y dotándolo del control del sistema de translación neumático.

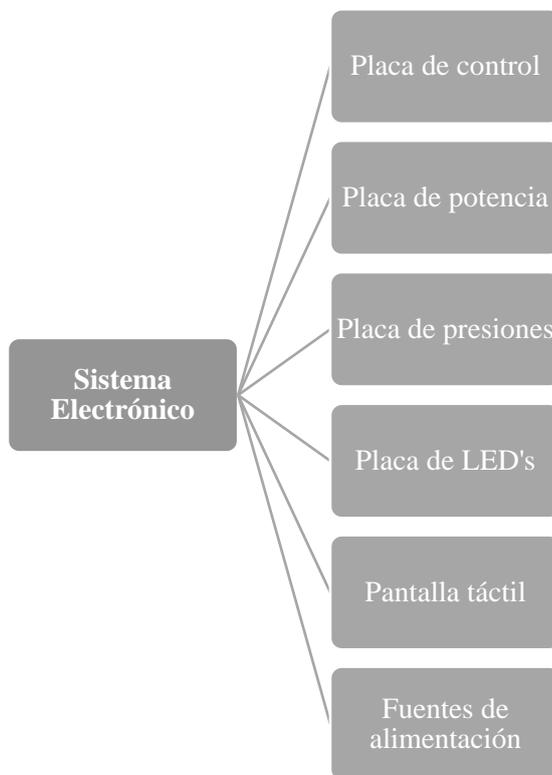


Figura 20. Organigrama del sistema electrónico del Endoworm 3.0.

Para que el usuario sea capaz de comunicarse con el dispositivo, será necesario un elemento electrónico que posibilite mantener una comunicación abierta en todo momento entre ambos. En este caso en particular se ha optado por el uso de una pantalla táctil.

Por lo tanto, el sistema electrónico está conformado por los subsistemas y conjunto de piezas que se muestran en el esquema de la *Figura 20*.

En los próximos subapartados se va a detallar la implementación que se ha realizado para cada uno de los subsistemas que conforman el sistema electrónico.

5.1.2.1 Placa de control

La placa de circuito impreso de control, PCB de control, es un subsistema perteneciente al sistema electrónico del *Endoworm 3.0*. Es el encargado de generar las señales de control, la tensiones y corrientes necesarias para la activación de los actuadores del circuito neumático.

Este subsistema fue diseñado teniendo en cuenta las limitaciones que presentaba el sistema electrónico del *Endoworm 2.0*. De modo que se diseñó para que en la misma placa de circuito impreso se encontrará la etapa digital, encargada del control, y la etapa de potencia, encargada de suministrar la potencia necesaria a los actuadores.

Cabe destacar que esta PCB fue diseñada previamente al diseño final del sistema neumático que se ha expuesto en el apartado “*5.1.1 Sistema neumático*”. Por lo que su diseño se ajusta a las necesidades requeridas por el sistema neumático del *Endoworm 2.0*. Es por este motivo que haya imperfecciones en su diseño y surja la necesidad de diseñar una etapa de potencia adicional que alimente los actuadores del sistema neumático del *Endoworm 3.0*. En el apartado “*5.1.2.2. Placa de potencia*”, se expondrán los distintos motivos que han llevado a adoptar esta solución.

El esquemático del circuito electrónico de la PCB de control que se ha diseñado se puede ver en el *plano N° 14*. Dicho circuito está compuesto por una etapa digital y una etapa de potencia.

La **etapa digital** es la encargada de generar las señales de control digital y de realizar las comunicaciones entre distintos componentes electrónicos como la PCB de presiones y la pantalla táctil.

Las señales de control producidas son en función de las presiones leídas en las cavidades del motor neumático, la presión del calderín de llenado y de la acción introducida por el usuario a través de la pantalla táctil. El núcleo de esta etapa está formando por el microcontrolador *PIC18F4550*, de la casa comercial *Microchip*. Se ha empleado este microcontrolador, ya que en las versiones anteriores se empleó el mismo y hasta la fecha ha sido más que suficiente para las especificaciones requeridas.

El microcontrolador se encarga de hacer la lectura analógica de las cuatro tensiones suministradas por la PCB de presiones. Estas tensiones son correlacionadas con las presiones que hay en las tres cavidades del sistema de translación y la presión del calderín de llenado. Para que esto sea posible se necesita que se interconecten las PCB de presiones y la de control. La conexión que se ha seleccionado es mediante un cable *RJ45*, sin apantallar ni trenzar. En los apartados “5.1.2.3. *Placa de presiones*” y “5.1.3.1 *Cableado*”, se entrará más a fondo en estos aspectos.

La etapa digital además dispone de circuitería electrónica complementaria que permite establecer comunicaciones digitales con:

- Programador-depurador ICD3 a través de un RJ11.
- Ordenador externo a través de comunicaciones USB mediante un conector USB de tipo B.
- Pantalla táctil a través de comunicaciones serie asíncronas RS232. Para ello se emplea un conector DB9 hembra. Para estas comunicaciones será necesario emplear el circuito integrado MAX232. Este integrado se encarga de convertir las señales de un puerto RS-232 a señales compatibles con los niveles TTL de los circuitos lógicos del microcontrolador.

Las señales digitales de control que generan son las siguientes:

- **BOM1:** Señal de control de la activación / desactivación de la bomba de llenado.

- **BOM2:** Señal de control de la activación / desactivación de la bomba de vaciado.
- **LL1, LL2 y LL3:** Señales de control de las electroválvulas de llenado de las cavidades del sistema de translación neumático. Sus activaciones corresponden con la CER fijo, CEA y CER móvil respectivamente.
- **VAC1, VAC2 y VAC3:** Señales de control de las electroválvulas de vaciado de las cavidades del sistema de translación neumático. Sus activaciones corresponden con la CER fijo, CEA y CER móvil respectivamente.

La etapa digital y la etapa de potencia están aisladas entre sí mediante el uso de optoacopladores *CNY75C*. La lógica de activación que se ha implementado para estos es negativa. De modo que cuando el microcontrolador mande un '0' lógico se produce la activación del actuador, mientras que si manda un '1' lo desactivará.

La **etapa de potencia** es la encargada de proporcionar la tensión y corriente necesaria para cada uno de los actuadores de activación eléctrica que componen el sistema neumático, citados anteriormente.

En el caso de las bombas de llenado y vaciado, BOM1 y BOM2 respectivamente, se ha diseñado es el que se puede observar en la *Figura 21*.

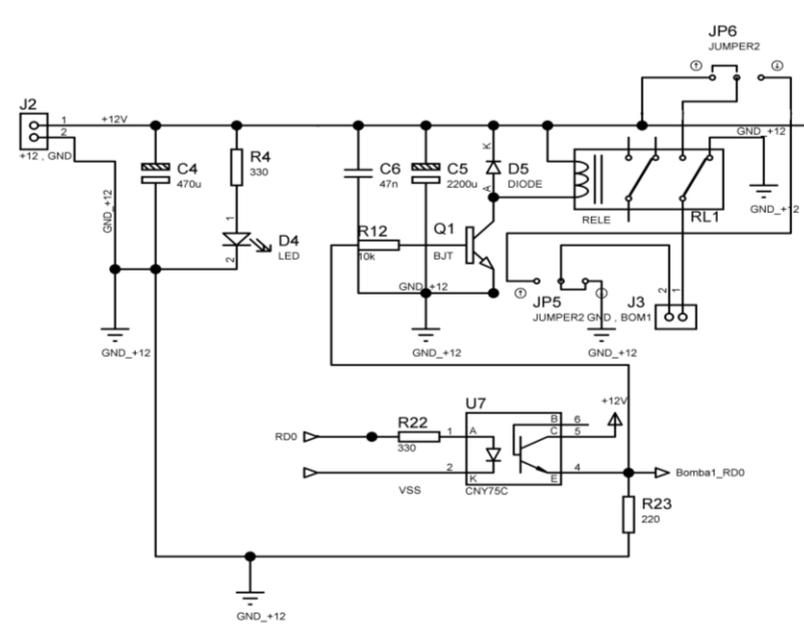


Figura 21. Esquemático de la etapa de potencia diseñada para la Bomba de llenado (BOM1), que es controlada mediante la salida digital RD0 del microcontrolador.

La salida del optoacoplador se ha conectado a la entrada de un transistor bipolar (*BD127G*) que controla la excitación del bobinado de un relé (*Omron G5V-2-H 12DC*) que al conmutar alimenta a 12V la bomba, haciéndola funcionar. En este caso se ha empleado un transistor bipolar porque los requerimientos de tiempos de conmutación no son críticos. Conviene mencionar que el esquemático que se ha mostrado en la *Figura 21* corresponde con el de la bomba de llenado, BOM1, que es controlada por la salida digital RD0 del microcontrolador. El circuito para el control de la bomba de vaciado es exactamente igual, nada más que esta vez la salida digital que se encarga del control es RD1.

En cuanto al circuito electrónico de la activación/desactivación de las electroválvulas, tanto para las de llenado como las de vaciado, es el siguiente:

La salida del optoacoplador se ha conectado a la entrada del driver de potencia *UC2707DW*, capaz de proporcionar a la salida una tensión de 12 V y hasta una corriente de 1,5 A. Dicho driver de potencia es de dos canales de entrada y dos de salida, de modo que un único driver puede ser empleado para obtener la tensión y la corriente necesaria para activar dos electroválvulas. Al ser seis electroválvulas en total, serán necesarios tres drivers de potencia *UC2707DW*. La introducción de este driver de potencia ha sido necesaria, ya que cada electroválvula tiene un consumo de corriente de unos 200 mA, corriente que es incapaz de ser proporcionadas por las salidas digitales del *PIC18F4550*. Este driver es de tecnología MOSFET, ya que el control de los tiempos de hinchado y deshinchado de las cavidades son críticos para que el sistema de translación funcione correctamente. La forma de conectar el driver con los optoacopladores y los conectores de control de las electroválvulas se puede ver en el *plano N° 14*, correspondiendo los drivers a los componentes U4, U5 y U6.

Una vez se tuvo el diseño del esquemático claro, se procedió al diseño de la placa de circuito impreso. El diseño resultante se puede observar en los *planos N° 15 y 16* del proyecto. Para su fabricación se enviaron a una empresa que se dedica a la generación de placas de circuito impreso, ya que los grosores de pista y separaciones diseñadas que precisábamos no eran posibles de con los medios disponibles en el laboratorio.

Una vez se montó toda la PCB de control, se testeó y se detectaron una serie de incongruencias de funcionamiento que se solucionaron con un par de ajustes.

Se han tenido que hacer dos reajustes sobre el diseño original de la placa, ya que entraban en conflicto con el correcto funcionamiento del sistema.

El primero de ellos es un fallo de diseño en la salida digital RB5 del microcontrolador. Dicha salida digital era la encargada de la activación y desactivación de la válvula de vaciado de la CER móvil, “VAC3”. Este problema está relacionado con un fallo de configuración del hardware o de la configuración software del pin RB5 del microcontrolador *PIC18F4550*. La problemática surge debido a que este pin es multifunción, al igual que muchos otros, y por lo tanto se debe de configurar vía registros para seleccionar la función deseada. Pero lo que tiene este pin de especial, con respecto al resto, es que una de sus funciones está relacionada con la programación del dispositivo en bajo voltaje (LVP), y aunque sea configurado como salida digital da una serie de problemas que no fueron contemplados a la hora del diseño inicial. Esto tiene como resultado que la válvula la dejaba siempre abierta, aunque por programación se le ordenase que la cerrará, generando un vaciado continuado de la cavidad haciendo imposible su llenado.

Se intentó solucionar el fallo mediante software, pero no fue posible, por lo que se optó por la siguiente solución:

Se cambió el control de la válvula por otro pin que no estuviera relacionado con la programación del microcontrolador. El pin que se seleccionó fue el RB4, ya que se encuentra justo al lado del pin RB5 y posibilitaba el puente de las pistas de una a otra con facilidad dentro de la PCB, evitando de este modo el diseño de una nueva PCB para el control del *Endoworm 3.0*, aunque se recomienda que en un futuro se cambie esto en el diseño de futuras placas de circuito impreso.

En el apartado de “5.2 Breve descripción del proceso de fabricación”, se muestra como ha de realizarse este reajuste descrito.

El segundo y último reajuste que se realizó, es la colocación de un disipador térmico en los drivers de potencia de las electroválvulas (U4, U5 y U6, según la serigrafía del *plano N° 16*) que fuera capaz de drenar el calor generado por los drivers hacia el entorno, evitando así que estos se quemaran. Esto fue necesario,

ya que se detectó que los drivers, al estar funcionando durante un tiempo prolongado, se quemaban y producían una apertura permanente de las electroválvulas que estaban conectadas a dicho driver. Debido a que este fallo se producía de forma sistemática y con una incidencia elevada, se hizo imprescindible añadir un disipador de térmico.

Se realizó una búsqueda de un disipador que mejorase el intercambio de calor con el entorno y de este modo minimizar la temperatura que alcanzaban los drivers cuando proporcionaban corriente a las válvulas para su apertura.

Los dos disipadores que se estuvieron estudiando (A y B) para ser empleados son lo que se muestran en la siguiente *Figura 22*:

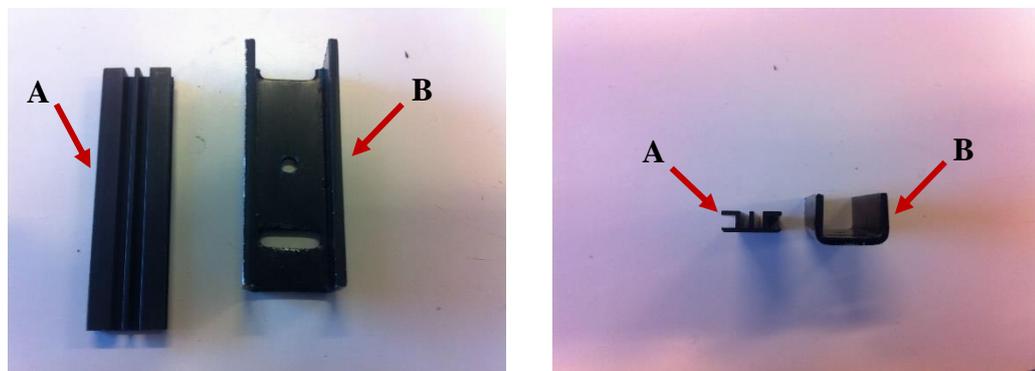


Figura 22. Imagen de los 2 tipos de disipadores (A y B) propuestos para la disipación térmica en los 3 drivers de potencia de las 6 válvulas del sistema Endoworm 3.0. La imagen de la izquierda muestra la planta de ambos disipadores mientras que la de la derecha muestra el alzado.

Han sido estos dos tipos de radiadores o disipadores términos los que se han seleccionado, ya que son los que estaban disponibles en el laboratorio y mejor se adaptaban al espacio disponible en la placa de control. La disposición de cada uno de los disipadores en la placa de control es el que se muestra en la *Figura 23*.

Como se puede observar el disipador A, a diferencia del B no toca con los componentes electrónicos circundantes, pero a cambio tiene una parte que sobresale de la placa y queda en voladizo, mientras que la B queda recogida en su integridad dentro de la placa.

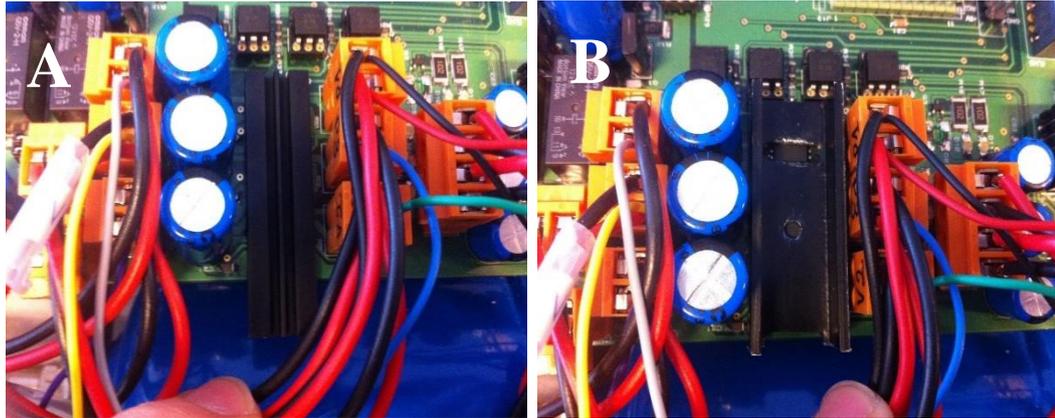


Figura 23. Imágenes que muestran la colocación del disipador sobre los drivers de potencia de las válvulas en la parte de la etapa de potencia de la placa electrónica. La imagen de la izquierda muestra el disipador A, mientras que la de la derecha muestra el disipador B.

Se seleccionó el disipador A ya que no toca con los componentes circundantes y la parte voladiza no molesta ni interfiere con el resto de componentes. Además, al no tener ningún agujero en la superficie de contacto con los drivers (que la B sí que los tiene) posibilita una mayor transferencia térmica. Por otro lado, la morfología del disipador A posibilita una mayor superficie de contacto con el aire con respecto a la B lo que a efectos prácticos se traduce a una mejor transferencia de calor entre el disipador y el aire, refrigerando mejor los drivers de potencia de las electroválvulas.

Conviene destacar que para mejorar la transferencia térmica y generar una unión mecánica entre los drivers y el disipador se ha empleado una pasta de silicona. Dicha pasta se ha dispuesto sobre la superficie del disipador que está en contacto con los drivers, de modo que al colocarse el disipador sobre los drivers se queden perfectamente adheridos.

Con esta solución, hasta la fecha, se ha conseguido que no hayan vuelto a fallar ninguno de los drivers de potencia, lo que quiere decir que la solución propuesta es la acertada. Además, se notó una mejoría considerable ya que después de tiempos prolongados de funcionamiento de las electroválvulas, no se incrementó de manera significativa la temperatura de los drivers.

5.1.2.2 Placa de potencia

La etapa de potencia de control fue diseñada basándose en el prototipo *Endoworm 2.0*, en la que el sistema neumático estaba concebido para llegar a una presión máxima de 120 – 130 kPa y por tanto la bomba de llenado era del mismo modelo que la de vaciado, ya que es capaz de llegar a 150 kPa. Cuando se probó la placa de control para el nuevo sistema neumático, especificado en apartados anteriores, a presiones superiores a los 130 kPa, surgieron dos fallos en la etapa de potencia de la placa de control. Los fallos que se detectaron se muestran en la *Figura 24*.

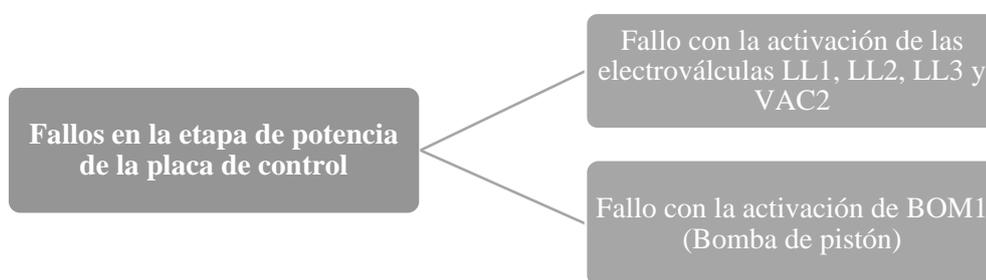


Figura 24. Esquema de los fallos detectados en la placa de control debido al nuevo sistema neumático diseñado.

A continuación, se van a desarrollar en detalle cada uno de los problemas de la etapa de potencia de la placa de control encontrados y cuál ha sido la solución adoptada para solventarlos.

Las electroválvulas de llenado (LL1, LL2, LL3), así como la electroválvula de vaciado VAC2, que tienen muelles de 6 bar de presión en lugar de los de 1 bar, no consiguen activarse con una tensión de alimentación de 12 V. Esto se debe a que los solenoides de las electroválvulas no generan campos magnéticos de suficiente magnitud para vencer la fuerza de oposición de los muelles de 6 bares y levantar los vástagos y permitir el flujo de aire a través de las electroválvulas.

A 12 V se hace pasar por el solenoide de cada una de las electroválvulas una corriente de 200 mA que se relaciona de forma directamente proporcional con la intensidad del campo magnético del solenoide. Para conseguir aumentar la intensidad del campo magnético y con ello poder levantar el vástago, es necesario que pase una mayor corriente por el solenoide. La tensión crítica a partir de la cual

se consigue levantar el vástago es de aproximadamente entre 18 y 20 V, dando lugar a una corriente entre 300 – 333 mA necesaria en el solenoide para generar la apertura de la válvula.

En el diseño implementado se ha decidido que las electroválvulas con muelles de 6 bares van a ser alimentadas a una tensión de 24 V, para que por el solenoide atraviese una corriente de 400 mA y poder levantar el vástago para llenar o vaciar las cavidades. Se ha decidido usar este nivel de tensión y no otro inferior debido a que se necesitará una fuente de 24 V para alimentar la bomba de pistón como se verá a continuación. De este modo se conseguirá un menor número de fuentes de alimentación. Esto requerirá añadir un circuito extra a la etapa de potencia de la placa de control para la activación de las electroválvulas de llenado y VAC2.

Por otro lado, el fallo de la bomba de llenado se debe a que del *prototipo 2.0* al *3.0* ha surgido la necesidad de cambiar el tipo de bomba que se emplea. La bomba de pistón empleada, *NPK09 DC - 24V*, para el llenado de la cavidad funciona a 24 V en lugar de 12 V, lo que obliga a cambiar o rediseñar la etapa de potencia de la bomba de llenado, BOM1.

Debido a estos fallos, surgió la necesidad de implementar una placa de circuito impreso adicional para la etapa de potencia de la placa de control. A dicha placa se le ha denominado con el nombre de placa de potencia, debido a la funcionalidad que desempeña.

El esquemático de la placa diseñada se puede observar en el *plano N° 17*, mientras que las máscaras, serigrafía y taladros de la placa de circuito impreso resultante se muestra en los *planos N° 18 y 19*.

A continuación, se va a justificar el circuito de potencia diseñado para las electroválvulas y para la bomba de llenado.

Para las electroválvulas se ha pensado realizar un circuito complementario que ayude a que se puedan activar a 24V en lugar de los 12V que ofrece la placa de control. Para ello se ha tomado la salida de activación de las electroválvulas de la placa de control como entrada a la placa de potencia. Por simplicidad, se ha empleado la misma nomenclatura que se ha seguido para la placa de control: LL1, LL2, LL3 y VAC2. En la placa de potencia se puede distinguir la entrada de estas

señales debido a que están acompañadas de “(in)” que indican que son de entrada (input), véase serigrafía de la placa de potencia en el plano N° 19.

Posteriormente se diseñó el circuito de potencia que se puede ver en la Figura 25. Dicho circuito corresponde únicamente con la etapa de potencia de una única electroválvula (LL1) y el sistema de alimentación de 24 V que se va a emplear para las válvulas de llenado.

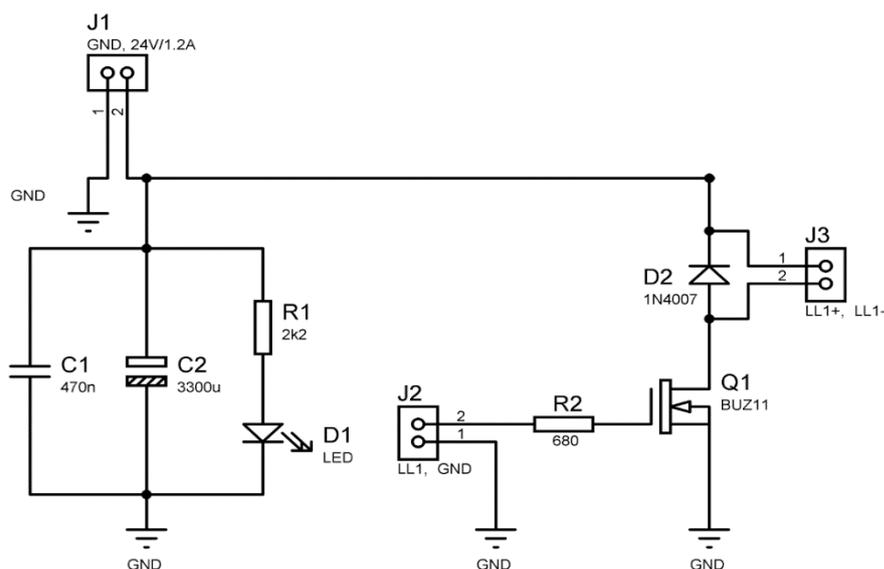


Figura 25. Esquema de la etapa de potencia de la electroválvula LL1 y el sistema de alimentación de las electroválvulas de llenado

Se ha empleado el MOSFET de potencia de canal N, el *BUZ11* (Q1), para que actúe de elemento conmutador y generar un cortocircuito, alimentado la electroválvula a 24V, o circuito abierto, dejando de alimentar la electroválvula, de modo que controle la activación/desactivación de la electroválvula. La señal de control proviene de la salida de los drivers de potencia, *UC2707DW*, de la placa de control y se conectará a la puerta del *BUZ11*, mediante la resistencia R2.

El valor de la resistencia R2 se ha calculado de forma que sirva como limitador del pico de carga de la capacidad parásita de entrada del MOSFET *BUZ11* y que garantice la puesta en conducción en el mínimo tiempo posible. El circuito equivalente en la entrada del MOSFET es la resistencia limitadora (R2) y la capacitancia parásita de entrada del transistor, siendo la tensión de puerta la que se produce en bornes del condensador parásito de entrada (C_{iss}).

Basándose en el criterio del pico de carga, ha de emplearse la *ecuación (1)* para calcular la resistencia R2. Se ha considerado que una corriente máxima de 18 mA es suficiente para la conmutación. A continuación, se muestra el cálculo de R2:

$$(1) \quad R_2 = \frac{V_{CC}}{I_{m\acute{a}x}} = \frac{12 \text{ V}}{18 \text{ mA}} = 666,667 \, \Omega \quad \rightarrow \quad R_2 = \mathbf{680 \, \Omega}$$

Una vez calculada la resistencia de la puerta del BUZ11, se ha procedido a comprobar el tiempo de conmutación a ON. Este tiempo se define como el tiempo de carga del condensador C_{ISS}. Teniendo en cuenta que la constante de tiempo del circuito equivalente es la que se muestra en la *ecuación (2)* y que el tiempo de puesta en conducción del MOSFET es el que se muestra en la *ecuación (3)*.

Según la hoja de características se tiene que C_{ISS} máximo de es 2000 pF y la resistencia limitadora de la puerta es el valor anteriormente calculado R2, se tiene que el tiempo de conmutación a ON es de 6,8 μs. Este tiempo es lo suficientemente pequeño para hacer conmutar de forma rápida las electroválvulas.

$$(2) \quad \tau = R_2 \cdot C_{ISS} = 1,36 \, \mu\text{s}$$

$$(3) \quad t_{ON} \approx 5 \cdot \tau = 6,8 \, \mu\text{s}$$

La carga, electroválvula, se ha colocado entre la alimentación de 24 V y el drenador del BUZ11, colocándose un diodo de protección en antiparalelo. El diodo seleccionado es el IN4007, debido a su disponibilidad en el laboratorio y el cumplimiento de niveles de corriente y tensión necesarios. La finalidad del diodo es la de favorecer una descarga controlada del solenoide de la electroválvula, evitando así la aparición de sobretensiones en el transistor.

Esta estructura es repetida para el resto de electroválvulas con muelle de 6 bares.

En cuanto al sistema de alimentación de las electroválvulas de llenado se ha empleado una fuente de 24 V y 1,2 A. A la cual se le ha conectado: un condensador cerámico de 470 nF que sirva para filtrar las altas frecuencias de la alimentación (C1), un condensador electrolítico (C2) de 3300 μF encargado de aportar las sobredemandas de corrientes en los transitorios de activación/desactivación de las electroválvulas, y por último un LED (D1) y una resistencia limitadora (R1) que sirvan como indicador del correcto funcionamiento de la fuente de alimentación.

Para la bomba de llenado de pistón, BOM1, se ha implementado el circuito de potencia que se muestra en la *Figura 26*.

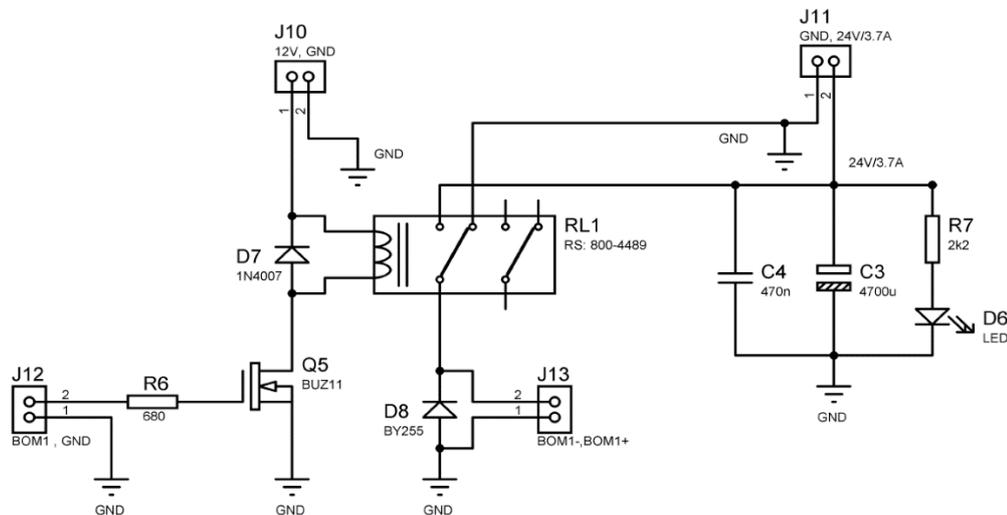


Figura 26. Esquema del circuito de potencia adicional implementado para la bomba de llenado de pistón, BOM1 de la palca de potencia.

La estructura es muy similar a la que se ha seguido con las electroválvulas, excepto dos detalles. El primero es que en la posición donde se conectaba la electroválvula ahora se conecta la bobina de excitación de un relé que será el responsable de alimentar la bomba de pistón. El segundo es que ahora en lugar de conectarse el drenador del *BUZ11* a la tensión de 24V, se conecta a una de 12V. Esto se debe a que el relé seleccionado, *RS 800-4489*, necesita una tensión de excitación de la bobina de 12 V.

El relé seleccionado es para montaje sobre una placa de circuito impreso y capa de soportar corriente de hasta 10 A entre los contactos. Dispone de dos elementos conmutadores de forma simultánea. En el diseño propuesto solamente se emplea uno de estos y será configurado tal y como se muestra en la *Figura 27*. La configuración seleccionada es que la bomba este normalmente apagada y cuando se excite la bobina de relé pase a estar alimentada a 24V con una fuente de alimentación capaz de aportar hasta 3,7 A. De igual modo que para el solenoide de la electroválvula, se ha conectado un diodo en antiparalelo, nada más que esta vez se ha tenido que emplear el *BY255*, ya que permite unas corrientes directas superiores al *1N4007*.

En cuanto al sistema de alimentación de la bomba de pistón, se ha empleado una fuente de 24 V y 3,7 A. A la cual se le ha conectado: un condensador cerámico de 470 nF que sirva para filtrar las altas frecuencias de la alimentación (C4), un condensador electrolítico (C3) de 4700 μ F encargado de aportar las sobredemandas de corrientes en los transitorios de activación/desactivación de las electroválvulas, y por último un LED (D6) y una resistencia limitadora (R7) que sirvan como indicador del correcto funcionamiento de la fuente de alimentación.

El resultado final del diseño y montaje de la placa es el que se muestra en la *Figura 27*.

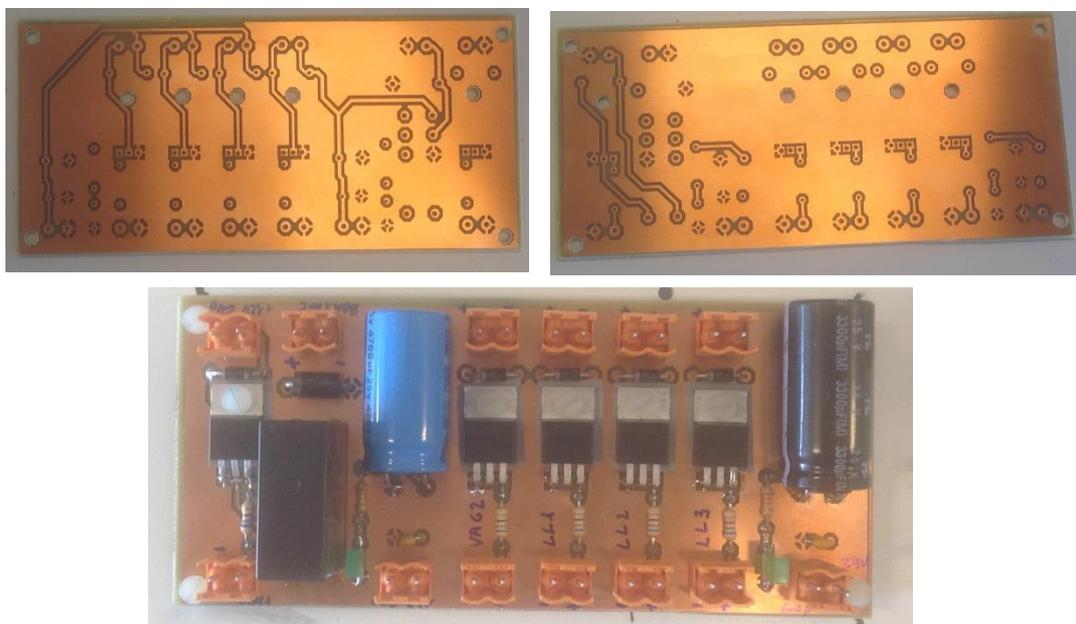


Figura 27. Fotografías del resultado final de la placa de potencia. La foto de arriba a la izquierda corresponde con cara de debajo de la placa de circuito impreso, mientras que la de la derecha a la cara de arriba. La fotografía de abajo corresponde con el resultado final de la placa una vez se han colocado todos los componentes.

5.1.2.3 Placa de presiones

La placa de presiones es un subsistema dentro del sistema electrónico del prototipo *Endoworm 3.0*. Se encarga de medir las presiones del calderín de llenado, CEA, CER móvil y CER fijo.

Para ello se ha diseñado el circuito electrónico que se puede ver en el *plano N° 20*. En la *Figura 28* se muestra el circuito de adaptación de la señal de uno de los sensores de presión seleccionados para el diseño.

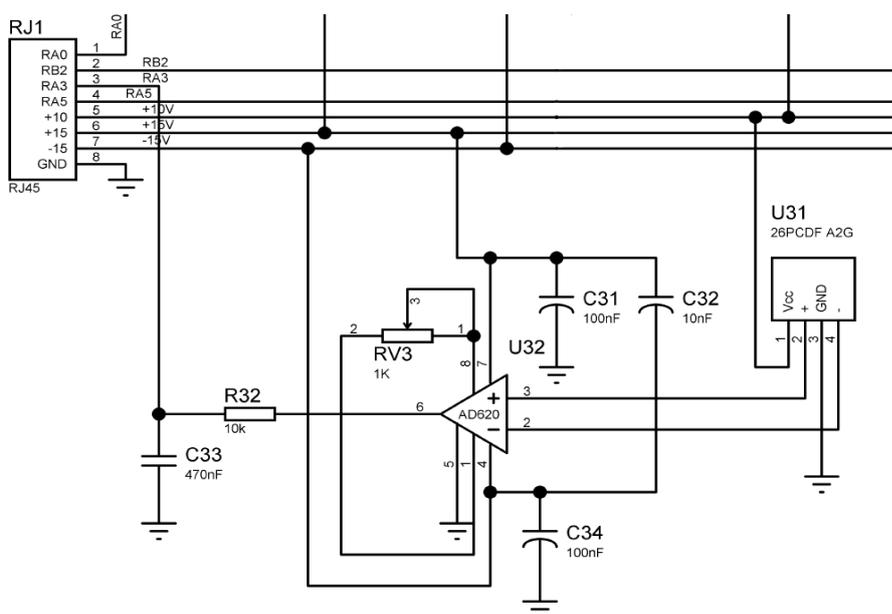


Figura 28. Esquema del circuito electrónico implementado para la adaptación de la señal proporcionada por el sensor 26PCDF A2G.

El diseño de la placa de presiones gira entorno al sensor de presiones seleccionado para realizar la medida de las presiones de las cuatro cavidades anteriormente citadas. Se ha seleccionado el sensor de presión relativa *26PCDF A2G de Honeywell*, capaz de medir un rango de presiones que va desde los 0 a los 30 psi, es decir de 0 a 207 kPa. Está diseñado para su uso en medios húmedos o secos y son de tecnología piezorresistiva, teniendo un alto rendimiento, fiabilidad y precisión.



Figura 29. Imagen del sensor 26PCDF A2G.

El sensor consta de cuatro elementos piezorresistivos activos que forman un puente Wheatstone montados sobre un diafragma de silicio. Cuando se aplica presión, la resistencia cambia y el sensor proporciona una señal de salida

diferencial en milivoltios proporcional a la presión de entrada. Es capaz de operar en el rango de temperatura de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $85\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Debido a que proporciona una salida en milivoltios es preciso amplificar la señal y adaptarla al rango de tensiones de entrada del conversor analógico digital (CAD) del *PIC18F4550*. El rango de tensiones de entrada del CAD es de 0 a 5 V, mientras que el rango de salida del sensor a fondo de escala es de 0 a 100 mV, cuando es alimentado a 10 V a temperatura ambiente. Por lo tanto, será necesario una ganancia de 50 V/V para acondicionar la señal de salida del sensor a la entrada analógica-digital del microcontrolador.

El circuito encargado de conseguir dicha ganancia es el que se muestra en la *Figura 28*. Se ha seleccionado el amplificador diferencia de instrumentación *AD620B* para realizar la amplificación de la señal de salida del sensor.

El ajuste de la ganancia de la tensión del amplificador operacional de la palca de presión se debe de ajustar al rango de medida deseado. Esta ganancia se ajusta a través de un potenciómetro en función de su valor resistivo, RV3. Dicho potenciómetro es *Bourns PVG5H* de $1\text{ k}\Omega \pm 10\%$, multivuelta y de montaje SMD.

Los cálculos realizados para determinar el valor resistivo al que se debe de ajustar el potenciómetro son el siguientes:

Según la hoja de características del sensor *26PCDF A2G*, se tiene que la salida de tensión del sensor a 0 psi es de 0 mV y a 30 psi es de 100 mV, por lo que la sensibilidad del sensor es:

$$(4) \quad S_p = \frac{\partial V_d}{\partial P} \approx \frac{\Delta V_d}{\Delta P} = \frac{100\text{ mV}}{30\text{ psi}} = 3,333 \frac{\text{mV}}{\text{psi}} \cong 0,483 \frac{\text{mV}}{\text{kPa}}$$

Dónde V_d es la tensión diferencial que hay a la salida del sensor, P es el valor de la presión a la entrada del sensor y S_p es el valor de la sensibilidad del sensor con respecto a la presión.

Por otro lado, según la hoja de características del amplificador de instrumentación *AD620B* se tiene que el valor de la ganancia diferencias se ajusta con la *ecuación (5)* y despejando se obtiene la *ecuación (6)* que da el valor de la resistencia:

$$(5) \quad A_d = 1 + \frac{49,4\text{ k}\Omega}{R_g} \rightarrow (6) \quad R_g = \frac{49,4\text{ k}\Omega}{A_d - 1}$$

Dónde Ad es la ganancia diferencial configurada al amplificador $AD620B$ y Rg es el valor de resistencia que se ha de configurar en el potenciómetro $RV3$ para obtener el valor de Ad deseado.

El valor de Ad necesario es:

$$(7) \quad Ad = \frac{Vs}{Vd} = \frac{5 \text{ V}}{100 \text{ mV}} = 50 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

Dónde Vs es el valor máximo de tensión deseado a la entrada del conversor analógico digital del $PIC18F4550$.

Si se sustituye el valor obtenido en la ecuación (7) en la ecuación (6), se tiene que el valor de Rg es 1 k Ω . Por lo tanto, el potenciómetro se deberá ajustar a 1 k Ω .

De este modo se garantiza aprovechar todo el rango de media del sensor (0 a 207 kPa), aunque para la aplicación del dispositivo solamente vallamos a llegar a los 200 kPa.

Para asegurar que el amplificador de instrumentación trabaje en la zona lineal es alimentado a $\pm 15 \text{ V}$, ya que la tensión de salida estará entre 0 V y 5 V, como se ha comentado anteriormente.

A la salida del amplificador de instrumentación se ha colocado un filtro antialiasing, paso bajo de primer orden a la frecuencia de 1 Hz (f_c). Los valores de la resistencia y el condensador que lo conforman son de 300 k Ω y 470 nF (R_{32} y C_{33}), respectivamente. Para el cálculo de esto se ha empleado la ecuación (8), fijando el valor de condensador para obtener el valor de la resistencia a la frecuencia de corte deseada.

$$(8) \quad f_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_{32} \cdot C_{33}}$$

Los condensadores C_{31} , C_{32} y C_{34} son para el desacoplo de la alimentación del amplificador de instrumentación.

Conviene recordar que los cálculos que se han explicado, como el circuito de la Figura 28 corresponde con el circuito correspondiente a un único sensor de presión, por lo tanto, en la palca de presiones habrá tres circuitos más como este para los tres sensores restantes. Las señales resultantes de la salida de la

amplificación de los cuatro sensores se conectarán a los pines *RA0*, *RA3*, *RA5* y *RB2* del *PIC18F4550*.

En los *planos N° 20, 21 y 22*, se muestran el esquemático, las máscaras, serigrafía y taladros de la placa de presiones que se ha diseñado.

En la *Figura 30*, se puede ver el aspecto final de la placa de presiones.

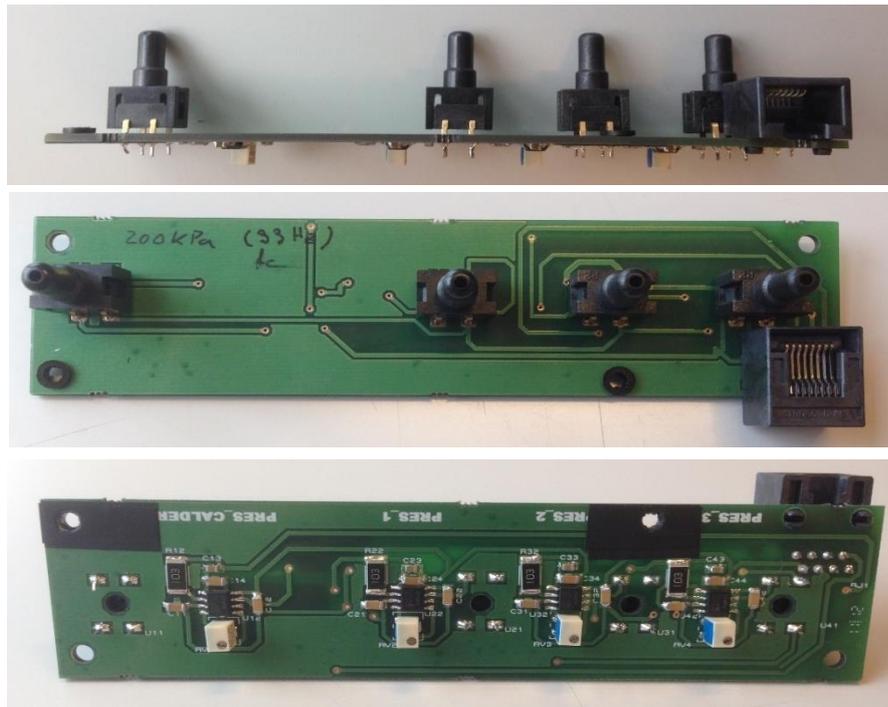


Figura 30. Imagen de la placa de presiones. La foto de arriba corresponde a la vista en perfil, la de en medio a la vista de la parte inferior, mientras que la de abajo corresponde con la parte superior.

5.1.2.4 Placa de LEDs

La placa de LEDs es un subsistema perteneciente al sistema electrónico del *Endoworm 3.0*. La finalidad de este es determinar el correcto funcionamiento de los drivers de potencia de la placa de control, así como para servir de control visual del estado de llenado o vaciado de las cavidades. Es por este motivo que esta placa se colocará pegada en la carcasa frontal del dispositivo con la finalidad de que el usuario pueda en todo momento determinar el correcto funcionamiento de las electroválvulas realizando un simple vistazo a la placa de LEDs.

La placa de LEDs está compuesta por un conjunto de seis LEDs con sus respectivas resistencias limitadoras. Cada uno de los LEDs está destinado a indicar

el estado de activación o desactivación de una de las electroválvulas del dispositivo, de modo que cuando el LED este encendido se a un indicador de que la electroválvula está activa, mientras que si está apagado la electroválvula estará desactivada.

Los LEDs que indican el llenado de las cavidades son de color verde, mientras que los que indican el vaciado de las cavidades son de color rojo. En el *plano N° 23* se puede ver el esquemático de la placa, mientras que en el *plano N° 24* se pueden ver la serigrafía y la máscara de la placa de circuito impreso que materializa el circuito.

En los apartados “5.1.3.1 Cableado” y “5.1.3.2 Conectores” se verá en más detalle el tipo de cable y conector que se ha empleado para realizar la conexión de la placa de LEDs con la placa de control. En el *plano N° 13*, se pueden ver las conexiones que se han realizado.

En la *Figura 31* se puede ver fotografías del resultado final de la placa de LEDs.

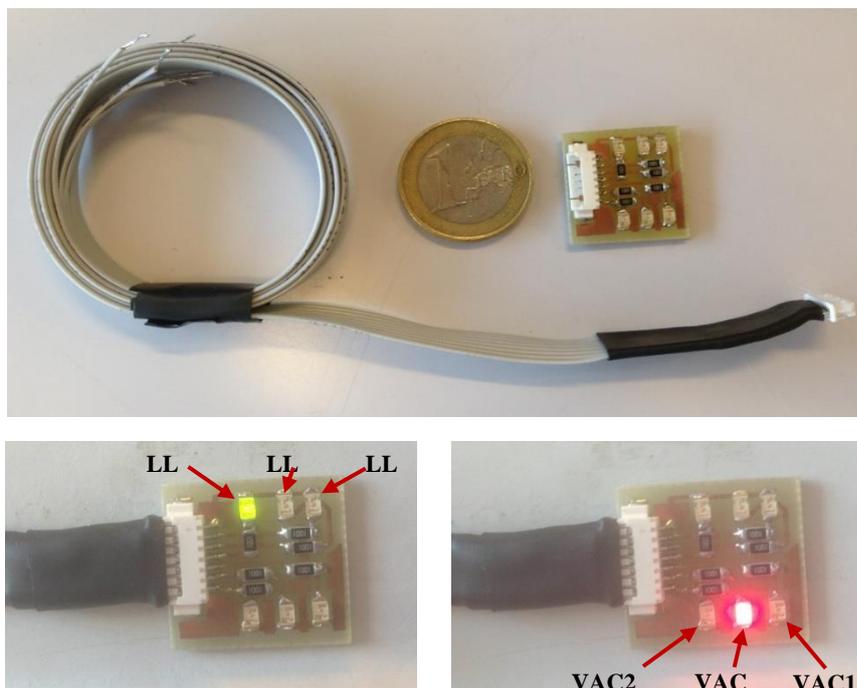


Figura 31. Fotografías del resultado final de la implementación de la placa de LEDs indicadores del estado y correcto funcionamiento de las electroválvulas. La imagen de arriba se muestra el cable con el conector y la placa de LEDs. En las imágenes de abajo se muestra la placa de LED en funcionamiento. En la imagen de la izquierda está indicando que se está activa la electroválvula de llenado LL2, por lo que se está llenando la CEA: Mientras que en la imagen de la derecha se muestra que está activada la electroválvula de vaciado VAC3, por lo que se está vaciando la CER móvil.

La disposición de la placa de LEDs sobre la carcasa frontal del dispositivo se muestra en la *Figura 32*.

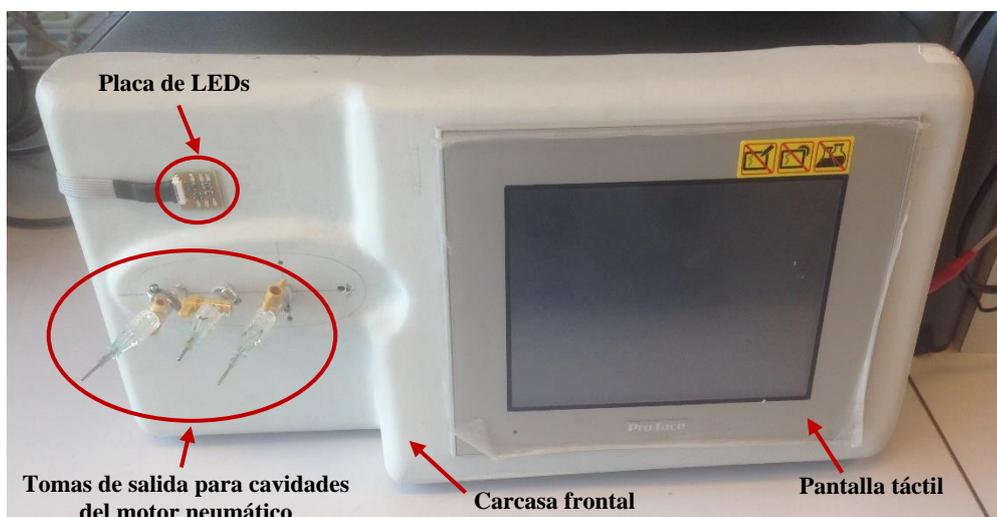


Figura 32. Fotografía del resultado final de la parte frontal del Endoworm 3.0. En la que se puede ver la disposición de la placa de LEDs encima de las tomas de los conductos de salida para las cavidades del motor neumático.

5.1.2.5 Pantalla táctil

La pantalla táctil es un componente que forma parte del sistema electrónico del prototipo, cuya función es la de servir de interfaz entre el usuario y el microcontrolador de la palca de control que se encarga de gobernar el dispositivo.

Tras sopesar las soluciones alternativas que se han propuesto en apartados anteriores, se ha llegado a la conclusión de seguir empleando pantalla “inteligentes”, ya que permiten unos tiempos de desarrollo menores, quita trabajo al microprocesador y ya se tienen nociones sobre cómo ha de programarse.

Con el paso de la versión 2.0 del Endoworm a la versión 3.0 se consideró oportuno adquirir un nuevo modelo de pantalla táctil para el interfaz entre el usuario y el dispositivo. La finalidad es conseguir una pantalla que ocupe un menor espacio que el modelo actual y permita ajustar mejor las dimensiones del dispositivo para que entre sin problemas en la torre de endoscopia. Por este motivo se compró un nuevo modelo de pantalla compatible con el modelo anterior, de modo que los interfaces diseñados previamente pudieran ser válidos.

El modelo de pantalla de la versión 2.0 es *AGP3400-TI-D24* de la casa comercial *Pro-face*, mientras que el nuevo modelo adquirido para la versión 3.0 es

PFXGP440ITAD de la misma casa comercial. Ambas tienen unas características eléctricas prácticamente idénticas lo que posibilita su intercambio entre las distintas versiones y conservar las mismas fuentes de alimentación. El aspecto de la nueva pantalla se puede observar en la *Figura 33*.

Conviene destacar que al igual que se ha producido un cambio en cuanto al modelo, también se ha adquirido una versión más actualizada del software de programación de la pantalla, el software *GP PRO v4.04*. Esto último se tratará con más detalle en el apartado “5.3.2 Programa de la pantalla táctil”.

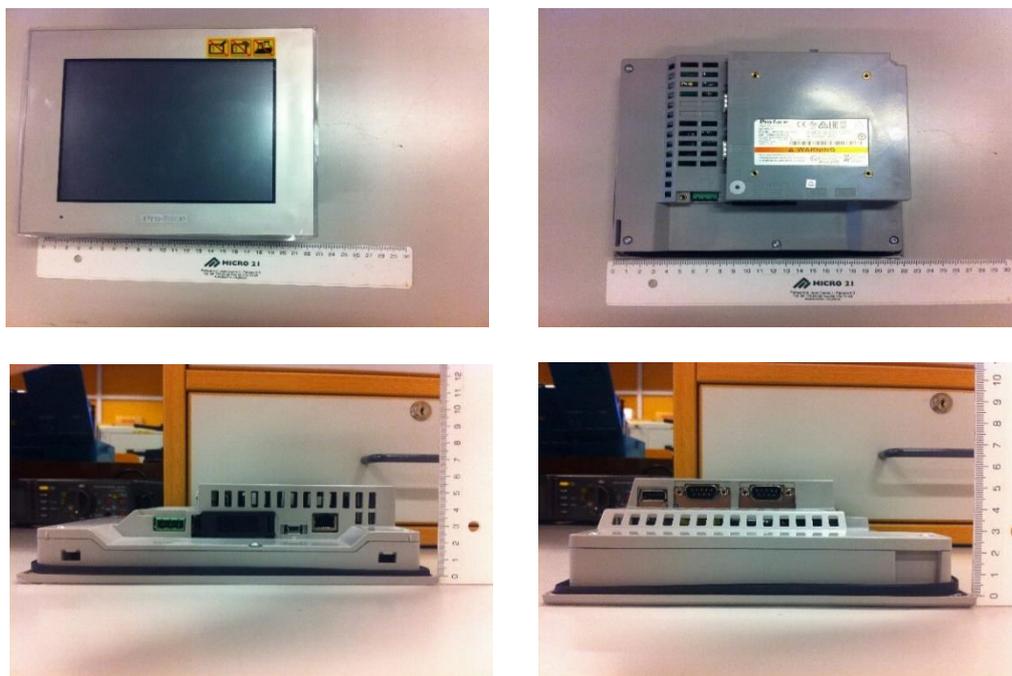


Figura 33. Imágenes de distintas perspectivas de la pantalla táctil PFXGP440ITAD del Endoworm 3.0

5.1.2.6 Fuentes de alimentación

Las fuentes de alimentación son un conjunto de componentes del sistema electrónico que se encargan de proporcionar los niveles de tensión y corriente necesarios para la pantalla táctil, las placas de control, potencia, presiones, LEDs y accionamientos electromecánicos que conforman el sistema neumático del dispositivo. Por cuestión de eficiencia y tamaño, se ha decidido emplear fuentes conmutadas de uso médico en lugar de lineales, al igual que en el prototipo del *Endoworm 2.0*.

Debido a los cambios introducidos con respecto el prototipo anterior el Endoworm como son el cambio de los muelles de 1 bar por los de 6 bares de las

electroválvulas anteriormente descrito y el cambio de la bomba de llenado de una de diafragma por una de pistón, ha surgido la necesidad de hacer una reestructuración de las fuentes de alimentación que dan soporte al dispositivo. Por este motivo se va a hacer un estudio más o menos aproximado del consumo necesario y sustituir aquellas fuentes de alimentación que no sean capaces de soportar las nuevas necesidades de consumo.

Antes de proceder a hacer el estudio de consumo actual se va a hacer un pequeño resumen de la evolución de las fuentes de alimentación empleadas en la versión inicial del *Endoworm 2.0*. Se empezó con las siguientes fuentes de alimentación:

- Una fuente de alimentación **MPS-45-12** de 12 V y 3.7 A.
- Una fuente de alimentación **MPT-45C** con las siguientes tensiones y corrientes:
 - + 15 V y 1.6 A.
 - - 15 V y 0.3 A.
 - + 5 V y 3 A.
- Una fuente de alimentación **MPS-30-24** de 24 V y 1.2 A.

Posteriormente, debido a las modificaciones introducidas se han tenido que realizar una reorganización de las fuentes de alimentación. Para justificar los cambios introducidos se va a hacer una estimación de consumo de corriente para cada tensión de alimentación. En la estimación de consumo que se plantea se hacen las siguientes consideraciones:

- Se contabilizan los componentes eléctricos que tienen un consumo de corriente por encima de los 100 mA, a estos los denominaremos de alto consumo.
- Los componentes que tiene un consumo de corriente por debajo de los 100 mA no se tienen en cuenta para la estimación del consumo, a estos los denominaremos de bajo consumo.
- Se aplicará un factor de sobredimensionado del 20 % del consumo total de corriente de los componentes considerados relevantes para la estimación, con la finalidad de que el factor de sobredimensionado cubra el consumo de corriente de los componentes de bajo consumo, así como posibles modificaciones en el diseño de la etapa de potencia del dispositivo.

Una vez definidas las consideraciones que se tienen en cuenta para realizar la estimación de consumo de corriente, se va a hacer la contabilización del consumo total de corriente para cada tensión.

Para la tensión de 5 V y de ± 15 V se considera más que suficiente las corrientes aportadas por la fuente **MPT-45C**. Esto se puede asumir porque son las tensiones encargadas de alimentar la parte digital de la placa de control, así como la placa de presiones, siendo ambas de bajo consumo. Por lo tanto, esta fuente de alimentación no va a ser remplazada. Esta fuente en total tiene un consumo de corriente máxima de:

$$I_{Total \text{ MPT-45C}} \approx 3 \text{ A} + 1.6 \text{ A} + 0.3 \text{ A} \approx \mathbf{4.9 \text{ A}}$$

Aunque en realidad será mucho menor, ya que este consumo sería el máximo que es capaz de soportar.

Para la tensión de 12 V se tiene que al estar dos fuentes **MPS-45-12** conectadas en paralelo la corriente máxima que es capaz de aportar es:

$$I_{Total \text{ MPS-45-12}} \approx 2 \cdot 3.7 \text{ A} \approx \mathbf{7.4 \text{ A}}$$

Teniendo en cuenta que con la fuente de 12 V se alimentan 2 electroválvulas y una bomba de diafragma, siendo todos los componentes considerados como componentes de alto consumo. Teniendo en cuenta que según las características de las electroválvulas, al ser alimentadas a 12 V tienen un consumo de potencia de 2.5 W, por lo que el consumo de corriente de una electroválvula es aproximadamente de 200 mA ($I_{Electroválvula (12V)} \approx 200 \text{ mA}$). Por otro lado, según las características del motor de corriente continua de la bomba de diafragma se tiene que su consumo máximo de corriente es $I_{Bomba \text{ diafragma}} \approx 1.85 \text{ A}$. Esto hace que la corriente total consumida sea:

$$I_{Consumida \text{ MPS-45-12}} = 2 \cdot I_{Electroválvula (12V)} + I_{Bomba \text{ diafragma}} \approx \mathbf{2.25 \text{ A}}$$

Que aplicando el factor de sobredimensionamiento del 0.2 (20 % de consumo adicional) se tiene que la corriente consumida en estas nuevas condiciones es de **2.7 A**. Como esta corriente es inferior a la máxima soportada por la fuente MPS-45-12, con una única fuente será más que suficiente.

Por último, para la tensión de 24 V se tiene una fuente **MPS-30-24**. Dicha fuente estaba destinada a alimentar única y exclusivamente a la pantalla táctil (modelo Pro-face GP-4401-TAD). Según su hoja de características está tiene un consumo máximo de 0.5 A ($I_{Pantalla} \approx 0.5 A \approx I_{Consumida\ MPS-30-24}$), por lo que es más que suficiente la única fuente de 24 V de alimentación.

Pero con las nuevas necesidades, se introducen nuevos componentes que se alimentan a 24 V. Estos son:

- Cuatro electroválvulas cuyo consumo de corriente pasa a ser el doble al que tienen las electroválvulas alimentadas a 12 V. Por lo tanto, $I_{Electroválvula\ (24\ V)} \approx 400\ mA$.
- Bomba de pistón **KNF - NPK 09 DC** que debe de ser alimentado a 24 V y cuyo consumo de corriente máximo es de 2,7 A. Por lo tanto, $I_{Bomba\ Pistón} \approx 2.7\ A$.

Teniendo esto en cuenta y que es posible que en un futuro las 6 electroválvulas funcionen a 24V, se tiene que el consumo estimado para la fuente de alimentación de 24 V es el siguiente:

$$I_{Consumida\ MPS-30-24}^* = 6 \cdot I_{Electroválvula\ (24V)} + I_{Bomba\ Pistón} + I_{Pantalla}$$

$$I_{Consumida\ MPS-30-24}^* \approx 5.5\ A$$

Si se tiene en cuenta el factor de sobredimensionamiento de 0.2, se tiene que la corriente consumida por la fuente de alimentación de 24 V es de **6.6 A**.

Como se puede comprobar el valor de corriente es bastante elevado al que suministra una única fuente MPS-30-24. Por este motivo se ha decidió emplear tres fuentes de alimentación que tenemos a nuestra disposición a expensas de que en un futuro sea sustituido estas tres fuentes por una única fuente de alimentación. La distribución de las tres fuentes de alimentación a 24 V es:

- Dos fuentes de alimentación MPS-30-24 que proporcionan una corriente de 1.2 A cada una. El reparto de la carga de las mismas es el siguiente:
 - Una para alimentar la pantalla táctil, de este modo se evitan posibles interferencias por conmutación del resto de componentes.

- Otra para alimentar las tres electroválvulas de llenado (LL1, LL2 y LL3).
- Una fuente de alimentación **RSP-75-24** que proporciona 24 V y una corriente de 3.2 A. A esta se le conectará la Bomba de pistón KNF - NPK 09 DC, así como la electroválvula de vaciado del CEA o fuelle (VAC2).

Conviene destacar que la utilización de las tres fuentes de alimentación es algo provisional para poder seguir con el desarrollo del dispositivo y por lo tanto de la investigación, con el objetivo final de ser sustituidas por una única fuente de 24 V que alimentará todos los componentes que requieran dicha tensión en un futuro.

Se ha realizado un estudio de las fuentes existentes actualmente en el mercado y se ha determinado que el modelo óptimo es: **MSP-200-24 de Mean Well**. Es capaz de aportar 24 V y una corriente máxima de 8.4 A. Para ello, se ha tenido que basarse en los requerimientos de espacio, niveles de tensión y de corriente, así como la posesión de los certificados necesarios para ser empleados en el ámbito sanitario.

En la *Figura 34*, se puede ver la distribución física actual de las fuentes de alimentación.



Figura 34. Fotografía de la distribución física actual de las fuentes de alimentación. En total hay 5 fuentes de alimentación (una **MPS-45-12**, una **MPT-45C**, dos **MPS-30-24** y una **RSP-75-24**). La imagen de la izquierda corresponde a la vista frontal del Endoworm 3.0, mientras que la de la derecha corresponde a una vista desde la parte superior.

Hasta la fecha esta distribución de las fuentes está funcionando perfectamente.

En el plano de conjunto se ve mejor cómo se ha realizado la distribución de todas las fuentes de alimentación (*plano N°1*). Por otro lado, el montaje del conjunto de fuentes de alimentación (tres en total) que se han unido en un único bloque se puede ver en el *plano N° 4*.

5.1.3 Sistema eléctrico

El sistema eléctrico del *Endoworm 3.0* tiene como objetivo el de interconectar las distintas placas de circuito impreso como la de control, potencia, presiones y LEDs entre ellas, con la pantalla táctil, las fuentes de alimentación y el conjunto de actuadores electromecánicos del circuito neumático.

El sistema eléctrico se puede dividir en dos subsistemas: el cableado y los conectores.

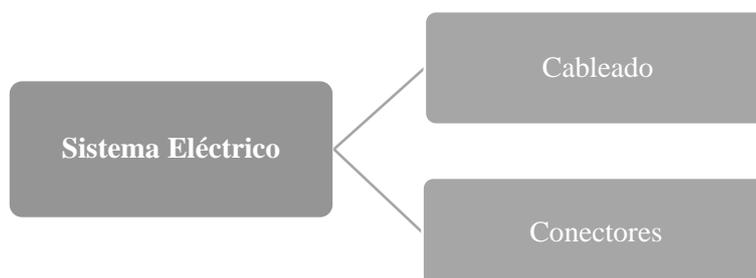


Figura 35. Organigrama del sistema eléctrico del *Endoworm 3.0*.

El subsistema de cableado está formado por todos los tipos de cables que se han tenido que emplear para establecer la conductividad eléctrica entre los componentes que se han de conectar eléctricamente en el *Endoworm 3.0*. Los elementos ha interconectar son los que están recogidos de forma esquemática en la *Figura 36*.

Por otro lado, el subsistema de conectores está conformado por todos los tipos de conectores que se han empleado para garantizar el correcto anclaje mecánico entre los cables y los distintos componentes o elementos recogidos en la *Figura 36*.

El plano de las conexiones que conforman el sistema eléctrico se puede ver en el *plano N° 13*, sobre el mismo se indican los tipos de cables y conectores que se han empleado. El código de colores que sigue es explicado en el apartado “5.1.3.1 Cableado”.

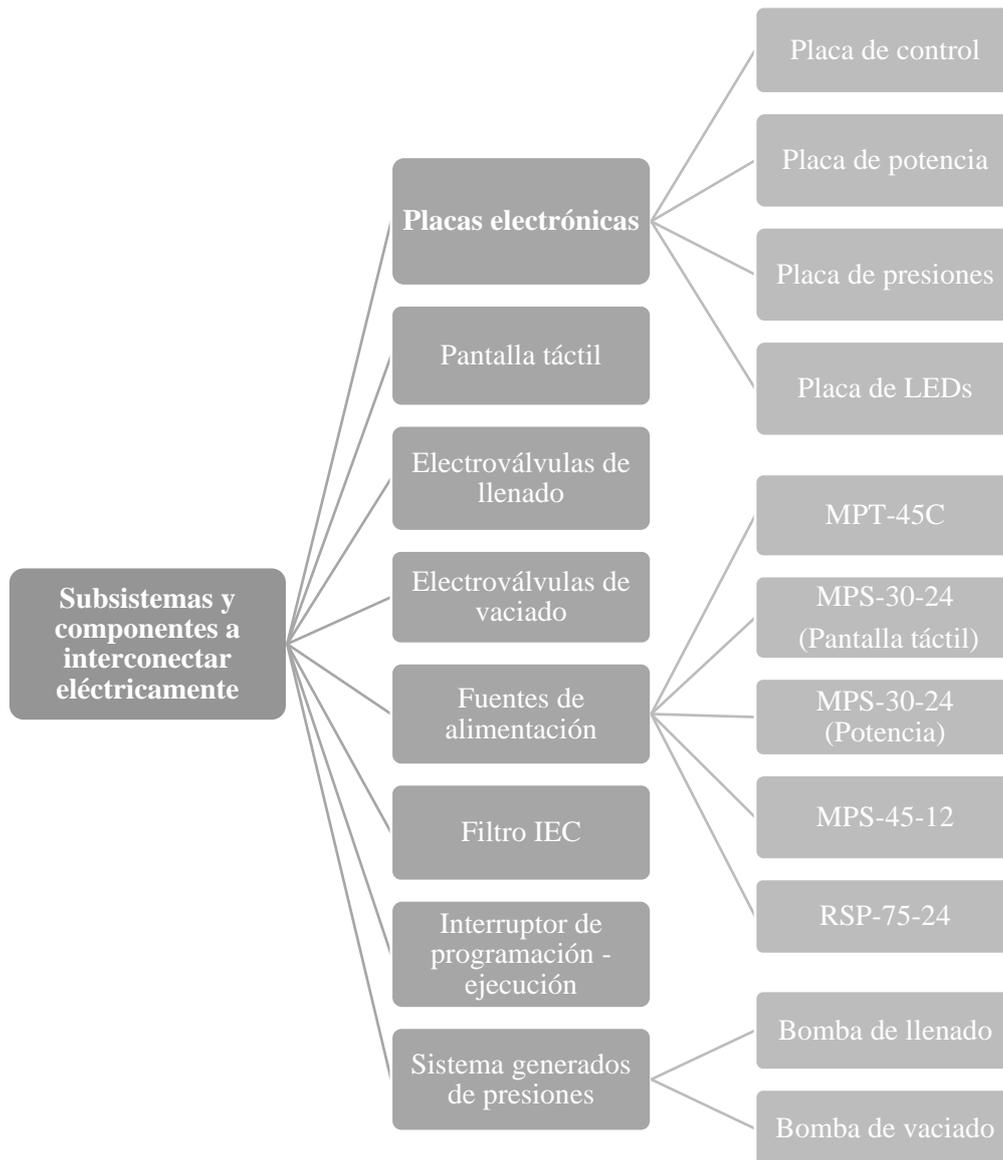


Figura 36. Esquema de los subsistemas y componentes que se han de interconectar eléctricamente

En los siguientes subapartados se va a exponer en detalle cada uno de los dos subsistemas que conforman el sistema eléctrico:

5.1.3.1 Cableado

El subsistema de cableado es el encargado de realizar la conexión eléctrica entre los distintos componentes del dispositivo. Se han empleado diversos tipos de cables debido a la gran variedad de elementos a interconectar. Siendo seleccionado el tipo de cable en función del nivel de corriente, tensión,

susceptibilidad a interferencias o tipología de la señal eléctrica que ha de transmitirse.

A continuación, se van a especificar los distintos tipos de cable empleado para cada una de las conexiones eléctricas establecidas. Se recuerda que en el *plano N°13*, se encuentra el esquema de las conexiones eléctricas del dispositivo.

Para realizar la **conexión entre la pantalla táctil y la placa de control** se ha empleado un cable apantallado de seis hilos 24AWG, distribuido por *Farnell* con el código de referencia *1230945* y cuyo aspecto es el que se muestra en la *Figura 37*. Se ha seleccionado este tipo de cable

debido a que el tipo de señal eléctrica que va a portar es digital con los niveles de tensión y corrientes típicos empleados en las comunicaciones serie *RS-232* proporcionados por el circuito integrado *MAX232* de la placa de control. Este tipo de señal no debe ser

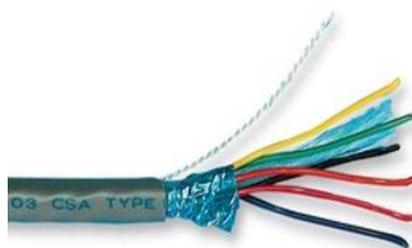


Figura 37. Imagen del cable de conexión de la pantalla táctil con la placa de control.

afectada por las interferencias electromagnéticas que se puedan dar en los quirófanos de un hospital, por este motivo se ha decidido emplear un cable apantallado. El cable deberá ser cortado para que tenga una longitud de 50 cm, garantizando así una longitud suficiente del mismo para que se puedan conectar la placa de control y la pantalla táctil. En el *plano N°13* corresponde con el cable representado en color rosa. Los detalles sobre cómo se ha de realizar el montaje de los conectores sobre el cable se explicará en el apartado “5.1.3.2 Conectores”.

Para la **conexión de la placa de control con la placa de presiones** se ha empleado un latiguillo de Ethernet macho-macho, U/UTP, cat5e y de 1 m de longitud. El tipo de cable adquirido específicamente para el dispositivo es distribuido por *RS* con el código de referencia *557-262*, cuyo

aspecto se puede ver en la *Figura 38*. Tiene incorporados los conectores *RJ45* macho-macho que sirven como elementos de anclaje mecánico a la placa de presiones y de control.

En este caso, el tipo de señales eléctricas que se transmiten por el cable son analógicas



Figura 38. Imagen del cable de conexión de la placa de control con la placa de presiones.

correspondientes a la tensión de salida de las etapas de amplificación de los sensores de presión y las tensiones de alimentación de la placa de presiones de ± 15 V, +10 V y GND. Debido a que las señales tienen unos niveles de tensión suficientemente elevados y son de frecuencia baja, el cable no necesitará apantallamiento. La conexión de la placa de control con la placa de presiones corresponde con el cable de color verde del esquema de conexiones eléctricas del *plano N°13*.

Para la **conexión del interruptor de programación-ejecución con la placa de control** se ha empleado un cable industrial apantallado de 3 hilos o núcleos de calibre 28AWG. El tipo de cable adquirido específicamente para el dispositivo es distribuido por RS con el código de referencia 168-1155 y cuyo aspecto se muestra en la *Figura 39*. Se ha seleccionado este tipo de cable debido a que el tipo de señal eléctrica que va a portar es digital con los niveles de tensión y corrientes relativamente bajos en los que se envía la información apropiada al microcontrolador para ser programado. Este tipo de señal no debe ser afectada por las interferencias electromagnéticas que se puedan dar en los quirófanos de un hospital, por este motivo se ha decidido emplear un cable apantallado que evite en la medida de lo posible el efecto de las interferencias. El cable deberá ser cortado para que tenga una longitud de 10 cm, garantizando así una longitud suficiente del mismo para que se puedan conectar la placa de control y el interruptor de programación-ejecución. En el *plano N°13* corresponde con el cable representado por tres cables de color naranja, morado y marrón que se recogen dentro de un mismo apantallamiento. El cable que conecta la pantalla con GND de la placa de control ha sido representado mediante el color negro. Los detalles sobre cómo se ha de realizar el montaje de los conectores sobre el cable se explicará en el apartado “5.1.3.2 Conectores”.



Figura 39. Imagen del cable de conexión del interruptor de programación-ejecución con la placa de control.

Para la **conexión de la placa de control con la placa de LEDs** se ha empleado un cable en cinta plano de 20 hilos de calibre 28AWG, no apantallado y con una anchura de 25,4 mm. El tipo de cable adquirido específicamente para el

dispositivo es distribuido por *RS* con el código de referencia 289-9896 y cuyo aspecto se muestra en la *Figura 40*. Se ha seleccionado este tipo de cable principalmente por que los hilos van juntos en formato de cinta lo que posibilita que sea compacto y discreto a la hora de ser



Figura 40. Imagen del cable para la conexión de la placa de control con la placa de LEDs

conectado a la placa de LEDs que se encuentra en la parte frontal del dispositivo. El tipo de señal que se transmitirá por el cable son señales binarias, teniendo como bajo nivel los 0 V (GND) y como alto los 12 V. Estas señales no requieren de ser apantalladas debido a que la información que portan no es delicada y no pasa nada si es ligeramente afectada por interferencias electromagnéticas. Este cable plano al ser proporcionado en tiras de 20 hilos será necesario coger solamente una tira de 7 hilos con una longitud de unos 75 cm. En el *plano N°13* se ha representado este cable por siete cables de color azul claro, correspondiente a los 7 hilos necesarios. Los detalles sobre cómo se ha de realizar el montaje de los conectores sobre el cable se explicará en el apartado “5.1.3.2 Conectores”.

Para la **conexión del filtro IEC con la red eléctrica** se empleará un cable con un conector de red macho Schuko europeo moldeado en uno de sus extremos mientras que en el otro extremo tendrá moldeado un conector hembra CEE 22 (IEC C13). El conector hembra C13 se utiliza ampliamente tanto en aplicaciones domésticas como comerciales, y es adecuado para aparatos de clase I. El cable específico, que se ha seleccionado para el dispositivo, se ha obtenido de *RS* y cuyo n° de referencia es 731-6169. Es capaz de soportar hasta 10 A, 250 V de alterna y tiene una longitud de 2,5 m. En la *Figura 41*, se puede ver el aspecto que tiene. En el *plano N°13* se ha representado en el margen superior derecho.



Figura 41. Imagen del cable de conexión del filtro IEC con la red eléctrica.

Por último, para **el resto de conexiones** se ha realizado con cable para equipos H05V-K de conductor multifilar de cobre plano protegido por una cubierta de

aislamiento de PVC de distintos colores. Los colores han sido seleccionados en función de si se trata de la corriente de red, de corriente proporcionada por las fuentes de tensión conmutadas o de las placas de circuito impreso de control y potencia. De modo que se han adquirido cuatro tipos de cables que tienen las mismas características eléctricas, siendo el único factor de cambio el color del material de aislamiento. Los colores seleccionados son azul oscuro (para el neutro de la corriente de la red eléctrica), amarillo (para la fase de la corriente de la red eléctrica), rojo (para las tensiones de corriente continua positivas) y negro (para la tensión de referencia, GND, de la corriente continua o corrientes negativas). Los cuatro tipos de cables han sido adquiridos a través del distribuidor *RS* con los códigos de referencia *361-658* (azul), *361-709* (amarillo), *361-686* (rojo) y *361-642* (negro). Todos ellos son distribuidos en bobinas con 100 m de cable. En la *Figura 42* se pueden ver unas imágenes del cable en los 4 colores empleados en el dispositivo.



Figura 42. Cables empleados para el resto de conexiones. EL tipo de cable es el mismo, lo único que cambia es el color del material de aislamiento: azul oscuro, amarillo, rojo y negro.

Los cables deberán ser cortados con la longitud apropiada para garantizar que los conectores se puedan poner bien. El tipo de conector que se va a emplear en los cables, así como el montaje del mismo se verán en el apartado “5.1.3.2 *Conectores*”.

En el *plano N°13* se han representado estos cables en sus respectivos colores, con la finalidad de facilitar la comprensión del diagrama de conexiones eléctricas a los técnicos/as de laboratorio.

5.1.3.2 Conectores

El sistema de conectores es el encargado de asegurar el correcto anclaje mecánico entre los cables y los distintos componentes del dispositivo. Se han empleado diversos tipos de conectores debido a la gran variedad de elementos y cables que hay que interconectar. Siendo seleccionado el tipo de conector en función del nivel de corriente, tensión, facilidad de anclaje o simplemente porque viene delimitado por los distintos elementos del dispositivo.

A continuación, se van a especificar los distintos tipos de conectores que se han empleado para cada una de las conexiones eléctricas establecidas. Se recuerda que en el *plano N°13*, se encuentra el esquema de las conexiones eléctricas del dispositivo.

La placa de presiones y la placa de presión tienen ambos un conector hembra RJ45 al cual se le debe de conectar el cable de la conexión entre estas dos placas descrito en el apartado anterior (*Figura 38*). Sobre estos conectores no se va a especificar más, ya que son incorporados en el propio cable desde fábrica y por lo tanto no necesitan ningún tipo de instrucción de montaje. En la *Figura 43* se puede ver el resultado final de la conexión establecida entre el cable con la placa de presiones.



Figura 43. Fotografía del resultado final de la conexión de la placa de presiones con el cable que conecta la placa de presiones con la de control

La pantalla táctil y la placa de control se conectan a través de conectores *DB9*, de modo que el cable que los conecta deberá estar dotado de un conector *DB9* macho para la conexión con la placa de control y un conector *DB9* hembra para la conexión con el puerto *COM 1* de la pantalla táctil. El esquema de unión de los cables con los pines de los conectores es “*Control XON/XOFF*”, que es el que se venía empleando en las versiones anteriores. El diagrama de conexiones del cable con los dos conectores *DB9* con el cable son las que se muestran en las *Figuras 44 y 45*.

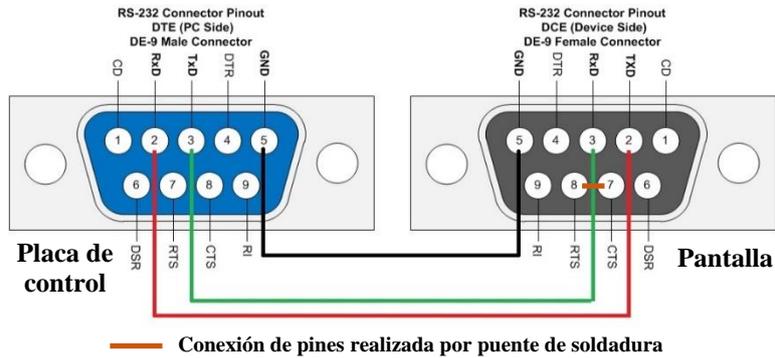


Figura 45. Diagrama de conexiones del cable que conecta la pantalla (GP) y el microcontrolador (Host) mediante conectores DB9 y protocolo RS-232.

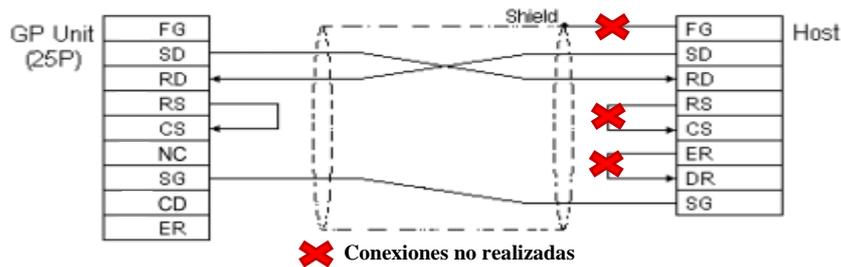


Figura 44. Diagrama de conexiones de XON/XOFF para el protocolo de comunicaciones RS-232C. El diagrama de conexiones es el que se debe de realizar del cable con los conectores DB9 macho y hembra. El host es el que corresponde a la placa de control, mientras que la GP Unit corresponde con el COM1 de la pantalla táctil

Una vez realizadas las soldaduras y protegidas por material termoretráctil, para evitar roturas del cable en las proximidades de la soldadura, es recomendable poner una carcasa a los conectores para garantizar un correcto soporte mecánico a la unión conector-cable, además de cumplir una labor de aislamiento eléctrico y estética. La carcasa que se ha seleccionado para los conectores DB9 del cable ha sido adquirida en RS con nº de referencia 322-9850. En la Figura 46 se muestra el resultado de los cables soldados en el conector DB9 hembra con la funda termoretráctil de color negro y sin la carcasa protectora.



Figura 46. Fotografía del resultado final de la unión de los cables con el conector DB9 hembra que se conecta al COM1 de la pantalla táctil.

Por otro lado, están los conectores de las fuentes de alimentación que son todos de *Molex* pertenecientes a la serie *KK396*, variando únicamente el nº de conexiones de cada uno de los conectores. Se ha seleccionado esta serie de conectores, ya que cumplen con las características de los conectores de las fuentes de alimentación empleadas en el dispositivo. Esto tipos de conectores son hembra y vienen sin elemento de contacto metálico, por este motivo se ha empleado uno de los recomendados para esta serie de conectores. El tipo de contacto recomendado es de crimpado *Molex 08-50-0107, KK 396, 2578, Hembra*, con *revestimiento de estaño*. A estos contactos de crimpado se le deberán soldar los cables oportunos y ser introducidos dentro de agujero apropiado del conector que viene reflejado en el plano de conexiones eléctricas (*plano N° 13*). En la *Figura 47* se puede ver el aspecto del conector a emplear, así como el contacto de crimpado a emplear en las conexiones de los cables con las fuentes de alimentación.



Figura 47. En la imagen de la izquierda se muestra el aspecto de un conector con cuatro huecos para contactos que se ha de emplear en las fuentes de alimentación. En la imagen de la derecha se muestra el aspecto del tipo de contacto de crimpado.

De modo que se emplearán los siguientes conectores para cada una de las fuentes:

- **MSP-45-12:** Para este tipo de fuente de alimentación se emplearán dos conectores:
 - Un conector con tres huecos para contactos para los dos cables procedentes del filtro IEC con la tensión de red.
 - Un conector con seis huecos para conectar los dos cables de la tensión continua de salida de 12 V y masa.

Los sitios dónde se deberán introducir los cables con los contactos de crimpado soldados están especificados en el *plano N° 13*.

- **MPT-45C:** Para este tipo de fuente de alimentación se emplearán dos conectores:
 - Un conector con tres huecos para contactos para los dos cables procedentes del filtro IEC con la tensión de red.

- Un conector con seis huecos para conectar los cuatro cables de la tensión continua de salida de 5 V, ± 15 V y masa.

Los sitios dónde se deberán introducir los cables con los contactos de crimpado soldados están especificados en el *plano N° 13*.

- **MPS-30-24:** Para este tipo de fuente de alimentación se emplearán dos conectores:

- Un conector con cinco huecos para contactos para los dos cables procedentes del filtro IEC con la tensión de red.
- Un conector con cuatro huecos para conectar los dos cables de la tensión continua de salida de 24 V y masa.

Los sitios dónde se deberán introducir los cables con los contactos de crimpado soldados están especificados en el *plano N° 13*.

La única fuente de alimentación que no precisará este tipo de conectores ni contactos es la **RSP-75-24**, ya que esta dispone de conectores incorporados para conectar directamente los cables por apriete. Para mayor detalle recurrir a la hoja de características de dicha fuente de alimentación. La conexión de los cables ha de realizarse según se muestra en el *plano N° 13*.

En cuanto a la conexión de los cables al filtro IEC, se realizará con conectores de crimpado hembra, revestidos en estaño y con material aislante alrededor de color rojo. Se han seleccionado estos de este tipo, ya que son los que cuadran con las dimensiones filtro IEC. El modelo concreto que se ha empleado para el dispositivo es de *RS Pro* con nº de referencia 534-351. Ha este conector se le deberán introducir los cables pertinentes y fijarlos mediante apriete con una herramienta de crimpado específica. El resultado final se puede ver en la *Figura 48*.



Figura 48. Fotografía del resultado final de los conectores del filtro IEC con los cables.

Por otro lado, están los conectores que se emplean en la placa de potencia y de control para conectar los cables procedentes de las fuentes de alimentación y de los actuadores. Para estos se han seleccionado unos conectores perpendiculares

con respecto las placas electrónicas ya que son más fáciles de conectar y desconectar. Los conectores específicos que se han empleado para el diseño son de la marca *Weidmuller* serie *OMNIMATE SL*, con un paso de agujero de 5.08 mm. Estos conectores ofrecen una unción a los cables mediante un apriete con tornillo, que facilita su montaje. Se han empleado conectores de este tipo con dos y cuatro vías de conexión. Los conectores específicos que se han elegido son distribuidos por *RS* y con los números de referencia *403-875* y *403-897*, para el de dos y cuatro vías respectivamente. El de cuatro conexiones ha sido empleado para conectar a la placa de control los cables de la salida de la fuente *MPT-45C*. Mientras que para el resto de conexiones a realizar entre los cables y las placas de potencia y de control se has empleado conectores de dos vías de conexión. En la *Figura 49* se muestra el aspecto de este tipo de conectores, así como su resultado tras haberlo conectado a los cables.



Figura 49. La imagen de la izquierda corresponde al aspecto del conector de cuatro vías para las conexiones de la placa de control y de potencia, mientras que la de la derecha muestra el conector de 2 vías. La imagen central corresponde con una fotografía del resultado final de realizar la conexión de los cables a los conectores y estos sobre la placa de control.

La conexión de los cables a los conectores ha de realizarse tal y como se muestra en el *plano N° 13*.

Para dotar de alimentación a la pantalla táctil se empleará el mismo tipo de conector que para las placas de control y de potencia, con dos vías. La finalidad es poder establecer el contacto eléctrico entre la conexión de alimentación de la pantalla táctil con la fuente te alimentación de 24 V, *MPS-30-24*. En la *Figura 50* se muestra el resultado de dicha conexión.

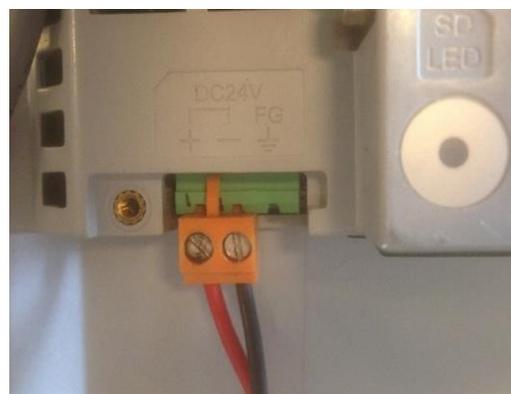


Figura 50. Fotografía final del conector de la fuente de alimentación *MPS-30-24* con la pantalla táctil.

Por otro lado, está la conexión del ventilador con la corriente de la red eléctrica, que se realiza a través del filtro IEC. Para ello se empleará un conector macho y otro hembra cuyos códigos de referencia de *RS* son respectivamente 403-932 y 403-875. Estos tipos de conectores son exactamente los mismos para realizar las conexiones de las placas de potencia y de control de dos vías. El conector macho se soldará y protegerá con termoretráctil al par de cables procedentes del filtro IEC, mientras que el conector hembra se conectará a los cables de salida del ventilador mediante apriete de los tornillos.

Para poder conectar el modelo de electroválvulas anteriormente citado se debe de emplear un conector compatible con dicho modelo. El tipo de conector compatible que se ha empleado es el conector de clase B de color negro que proporciona *Lasber* con el nº de referencia *KB132000B9*. Los cables que portan las señales de control de las electroválvulas



Figura 51. Imagen del resultado final de la conexión eléctrica de las electroválvulas.

deberán conectarse a los conectores tal y como se indica en la hoja de características del conector. Posteriormente se deberá conectar el conector con los cables a las electroválvulas, garantizando su anclaje mecánico con un tornillo. En la *Figura 51* se puede ver el resultado final de la conexión eléctrica de los cables con las señales de control a las electroválvulas.

En cuanto a la conexión de la placa de LEDs con la placa de potencia se empleará un conector de reducidas dimensiones. La finalidad de ello es que estéticamente quede bien la placa de LEDs cuando sea pegada en la carcasa frontal del dispositivo. El conector empleado ha de tener siete contactos, GND y las seis señales de control de las electroválvulas. El tipo de conector seleccionado para la conexión del cable de cinta con la placa de LEDs es *Molex 51021-0700*, de la serie *PICOBLADE* y con un paso de conector de 1,25mm. Es distribuido por *RS* con el nº de referencia 342-1696. Este tipo de conector tiene siete huecos a los que se le debe de poner contactos de crimpado *Molex 50058-8000* a los que se les soldarán los cables portadores de las señales de control de las electroválvulas. Para

garantizar un correcto aislamiento entre los cables adyacentes se ha de poner termoretráctil en cada una de las uniones del cable con los contactos de crimpado. Posteriormente se introducirán en el conector *Molex 51021-0700* en la posición especificada según el *plano N° 13*. Para dar una mejor resistencia mecánica la unión cable-conector se pondrá otra funda termoretráctil que abarque los dos. Los resultados de estos dos procesos se pueden observar en la *Figura 52*.

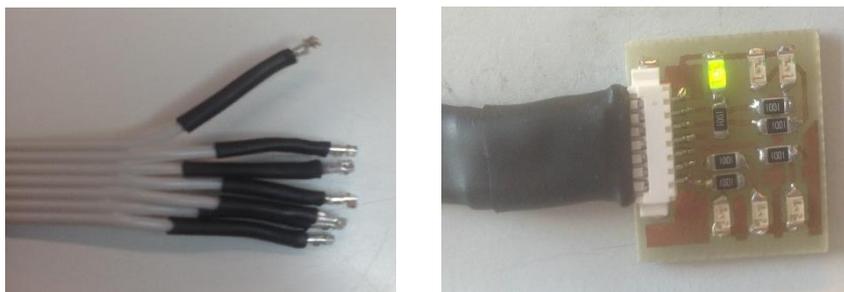


Figura 52. La imagen de la derecha corresponde con la soldadura de los cables y los conectores crimpados protegidos por termoretráctil. La imagen de la derecha corresponde con el resultado final del conector de la placa de LEDs con los cables que porta las señales de control.

El otro extremo del cable se debe de unir a la placa de control, para ello se aprovecharán los conectores *Weidmuller* serie *OMNIMATE SL* empleados en los conectores de la placa de control y potencia. Los cables deberán ser dispuestos tal y como se muestra en el *plano N° 13*. En la *Figura 53* se puede ver el resultado de poner los cables de la placa de LEDs en los conectores de la placa de control.



Figura 53. Fotografía del resultado final de los conectores de la placa de control con los cables procedentes de la placa de LEDs puestos (cables de color gris claro).

Por último, está la conexión de la placa de control con el interruptor de programación-ejecución. El cable empleado para esta conexión se unirá en la parte del interruptor mediante una soldadura, tal y como se muestra en la *Figura 54* y en el *plano N° 13*. El código de colores a seguir para la soldadura a realizar es el que se muestra en la *Figura* y no en el plano.



Figura 54. Imagen del resultado final de la conexión entre el cable procedente de la placa de control y el interruptor de programación-ejecución.

Para la realización de los conectores del cable que se conectan a la parte de la placa de control se han soldado los cables a los conectores de crimpado hembra distribuido por *Farnell* con el nº de referencia 9733272. Con la finalidad de garantizar el aislamiento eléctrico entre los cables contiguos se pondrá termoretráctil que recubra el conector de crimpado y parte del cable. Esto se realizará con los tres cables más la pantalla del cable, siendo esta última conectada a la masa de la placa de control. En la *Figura 55* se puede ver el resultado final de esta conexión. Las conexiones han de realizarse según indica en el *plano N° 13*.



Figura 55. Fotografía del resultado final de la conexión del cable procedente del interruptor de programación-ejecución con la placa de control.

5.1.4 Carcasa

En este apartado se va a exponer brevemente el conjunto de componentes que conforman la carcasa del dispositivo. La finalidad de la carcasa es la de brindar de soporte mecánico al resto de sistemas y componentes del dispositivo, así como la de servir de aislamiento eléctrico entre el usuario y los componentes eléctricos y electrónicos del *Endoworm 3.0*.

La carcasa está compuesta principalmente por tres componentes: la carcasa-caja, la carcasa-tapa y la carcasa frontal. Se pueden ver representados los tres en la *Figura 56*. Todos ellos se explicarán con mayor detalle en los siguientes subapartados.

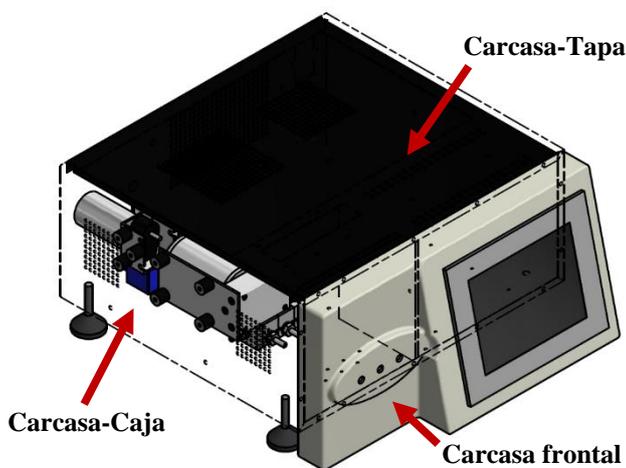


Figura 56. Imagen del Endoworm 3.0. En él se pueden distinguir los tres componentes que conforman la carcasa.

5.1.4.1 Carcasa-Caja

Este es el elemento central de los tres que conforman la carcasa, ya que sirve como soporte estructural para la mayoría de los componentes y sistemas que conforman el *Endoworm 3.0*. La carcasa-caja es una caja metálica de chapa, pintada de color negro, que tiene forma de prisma de seis caras, la dimensiones de la misma y su morfología están recogidas en el *plano N° 7*.

Para el prototipado rápido de este elemento se ha seleccionado una caja de un ordenador de sobremesa que había disponible en el laboratorio con las dimensiones que se indican en el *plano N° 7*. Posteriormente se le han realizado los agujeros que se indican en el mismo plano

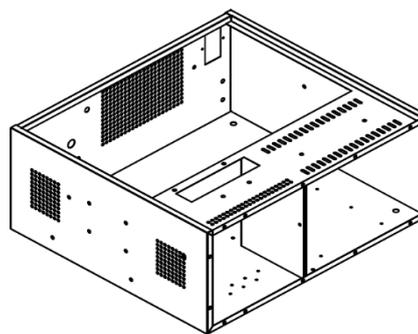


Figura 57. Vista isométrica de la carcasa-caja del Endoworm 3.0, diseñada con Inventor.

con taladros de distinto diámetro. Además, se le ha puesto una chapa metálica a la caja de la torre en la parte inferior con la finalidad de conseguir una superficie regular sobre la que sustentar los distintos elementos y sistemas del dispositivo.

En la *Figura 57* se puede ver una vista en isométrico de la carcasa-caja diseñada a partir de un programa de CAD.

5.1.4.2 Carcasa-Tapa

Este elemento es el que hace la función de tapadera superior de la carcasa-caja descrita en el apartado anterior. Sirve para proporcionar un acceso rápido a los componentes cuando esta se separa de la carcasa-caja. Además, sirve como elemento de fijación del ventilador en uno de los dos respiraderos que posee la carcasa-tapa del *Endoworm 3.0*. La función de ello es poder refrigerar el dispositivo a través de un sistema de ventilación forzada. La carcasa-tapa es una placa metálica de chapa, pintada de color negro, que tiene forma la forma idónea para encajar en la parte superior de la carcasa-caja. Las dimensiones de la tapa y su morfología están recogidas en el *plano N° 8*. Sin embargo, se puede ver una muestra isométrica de la misma en la *Figura 58*.

Para el prototipado rápido de este elemento se ha seleccionado la tapa de la caja del ordenador de sobremesa que se ha indicado en el apartado anterior, estando las dimensiones de la misma indicadas en el *plano N° 8*.

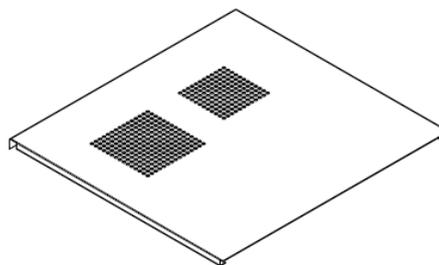


Figura 58. Vista isométrica de la carcasa-tapa del Endoworm 3.0, diseñada con Inventor.

5.1.4.3 Carcasa frontal

Este elemento es el que hace la función de tapadera delantera o frontal de la carcasa-caja descrita en el apartado “5.1.4.1 Carcasa-Caja”. Sirve para proporcionar un acceso rápido a los componentes cuando esta se separa de la carcasa-caja. Además, sirve como elemento de fijación de la pantalla táctil, de la conexión de las tres tomas para las cavidades de llenado y vaciado del sistema de translación neumático y para la adhesión sobre esta de la placa de LEDs.

Los materiales y proceso de fabricación de la carcasa frontal son los siguientes:

Lo primero que ha de realizarse es un molde con espuma de poliuretano, que es un material ligero, fácil de dar forma y con una alta capacidad de soportar temperaturas elevadas. Al molde de poliuretano se le debe de dar la forma de la parte exterior de la carcasa frontal, como la que se muestra en la *Figura 59*.

Posteriormente se procede a la obtención de la carcasa frontal, para ello se coge una lámina de poliestireno y con ayuda de una

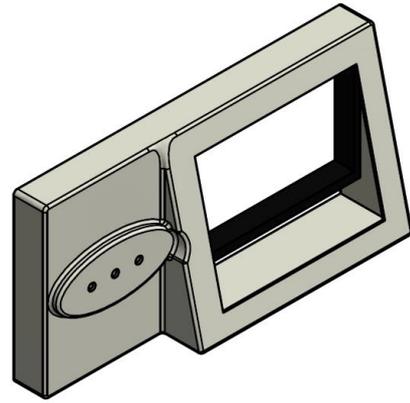


Figura 59. Vista isométrica de la carcasa frontal del Endoworm 3.0, diseñada con Inventor.

termoconformadora y el molde de poliuretano se da la forma del molde a la lámina de poliestireno. La termoconformadora lo que hace es calentar la lámina de poliestireno y mediante la generación de vaciado le da la forma del molde.

Por último, se han de hacer los agujeros en la posición y con las dimensiones que se recogen en el *plano N° 9*. Se puede ver en la *Figura 59* una vista isométrica del resultado final que debe de tener la carcasa frontal.

5.1.5 Otros componentes

En este apartado se recogen los elementos y componentes que no han sido recogidos o explicados en otros apartados. En la *Figura 60* se encuentra un esquema de los componentes que se van a explicar brevemente.

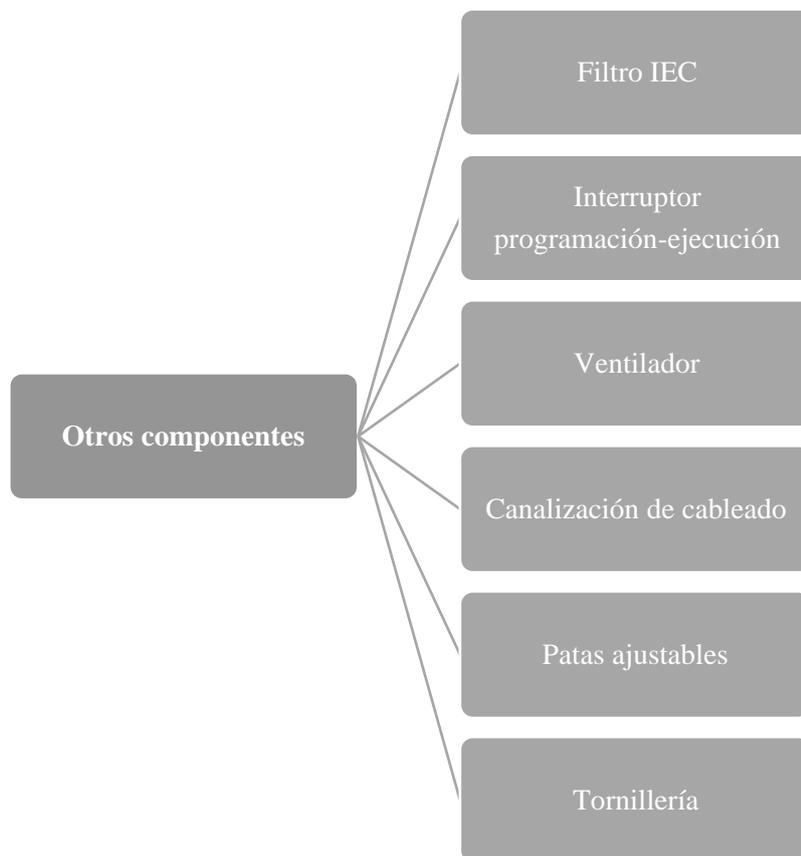


Figura 60. Esquema del resto de componentes que no se han mencionado en los otros sistemas que conforman el Endoworm 3.0. Se recogen todos bajo el seudónimo de “Otros componentes”.

Sin más preámbulos se va a proceder a hacer una descripción de cada uno de estos y a justificar su empleo en el proyecto.

El **filtro IEC** tiene la función de filtrar las interferencias electromagnéticas que se puedan transmitir de la red eléctrica al dispositivo y viceversa. Para la implementación del prototipo se ha seleccionado el filtro IEC *Schaffner modelo FN393-6-05-11*, tiene un conector C14 macho y capaz de tolerar tensiones y corrientes alternas de hasta 250 V y 6 A, respectivamente. Se ha considerado inicialmente que estas características físicas son suficientes para el prototipo, en caso de ser innecesarias se recomienda sustituir este filtro por uno que soporte corrientes comprendidas entre 8 a 10 A. Esto puede darse como

resultado de que el dispositivo realiza un mayor consumo de corriente. Conviene destacar que hasta la fecha no ha dado problemas el filtro de red IEC empleado.

Por otro lado, está el **interruptor de programación-ejecución** de la placa de control. Este interruptor tiene la función de poner el microcontrolador de la placa de control en modo programación o en modo ejecución. Para mayor detalle de cómo funciona se recomienda acudir al anexo de “A.6. Manual de programación del microcontrolador”.

En la realización del prototipo se ha empleado un interruptor de palanca DPDT con funcionamiento on-on, perteneciente a la casa comercial *RS-Pro modelo IMDIT1BIMIQES-1*. En la *Figura 61* se puede ver el aspecto de dicho interruptor. Este interruptor ha de colocarse en la posición indicada en el plano de conjunto (*plano N° 1*).



Figura 61. Imagen del interruptor de programación-ejecución de la placa de control del Endoworm 3.0.

También se ha empleado un **ventilador**, cuya función es la de asegurar el refrigeramiento adecuado del dispositivo. Se ha tenido que emplear un sistema de ventilación forzada con la finalidad de garantizar que ninguno de los componentes que conforma el prototipo supere las temperaturas de funcionamiento recomendadas por los fabricantes, evitando así posibles averías o funcionamiento incorrectos. Se ha empleado el ventilador *Sunon modelo SF23080A/2083HSL.GN de la serie SF*. Se trata de un ventilador que funciona con corriente alterna y capaz de proporcionar un flujo de aire de 51 m³/h. El aspecto del ventilador se muestra en la *Figura 62*, mientras que su posicionamiento en la carcasa-tapa se indica en el *plano N° 6*.



Figura 62. Imagen del ventilador de refrigeración empleado en el Endoworm 3.0.

También se han empleado **canalización para el cableado** con la finalidad de tener los cables recogidos y ordenados dentro del dispositivo. El tipo de canalización específico que se ha empleado es *Betaduct modelo 08702*, se trata de una canaleta de PVC en forma de cerradura cerrada con una dimensión de 15 x 15 mm y 1 m de largo. Las canalizaciones deberán ser puestas sobre la carcasa-caja en los agujeros dispuestos para ello, dichos agujeros son los que quedan libres tras la colocación de todos los componentes del *Endoworm 3.0*.

Por otro lado, se tienen las **patas ajustables** del dispositivo, su finalidad es la de poder elevar a la altura adecuada la carcasa-caja, debido a que la carcasa frontal es de mayor altura que la carcasa-caja. Esto se debe a que es necesario unas mayores dimensiones de altura para que entre correctamente la pantalla táctil en el dispositivo. Las patas ajustables que se han elegido son similares a las que se emplean en las lavadoras de ropa, en específico se ha seleccionado las patas ajustables de la marca *Nu-Tech Engineering*, modelo *A040/004*. Estas tienen el aspecto que se muestra en la *Figura 63* y se han de posicionar según se indica en el plano de conjunto (*plano N° 1*). Las patas han de ser ajustadas mediante un juego de dos tuercas M8.



Figura 63. Patas ajustables del Endoworm 3.0 (Nu-Tech Engineering, modelo A040/004).

Por último, ha sido necesario el empleo de **tornillería** y tuercas que permitan la unión de los distintos componentes y sistemas a la carcasa del dispositivo. Se han empleado tornillos y tuercas de acero galvanizado con pasivado transparente de las siguientes métricas: M2.5, M3, M4 y M8. Las cantidades empleadas de cada una de estas viene indicada en los materiales del presupuesto del proyecto.

Se recomienda mirar la hoja de características de todos los componentes expuestos en este y otro apartados en el caso de que surjan dudas referentes a las especificaciones técnicas.

5.2 Breve descripción del proceso de fabricación

En este apartado de la memoria se va a realizar una breve descripción de los distintos procesos de fabricación de cada uno de los sistemas que componen el *Endoworm 3.0* hasta llegar a la culminación del prototipo. Para ello se va a seguir el proceso de fabricación y montaje de cada uno de los sistemas por orden cronológico. En la *Figura 64* se puede ver un diagrama de bloques en la que se resumen los principales procesos de fabricación del prototipo *Endoworm 3.0*.

A continuación, se van a explicar en orden cada uno de los procesos que aparecen en la *Figura 64*:



Figura 64. Diagrama de bloques de los procesos principales del montaje y la fabricación del prototipo *Endoworm 3.0* ordenados por orden cronológico. En azul oscuro se muestran los procesos de montaje del Hardware, mientras que en rojo oscuro se muestran los procesos de carga del software.

Lo primero que se ha de fabricar son las distintas piezas que conforman la carcasa: carcasa-caja, carcasa-tapa y carcasa frontal.

Para realizar el prototipado rápido de la **carcasa-caja** y la **carcasa-tapa** se ha cogido la caja de un ordenador de sobremesa que había en el laboratorio, que tienen las medidas y morfología que se muestra en los *planos N° 7 y 8*. La caja del ordenador está compuesta

principalmente por dos piezas. La pieza principal que tiene forma de prisma de seis caras, teniendo una que se puede separar, dando lugar la segunda pieza o tapa de la caja. De este modo se tiene que la carcasa-caja del *Endoworm 3.0* corresponderá con la primera pieza, mientras que la carcasa-tapa con la segunda pieza de la caja del ordenador.

Se le ha de poner una chapa metálica en el fondo de la caja del ordenador (carcasa-caja) con la finalidad de conseguir una superficie regular sobre la que poder poner los distintos elementos y sistemas del dispositivo. Posteriormente, se le han de realizar los agujeros que se indican en el *plano N° 7* con taladros de distintos diámetros.

En cuanto a la tapadera de la caja del ordenador (carcasa-tapa) se le han de hacer las modificaciones pertinentes para tener el aspecto y las medidas que aparecen en el *plano N° 8*.

Una vez que se ha conseguido que la caja del ordenador de sobremesa sea lo más parecido a los *planos N° 7 y 8*, se pasará a la fabricación de la **carcasa frontal**. El proceso de fabricación de la carcasa frontal ha sido descrito con anterioridad en el apartado “5.1.4.3 *Carcasa frontal*”, por lo que no se repetirá su explicación aquí.

Cuando se tenga fabricada la carcasa frontal se pasará al montaje de las **cuatro patas ajustables** en las esquinas de la parte inferior de la carcasa-caja. Las posiciones dónde deben de ser colocadas se pueden ver indicadas en el plano de conjunto (*plano N° 1*) y en los agujeros denominados con ‘f’ del *plano N° 7*.

Para la sujeción de las patas ajustables a la chapa de la carcasa se empleará un juego de dos tuercas M8 por cada pata. Una se colocará en la parte inferior de la chapa de la carcasa, mientras que la otra en la parte superior. Se apretarán ambas tuercas hasta conseguir la altura deseada de la carcasa-caja y la correcta sujeción de las patas.

Posteriormente se procederá al montaje de las **canalizaciones de los cables** por los que se deberán de introducir los cables que mantienen la conductividad eléctrica entre los distintos componentes y sistemas del prototipo. Para ello se emplearán la canalización descrita en el apartado “5.1.5 *Otros componentes*”. La disposición de las canalizaciones se ha de realizar empleando los agujeros de la carcasa-caja que están realizados para dicho propósito. En la *Figura 65* se marcan los agujeros, así como el trazado que ha de seguir la canalización del dispositivo en las distintas vistas de la carcasa-caja.

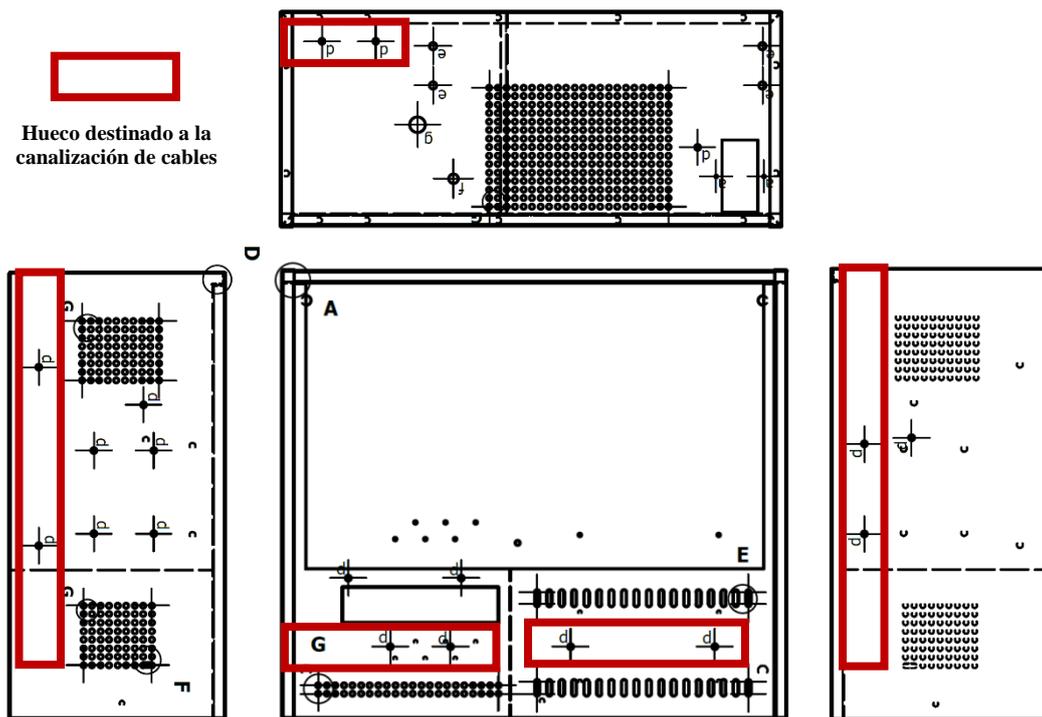


Figura 65. Conjunto de vistas de la carcasa-caja en la que se muestran los agujeros y los sitios por dónde se deberán de colocar las canalizaciones para los cables. La tura a seguir por las canalizaciones viene señalada mediante rectángulos con el borde de color rojo. Las vistas de esta figura estas sacadas del plano N° 7 del presente proyecto.

Las canaletas de los cables se fijarán mediante tornillos y tuercas de métrica $M4$ a través de los agujeros de 5 mm (d) por los que pasan los huecos reservados para la canalización de los cables.

Cuando se haya terminado el montaje de la canalización de los cables, se ha de proceder al montaje del sistema neumático.

Lo primero que ha de montarse del **sistema neumático** es el **subsistema de calderínes** tal y como se muestra en el *plano N° 2*. Una vez se halla montado se han de fijar los calderínes a la carcasa-caja, para ello se dispondrá en la posición indicada en el *plano N° 1* y se fijará a través de 4 tornillos con sus respectivas tuercas al soporte del calderín. La métrica a emplear es $M6$.

Lo segundo que se ha de hacer es montar el **subsistema de válvulas**. El sistema de válvulas está compuesto por la válvula de accionamiento manual y los dos bloques de tres electroválvulas. Primero se montarán los bloques de electroválvulas tal y como se muestra en el *plano N° 3*. Seguidamente se han de realizar las conexiones de las tuberías entre las dos electroválvulas según se indica en el *plano N° 12*, dejando montadas también las

tuberías que van hacia los calderines de presión, así como la tubería que va hacia los sensores de presión encargados de medir la presión que hay en las cavidades del motor neumático (*PRES_1*, *PRES_2* y *PRES_3*). Conviene mencionar que las dimensiones con las que sean cortadas las tuberías para la conexión de los distintos elementos ha de realizarse de modo que garanticen la correcta colocación de cada uno de los componentes en su sitio, se recomienda emplear la longitud más corta posible para garantizar una correcta unión de los componentes del circuito neumático. Una vez se haya realizado esto, se deberán fijar los bloques de las electroválvulas en la base de la carcasa-caja con tornillos de métrica M3 y una longitud de la parte roscada de 6 mm en las posiciones indicadas en el plano de conjunto (*plano N° 1*).

Lo segundo que se ha de montar del subsistema de válvulas es la válvula de accionamiento manual. Esta se dispondrá en el agujero de la parte trasera de la carcasa-caja, tal y como se muestra en el plano de conjunto. La sujeción a la carcasa se afianzará con la tuerca que trae la propia válvula.

Posteriormente se procederá al montaje del **subsistema generador de presiones**. Conviene recordar que este estaba conformado por dos bombas de aire a presión, una de diafragma (bomba de vaciado) y otra de pistón (bomba de llenado).

Antes de la colocación de las bombas de llenado y vaciado, se deberán de colocar en los puntos de unión con la carcasa elementos amortiguadores. La finalidad de estos es la de disminuir la transmisión de energía mecánica de las bombas a la carcasa, disminuyendo de este modo las vibraciones que se transmiten de la una a la otra. En la *Figura 66*, se puede ver cuál es la disposición de los tacos amortiguadores en cada una de las bombas.

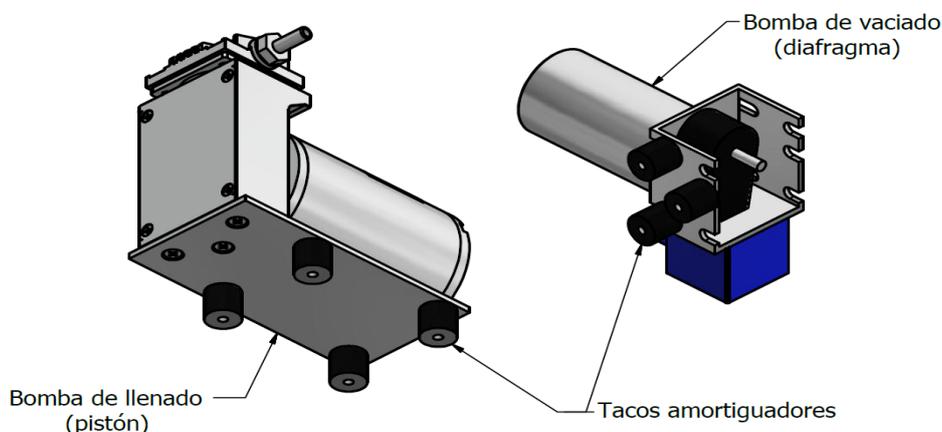


Figura 66. Disposición de los tacos amortiguadores en las bombas de llenado y vaciado del Endoworm 3.0.

Posteriormente se atornillarán, con tornillos y arandelas de métrica M5, la bomba de vaciado y de llenado a la carcasa-caja en la posición indicada en el plano de conjunto. Con la finalidad de facilitar el montaje, se recomienda montar primero la de vaciado y luego de la llenado. Para la bomba de vaciado harán falta cuatro tornillos M5, mientras que para la de llenado tres. También es aconsejable montar el sistema de tuberías que van desde las bombas a los calderines y las tuberías de unión a los filtros silenciadores, antes de fijar las bombas. Este pequeño detalle facilita y reduce el tiempo de montaje del subsistema generador de presiones.

Por último, se ha de terminar de completar el subsistema de conexiones de los conductos neumáticos que se muestran en el *plano N° 12*. Para ello se seguirán las sugerencias y especificaciones que se han detallado en el apartado “5.1.1.4 Sistema de conductos”.

Una vez terminado en su totalidad el montaje del sistema neumático se ha de proceder a la colocación del filtro IEC de la red eléctrica y el interruptor de programación-ejecución del microcontrolador de la placa de control en la carcasa-caja. Ambos componentes se han de situar según se indica en el plano de conjunto. El filtro IEC se fijará con dos juegos de tornillo-tuerca de métrica M2.5, mientras que el interruptor de programación se fijará con la propia tuerca que tiene incorporada. Conviene mencionar que antes de la colocación del interruptor de programación se deben de haber soldado el cable que lo conectará con la placa de programación, tal y como se indica en el apartado “5.1.3.2 Conectores”. También se ha de asegurar que la carcasa metálica del filtro IEC esté en perfecto contacto con la carcasa-caja, esto garantiza que la carcasa del dispositivo esté conectada a tierra, confiriendo una protección frente a las corrientes de fuga a los usuarios.

Seguidamente se procederá al **montaje de las fuentes de alimentación**. Primero se deberán de montar las fuentes de alimentación en sus respectivas carcasas en caso de ser necesario. El tipo de carcasa que se ha seleccionado es de la casa comercial *Artesyn modelo TLP150CJ*. Esta carcasa se deberá de colocar en las fuentes de alimentación *MSP-30-24*, *MPT-45C* y *MSP-45-12*, la fuente de alimentación *RSP-75-24*, ya dispone de su propia carcasa. Posteriormente se ha de montar el bloque de fuentes de alimentación que se detalla en el *plano N° 4*. Después se deberá de situar el bloque de fuentes de alimentación en la posición indicada en el plano de conjunto, así como la fuente *RSP-75-24* y una de las fuentes *MSP-30-24*. Se fijarán empleando tornillos de métrica M3 y una

longitud de superficie roscada de 10 mm. En la *Figura 34* de la presente memoria se puede ver el resultado final de la distribución espacial de las fuentes de alimentación en el prototipo *Endoworm 3.0*.

Luego se procederá a la **fabricación y montaje del sistema electrónico** del prototipo. Lo primero que se ha de fabricar es el circuito impreso de cada una de las placas electrónicas. Para las placas de control y de presiones se ha enviado el diseño de la PCB (máscara, taladros y serigrafía, véase los *planos N° 15, 16, 21 y 22*) a una empresa externa que las ha fabricado. Mientras que las placas de LEDs y de potencias han sido fabricadas en el laboratorio mediante métodos de prototipado rápido, véase los diseños de las máscaras, taladros y serigrafía de las placas en los *planos N° 18, 19 y 24*.

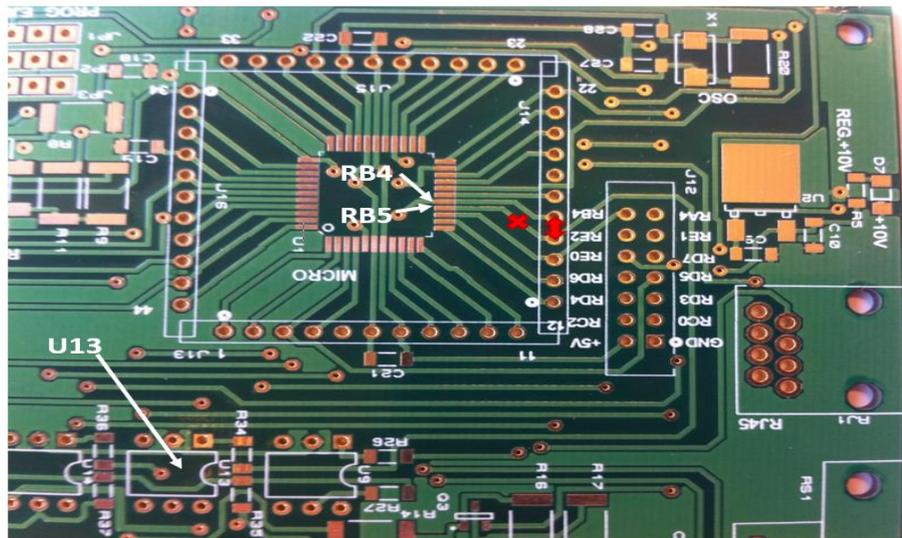
Una vez que se tienen las placas de circuito impreso se ha procedido a soldar los componentes de cada una de las placas en las posiciones apropiadas, según se indica en los planos de serigrafía (*planos N° 16, 19, 22 y 24*). Conviene mencionar que en la placa de control antes de soldar los componentes se debe de realizar un reajuste en la PCB.

En la placa de control se ha de realizar un corte de la pista que une el optoacoplador correspondiente a la válvula “*VAC3*”, *UI3* según la serigrafía de la PCB de control, y el pin *RB5* del microcontrolador. Dicho corte ha de realizarse en la posición indicada en la *Figura 67* con una cruz en rojo.

Posteriormente ha de generarse un puente entre la pista del pin *RB4* y la pista que conecta con el optoacoplador *UI3*, posibilitando de este modo que la electroválvula “*VAC3*” sea gobernada por el pin *RB4*. Dicho puente se ha de generar en la posición indicada en la *Figura 67* con una flecha bidireccional roja. El puente se realizará mediante una soldadura de ambos pines por la parte de atrás de la PCB de control, una vez que haya montado la tira de pines “*J14*”, véase la serigrafía de la PCB de control en el *plano N° 16*.

Es recomendable realizar un testeo de continuidad eléctrica entre el pin *RB5* y la entrada del optoacoplador *UI3*, debiendo de ser negativo. Y otro test de conductividad entre *RB4* y la entrada del optoacoplador *UI2*, debiendo ser positivo.

Una vez se tienen completamente fabricadas y con todos los componentes soldados las cuatro placas electrónicas, se debe de proceder a realizar el montaje de estas sobre la carcasa-caja.



✘ Indicación de corte de pista ➔ Indicación de unión de pistas

Figura 67. Fotografía de la PCB de control, sin los componentes soldados, en la que se muestran las modificaciones que han de realizarse para conseguir que la electroválvula de vaciado del CEA sea gobernada por la salida digital del pin RB4.

Primero se montará la placa de presiones en la posición que se indica en el plano de conjunto y se conectarán las tuberías a los cuatro sensores de presión de la placa, de modo que se garantice un correcto sellado de las juntas y no se produzcan fugas de aire. Seguidamente se procederá a fijar la placa de presiones a la estructura de la carcasa, para ello se han de emplear aislantes de tornillo de M3 x 3 mm, dos tornillos metálicos M3 x 10 mm y seis tuercas metálicas hexagonales M3. En primer lugar, se colocarán los aislantes de los tornillos en los agujeros que se indican con un redondel rojo en la Figura 68.

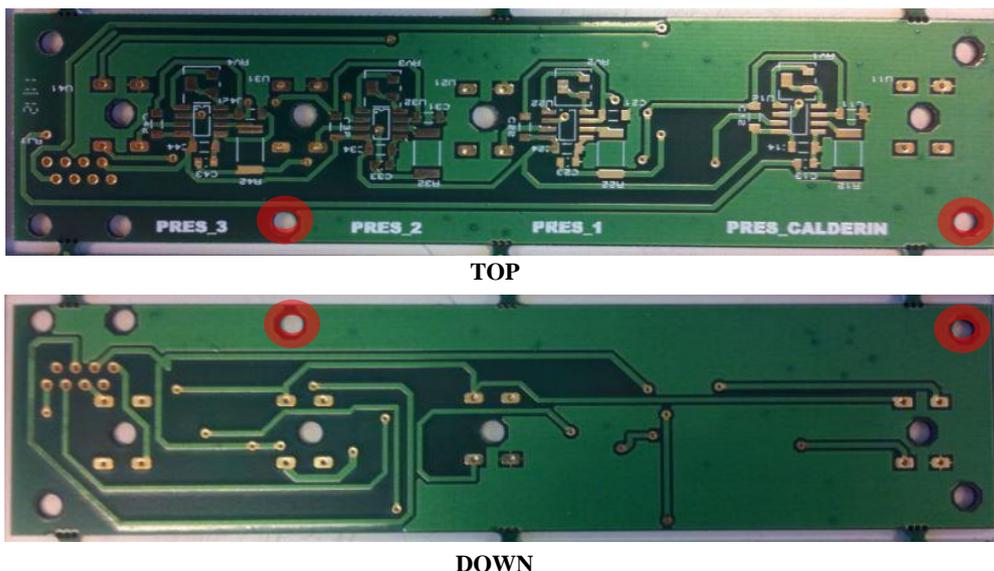


Figura 68. Fotografía a la parte de arriba (TOP) y la de abajo (DOWN) de la PCB de presiones sin los componentes soldados. A su vez se pueden ver marcados mediante una franja roja las zonas susceptibles al desgaste debido al contacto entre las tuercas y la PCB, correspondientes a los agujeros dónde se han de poner el aislamiento para tornillos.

Posteriormente se introducirán dos tuercas en cada uno de los tornillos y se les hará pasar por los agujeros con los aislantes de la placa de presiones y por los agujeros de la carcasa-caja correspondientes. Finalmente, se le pondrá una turca a cada una de los tornillos de modo que quede la placa de presiones completamente fijada a la carcasa. El resultado de las operaciones de fijación de la placa de presiones ha de quedar tal y como se muestra en la *Figura 69*.

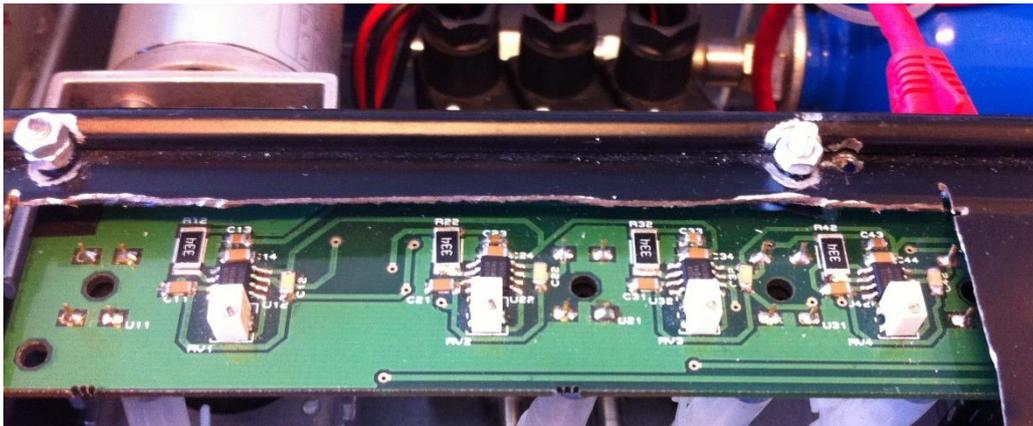


Figura 69. Fotografía de la disposición final de la placa de presiones sobre la carcasa del dispositivo.

El incorrecto aislamiento de la placa de presiones de la estructura metálica de la carcasa puede llevar a un incorrecto funcionamiento de la placa de presiones, generando errores en la lectura de las presiones y poniendo en riesgo la integridad del dispositivo, debido a que pueden darse sobrepresiones.

En cuanto al montaje de la placa de control y la de presiones dentro del dispositivo se ha de realizar con una lámina de material aislante, en el caso del prototipo se ha empleado una *lámina de fluoroplástico PTFE de color blanco y con un espesor de 1,5 mm*. Esto garantizará el correcto aislamiento de dichas placas de la carcasa metálicas del prototipo. Las indicaciones y los materiales de cómo se han de montar las placas en la lámina están recogidas en el *plano N° 5*. Posteriormente se situará el soporte de las placas de control y potencia en la posición indicada en el plano de conjunto. Para la fijación de la misma se empelarán dos juegos de tornillos y tuercas de métrica M4 o M5.

La placa de LEDs se pegará en la carcasa frontal con cinta de doble cara en la posición que se muestra en la *Figura 32*.

Cuando el sistema neumático y el sistema electrónico (salvo el subsistema de la pantalla táctil) este montado por completo en la carcasa-caja del dispositivo, se procederá a realizar las **conexiones eléctricas** pertinentes entre los distintos subsistemas.

Para ello se ha de seguir el plano de conexiones eléctricas, *plano N° 13*, y las indicaciones que se han proporcionado en el apartado “5.1.3 Sistema eléctrico”.

Una vez que se han realizado las conexiones eléctricas, se procede a la **unión de la carcasa-caja y la carcasa frontal**. La carcasa frontal se unirá mediante tronillos de métrica M4 en los agujeros marcados con una ‘c’ en la parte frontal de la carcasa-caja. Para más detalles acudir al plano de conjunto y a los *planos N° 7 y 9*.

El siguiente paso será la **programación de la pantalla táctil**, para ello se seguirán los pasos que se indican en el “A.7. Manual de programación de la pantalla táctil” que viene adjuntado en el anexo 6 de la presente memoria.

Cuando la pantalla táctil haya terminado de ser programada se realizará la **conexión y montaje de la pantalla táctil**. Lo primero que habrá que realizar son las conexiones de los cables de alimentación de 24V y de comunicación con la placa de control a través del COM1. Dicha conexión está explicada en el apartado “5.1.3 Sistema eléctrico”. Luego se encajará a presión la pantalla táctil en el hueco habilitado para ello en la carcasa frontal, véase la posición que debe de adquirir en el plano de conjunto.

Para culminar la parte frontal de la carcasa se deberán poner los **conectores del motor neumático**. Se ha empleado como conectores llaves de pasos que se emplean para las vías de introducción de fármacos en el ámbito clínico, a los cuales se han colocado un accesorio para agujas de un calibre de unos pocos milímetros. Estos conectores se han unido a la tubería o manguera flexible procedente de la salida de las electroválvulas. Para evitar que se produzcan fugas se han empleado las abrazaderas que se han descrito en el apartado “5.1.1.4 Sistema de conductos”. En la *Figura 70* se puede ver el resultado final de la colocación de los conectores del sistema de translación neumático.

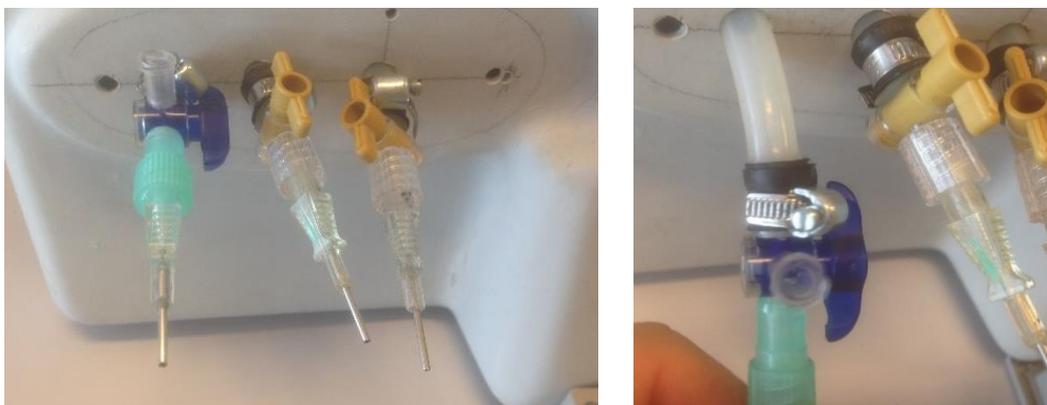


Figura 70. Fotografías del aspecto final que tienen los conectores de las cavidades del motor neumático.

Una vez esten correctamente montados los conectores del motor neumático, se procederá a **montar el ventilador sobre la carcasa-tapa**, en la posición que se indica en el *plano N° 6*. Para ello se emplearán cuatro juegos de tornillo-tuerca metálica de cabeza hexagonal de métrica M4.

Posteriormente, se pondrá **la carcasa-tapa en la carcasa-caja**, culminando así el montaje del hardware del *Endoworm 3.0*. Antes de la colocación de la tapa se ha de realizar la conexión eléctrica del ventilador con los cables que salen del filtro IEC. El aspecto final del prototipo es el que se puede ver en el plano de conjunto (*plano N° 1*) o en la *Figura 71*.



Figura 71. Fotografías del aspecto final de la realización física del prototipo Endoworm 3.0.

Por último, para terminar de completar el software del prototipo se debe de realizar **la programación del microcontrolador de la placa de control**. Para ello se han de seguir los pasos que se indican en el anexo “*A.6. Manual de programación del microcontrolador*”.

5.3 Programación del software

En este último apartado de justificación de la solución adoptada se explicarán los dos principales programas que conforman la parte del software del prototipo *Endoworm 3.0*. Se recuerda que el software del dispositivo está formado por dos programas: el del microcontrolador y el de la pantalla táctil.

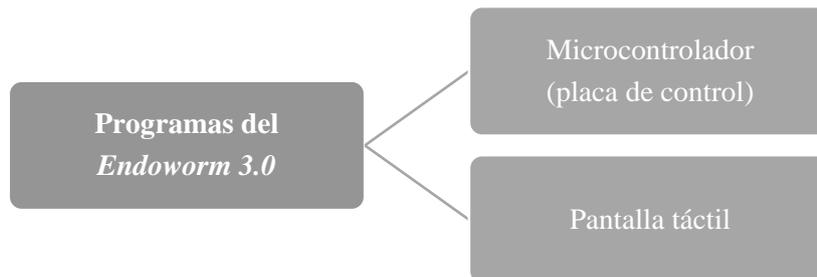


Figura 72. Esquema de los programas que componen la parte software del prototipo Endoworm 3.0.

El programa del microcontrolador es el encargado de controlar los actuadores (bombas y electroválvulas) a partir de los valores de presiones de las tres cavidades del sistema del avance, así como la presión del calderín de llenado.

Mientras que el programa de la pantalla táctil realiza la función de interfaz gráfica entre el prototipo y el usuario, habilitando de este modo un canal bidireccional de comunicación entre el usuario y el *Endoworm 3.0*.

En los siguientes subapartados se explicará la metodología de programación que se ha seguido para ambos programas, así como las nociones básicas del funcionamiento de los mismos. Para conocer más exactamente el proceso de carga de los programas en el hardware, el cómo ha de realizarse la programación o el manejo de los softwares de programación se recomienda acudir a los manuales de programación del microcontrolador y de la pantalla táctil. Estos se pueden encontrar en los anexos de la presente memoria.

5.3.1 Programa del microcontrolador

Como se ha mencionado anteriormente el programa del microcontrolador es el encargado de gobernar el comportamiento del dispositivo. Para ello se ha de comunicar con la pantalla táctil, de la que recibirá las instrucciones a realizar que hayan sido introducidas por el usuario y enviará los datos referentes al estado del dispositivo para informar del estado de las cavidades del motor neumático al usuario. Por otro lado, se encargará de generar las señales de control de los actuadores que componen el sistema neumático para el control del hinchado y deshinchado de las cavidades.

Con respecto las versiones anteriores del programa del microcontrolador se ha realizado un cambio de paradigma en lo que se refiere a la metodología de programación con la finalidad de conseguir que el dispositivo responda en tiempo real a las instrucciones introducidas por pantalla por parte del usuario.

Tras realizar un análisis de las soluciones alternativas referentes al microcontrolador a emplear en la placa de control, se ha decidido seguir empleando el microcontrolador *PIC18F4550* de *Microchip* principalmente por los siguientes motivos:

- Se tiene amplia experiencia en la programación de este tipo de microcontrolador.
- Se conocen y se tienen a la disposición las herramientas y softwares para la programación y la depuración del código.
- Tiene un precio relativamente bajo al ser un microcontrolador de 8 bits.
- Se considera que tiene las características técnicas suficientes para hacer frente las tareas que se le han de encomendar.

El lenguaje de programación que se emplea para programar el microcontrolador *PIC18F4550* de *Microchip* es *C* y *C++*. Dichos lenguajes están basados en una serie de sentencias básicas y reglas sintácticas sobre la que se estructura de forma ordenada el conjunto de instrucciones que debe de realizar el dispositivo. Estas instrucciones son escritas, con la sintaxis concreta del lenguaje de programación, sobre un software de desarrollo proporcionado por el fabricante del microcontrolador, que en nuestro caso es el *MPLABX IDE v3.10*. Hay distintas formas de estructurar y realizar el uso de las sentencias que dan lugar a las distintas metodologías de programación.

En el *Endoworm 2.0* se emplea una mezcla de dos metodologías de programación. Una convolutiva o también conocida coloquialmente como “*código en espagueti*” y otra basada en plano secundario / plano principal.

En la primera de las metodologías se realiza un uso excesivamente recurrente de sentencias anidadas del tipo “*if-else*”, “*while*”, entre otras. Lo cual no es óptimo a la hora de querer desarrollar un programa con una rápida ejecución. Además, el código que se emplea es a veces demasiado largo y poco elegible al entendimiento, haciendo especialmente difícil la modificación del mismo. El conjunto de estas ineficiencias da como resultado un “*código de bloqueo*”, es decir, deja al microcontrolador bloqueado durante un tiempo determinado en una instrucción del código, lo cual es completamente incompatible con una respuesta en tiempo real del dispositivo. Que el dispositivo no responda en tiempo real, quiere decir que cuando el usuario, a través de la pantalla táctil, ordena una determinada instrucción, el dispositivo tarda en responder varios segundos. Esto no es permisible en dispositivos que van destinados al uso médico, ya que estos requieren respuestas inmediatamente rápidas a las instrucciones dictadas por el personal clínico.

Mientras que la segunda metodología que es empleada utiliza un plano primario y otro secundario. El plano secundario está formado por el código situado dentro de un bucle sin fin y en el que se suelen poner operaciones secundarias que no requieren de un tratamiento en tiempo real, mientras que en el plano primario se ubican las instrucciones que requieren de un tratamiento en tiempo real, es decir, las de máxima prioridad. Esta técnica es algo mejor que la anterior y se usa en cierto modo en el *Endoworm 2.0*, pero sigue sin dar solución al problema a resolver de forma eficiente.

Por este motivo, para el *Endoworm 3.0* se ha decidido emplear una metodología más apropiada para que el dispositivo sea capaz de responder inmediatamente a las instrucciones introducidas por el usuario. Esta metodología es conocida como “*Máquinas de Estados Finitos*” (MEF). Con dicha metodología se facilita la resolución de las tareas o instrucciones del primer plano como las del segundo. Las MEF permiten la fragmentación de problemas de naturaleza secuencial en una secuencia de acciones/actividades gobernadas tanto por eventos como por sincronismos. Es por esto que la metodología de MEF es una de las soluciones posibles de los que se denomina “*programación gobernada por eventos*”.

Para realizar el diseño una MEF se han tenido que seguir una serie de pasos que se enumerarán en el esquema de la *Figura 73*. Se intentará explicar de la forma más detallada posible cada uno de estos.

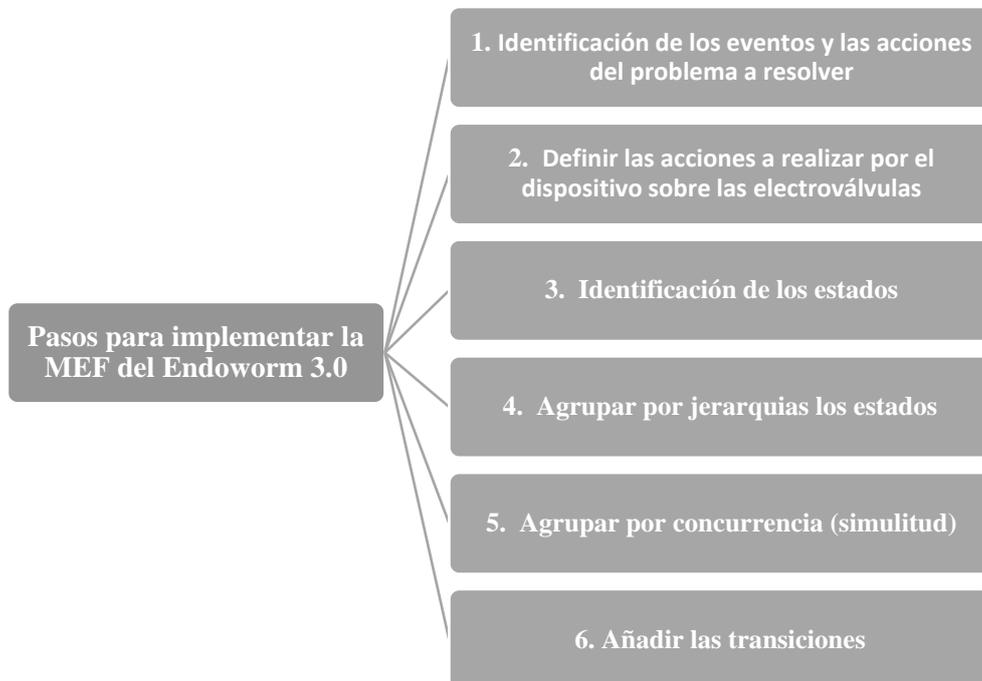


Figura 73. Esquema resumen de los pasos a realizar para el diseño de la MEF del Endoworm 3.0.

Las enumeraciones de los pasos a seguir servirán para poder entender mejor como se ha estructurado el código del microcontrolador. Los pasos son los siguientes:

1. **Identificación de los eventos y las acciones del problema a resolver.** Los eventos representan la influencia del entorno sobre el sistema y serán las entradas a la máquina de estados. En el caso del *Endoworm 3.0*, las entradas a la MEF serán:
 - a. **Acción a realizar:** Acción que es introducida por el usuario a través de la pantalla y que dará lugar a una secuencia de acciones de salida que harán evolucionar el sistema. Esta variable de entrada se le nombra “*Acción*” en la MEF. Esta puede tomar seis posibles valores que han sido codificados con los números de 0 a 5:
 - i. **Detener:** Detiene el sistema el motor neumático o sistema de avance. Cuando el usuario selecciona esta acción, el motor neumático se detiene en el estado en el que se encuentre. En la MEF se ha codificado con el número ‘0’.

- ii. **Avanzar:** Hace que avance el motor neumático por el intestino. Cuando el usuario selecciona esta acción, da lugar a un conjunto de acciones de salida que con la secuencia apropiada de hinchado y deshinchado de las cavidades del sistema de translación neumático se hace avanzar el sistema por el intestino delgado. Dicha secuencia de avance está representada en la *Figura 74*. En la MEF se ha codificado con el número '1'.
- iii. **Retroceder:** Hace que retroceda el motor neumático por el intestino. Cuando el usuario selecciona esta acción, da lugar a un conjunto de acciones de salida que con la secuencia apropiada de hinchado y deshinchado de las cavidades del sistema de translación neumático se hace retroceder el sistema por el intestino delgado. Dicha secuencia de avance está representada en la *Figura 75*. En la MEF se ha codificado con el número '2'.
- iv. **Fijar:** Hace que se fije a la pared del intestino el sistema de translación neumático. Cuando el usuario selecciona esta acción, se genera como acción de salida del dispositivo el hinchado de las dos cavidades de expansión radial, consiguiéndose de este modo la fijación del motor neumático a la pared intestinal. En la MEF se ha codificado con el número '3'.
- v. **Emergencia:** Realiza una parada de emergencia del sistema. Cuando el usuario selecciona esta acción a través de la pantalla táctil, el dispositivo realiza el vaciado de todas las cavidades del motor neumático, independientemente del estado en el que se encuentre la MEF. Se ha codificado con el número '4'.
- vi. **Diagnóstico:** Para realizar un diagnóstico del estado de las cavidades del motor neumático. La forma en la que se realizará el diagnóstico de las cavidades todavía falta por ser definido. Para su codificación se ha empleado el número '5'.

En las siguientes dos figuras se representan las secuencias de avance y retroceso respectivamente.

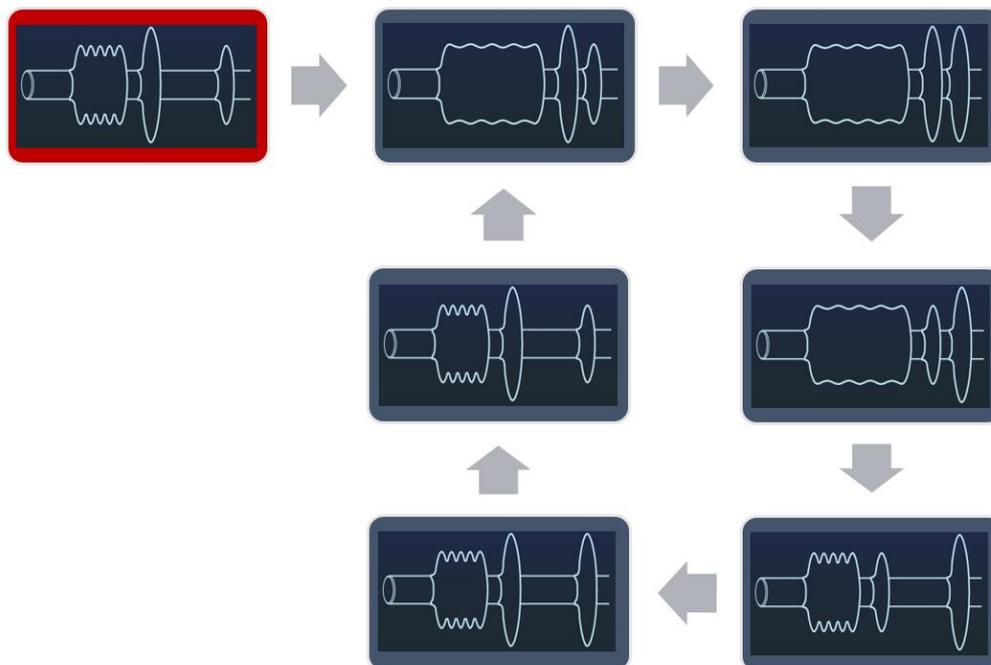


Figura 74: Diagrama de la secuencia de hinchado y deshinchado de las cavidades del sistema de translación neumático para el **avance** del mismo por el intestino delgado.

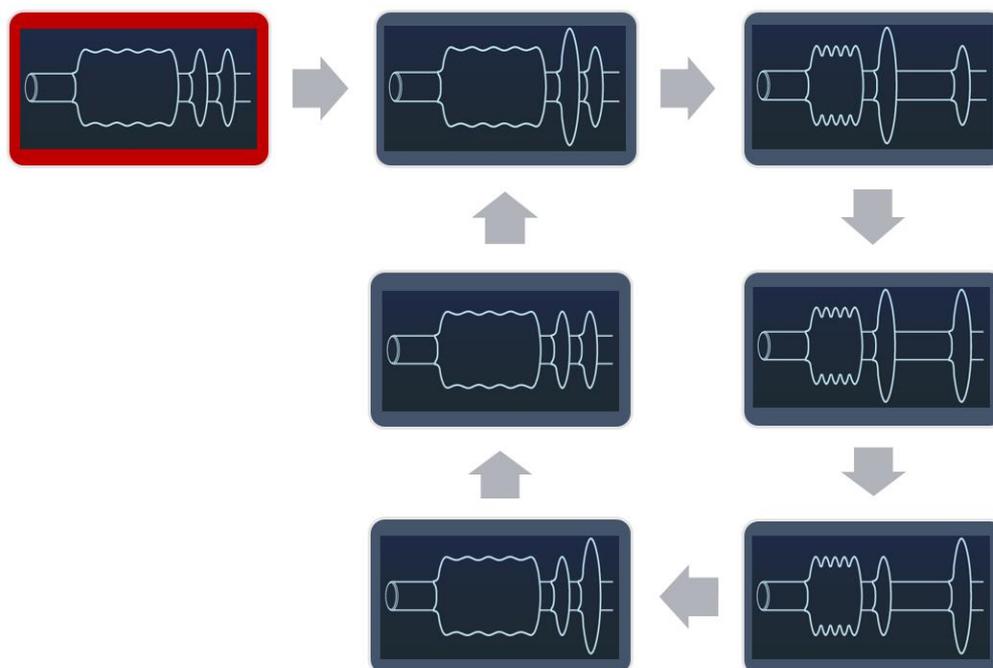


Figura 75. Diagrama de la secuencia de hinchado y deshinchado de las cavidades del sistema de translación neumático para el **retroceso** del mismo por el intestino delgado.

b. **Conjunto de variables de control:** Conjunto de variables binarias que ayudan a determinar la evolución del sistema. Estas variables tienen la principal función de servir como condicionantes para realizar la transición a un nuevo estado o no. Las variables definidas son las siguientes:

i. **Ok:** Se trata de una variable binaria que responde a las siguientes dos preguntas: ¿las cavidades del sistema han alcanzado la presión deseada? y ¿ha pasado el tiempo extra de hinchado o deshinchado de las cavidades?

Si la respuesta de ambas preguntas es afirmativa, la variable tomará el valor de '1'. Mientras que cuando alguna de las preguntas sea negativa, la variable tomará el valor de '0'. Es decir, ambas preguntas están relacionadas mediante el operador lógico *AND*.

Esta variable es la encargada de controlar la transición de un estado a otro, ya que es el principal indicador de si las cavidades tienen el grado de hinchado y deshinchado suficiente para considerarse hinchadas o deshinchadas.

Se va a profundizar un poco más en esta variable con la finalidad de poder entender correctamente la estructura y funcionalidad de la misma.

Con la finalidad de que se puedan hinchar y deshinchar varias cavidades de forma simultánea, se ha diseñado la siguiente estructura para la variable "**Ok**". A partir de la *ecuación (9)* se obtiene su valor binario de dicha variable de control.

$$(9) \quad Ok = \prod_{i=1}^{n=3} Okey[Globo_i]$$

Dónde "**Ok**" es el resultado del producto del valor de "*Okey[Globo_i]*" de cada una de las tres cavidades que componen el motor neumático. Esta variable representa si se han cumplido las dos preguntas anteriores para cada una de las cavidades de forma individual. En la *ecuación (10)* se puede ver la descomposición de

“ $Okey[Globo_i]$ ” en la respuesta binaria de cada una de las dos preguntas.

$$(10) \quad Okey[Globo_i] = presión_{deseada}[Globo_i] \cdot tiempo[Globo_i]$$

Dónde “ $presión_{deseada}[Globo_i]$ ” tendrá el valor de ‘0’ ó ‘1’ en función de si la pregunta “¿la cavidad ‘i’ del sistema ha alcanzado la presión deseada?” tiene respuesta negativa o afirmativa, respectivamente. Mientras que “ $tiempo[Globo_i]$ ” tendrá el valor de ‘0’ ó ‘1’ en función de si la pregunta “¿ha pasado el tiempo extra de hinchado o deshinchado de la cavidad ‘i’?” tiene respuesta negativa o afirmativa, respectivamente.

La dinámica de funcionamiento de estas variables se entenderá mejor en los diagramas de flujo que se adjuntan en los anexos de la presente memoria.

- ii. **Roto:** Se trata una variable binaria que responde a la siguiente pregunta: ¿hay alguna cavidad del sistema de avance que tenga fugas de aire? En caso afirmativo tornará el valor de ‘1’, mientras que si es negativo el de ‘0’.

Debido a que la rotura que cualquiera de las cavidades del motor neumático provoca que el endoscopio no avance correctamente por el intestino. Esta variable valdrá ‘1’ cuando en alguna de las cavidades se detecte una fuga de aire que impida su correcto funcionamiento.

Las combinaciones de todas estas variables de entrada dan lugar a todos los eventos que se puede encontrar la MEF. La forma y orden en la que se han codificado las entradas del sistema es la siguiente:

Acción | Ok | Roto

Debido a que “Acción” tiene 6 estados posibles, “Ok” y “Roto” tienen otros dos posibles estados cada uno, la combinación de estos da un total de 24 eventos posibles que pueden darse como entradas a la *Máquina de Estados Finitos*.

2. **Definir las acciones a realizar por el dispositivo sobre las electroválvulas.** Las acciones definidas serán las salidas de la máquina de estados. Las acciones se realizarán mediante la llamada a funciones escritas en lenguaje C.

Las acciones de salida que se han definido en la MEF son:

- a. **Hinchar:** Realiza el hinchado de alguna de las tres cavidades que componen el sistema de translación neumático. La función en lenguaje C que le da forma se denomina “*hinchar_globo*” y se le han de pasar como parámetros de entrada la cavidad que se desea hinchar y la presión a la que se desea que sea hinchada. En el diagrama de la MEF se ha representado el hinchado de cada una de las cavidades como:
 - i. **L1:** Hinchado de la CER fija.
 - ii. **L2:** Hinchado de la CEA.
 - iii. **L3:** Hinchado de la CER móvil.

- b. **Deshinchar:** Realiza el deshinchado de alguna de las tres cavidades que componen el sistema de translación neumático. La función en lenguaje C que le da forma se denomina “*deshinchar_globo*” y se le han de pasar como parámetro de entrada la cavidad que se desea deshinchar. En el diagrama de la MEF se ha representado el deshinchado de cada una de las cavidades como:
 - i. **V1:** Deshinchado de la CER fija.
 - ii. **V2:** Deshinchado de la CEA.
 - iii. **V3:** Deshinchado de la CER móvil.

- c. **Detener:** Realiza el cierre de todas las electroválvulas, dejando el sistema en el estado en el que se encuentre. La función en lenguaje C que le da forma se denomina “*detener*” y no se le ha de pasar ningún parámetro de entrada. En el diagrama de la MEF se ha representado el cierre de las electroválvulas como “*Detener*”.

- d. **Fijar:** Realiza el hinchado de las cavidades de expansión radial dejando el motor neumático fijado a la pared intestinal. Esta acción se realizará cuando el clínico dese examinar con detenimiento una determinada zona del tracto intestinal. La función en lenguaje C que le da forma se denomina “*fijar*” y no se le ha de pasar ningún parámetro de entrada. Dicha función realiza las siguientes acciones: En primer lugar, ordena el cierre de todas las electroválvulas de inmediato, posteriormente hincha las dos cavidades CER y deshincha la CEA, consiguiendo de este modo la sujeción del endoscopio al tracto intestinal. En el diagrama de la MEF se ha representado como “*Fijar*”.
- e. **Transición:** Es una acción que posibilita regular la velocidad de movimiento de la secuencia de *avanzar* y *retroceder* del sistema de translación neumático. Además, sirve para pasar de un estado a otro. Esta acción lo que hace es esperar un tiempo determinado entre un estado y el siguiente, confiriendo así un control sobre la velocidad de realización de la secuencia de hinchado y deshinchado de las cavidades. La función en lenguaje C que le da forma se denomina “*transiccion*” y se le ha de pasar como parámetro de entrada el estado siguiente al que debe de evolucionar la máquina. En el diagrama de la MEF se ha representado esta acción como “*Trans*”.
- f. **Emergencia:** Acción que realiza el vaciado inmediato de las cavidades del sistema de translación neumático. La empleará el endoscopista cuando se encuentre con que alguna de las cavidades se ha roto o que debe de retirar el enteroscopio de forma rápida al paciente. La función en lenguaje C que le da forma se denomina “*emergencia*” y no se le ha de pasar ningún parámetro de entrada. En dicha función, se procede a realizar un deshinchado de las tres cavidades que componen el sistema de translación neumático. En el diagrama de la MEF se ha representado esta acción como “*Vsys*”.

De momento no se han empleado más acciones de salida. Queda por implementar la acción de **Diagnóstico**, que se denomina en el diagrama de la MEF como “**Dx**”. Esta acción no se ha implementado porque hasta la fecha se dispone de insuficiente información para obtener modelos sobre el hinchado y deshinchado de cada una de las cavidades que posibiliten discernir de forma eficiente si la cavidad tiene una fuga de aire o no.

3. **Identificación de los estados.** En el caso del *Endoworm 3.0*, se entenderán como estados, aquellos estados físicos, valga la redundancia, de las cavidades que componen el sistema de translación. Al ser tres cavidades y como cada cavidad puede estar hinchada o deshinchada, da lugar a un total de ocho (2^3) posibles estados. Conviene mencionar que se podría haber considerado el estado de rotura o no rotura dentro de los posibles estados, esto hubiera supuesto haber doblado el nº de estados de la MEF. Para disminuir el nº de estados y así la complejidad de la MEF, se ha decidido introducir la rotura de cualquiera de las tres cavidades como una variable de control, tal y como se ha explicado con anterioridad.

Los distintos estados que conforman la MEF del *Endoworm 3.0* corresponden con las ocho combinaciones posibles de hinchado/deshinchado de las cavidades del motor neumático.

Los estados han sido nombrados con el nombre “*Estado*”, seguido del número de estado. La numeración de los estados comienza en 0 y termina en 7. En la *Figura 76* se puede ver una representación visual de los estados posibles de la MEF con sus respectivos nombres y una representación del estado de cada una de las tres cavidades, que una cavidad esté hinchada se representará con un ‘1’ y deshinchada con un ‘0’.

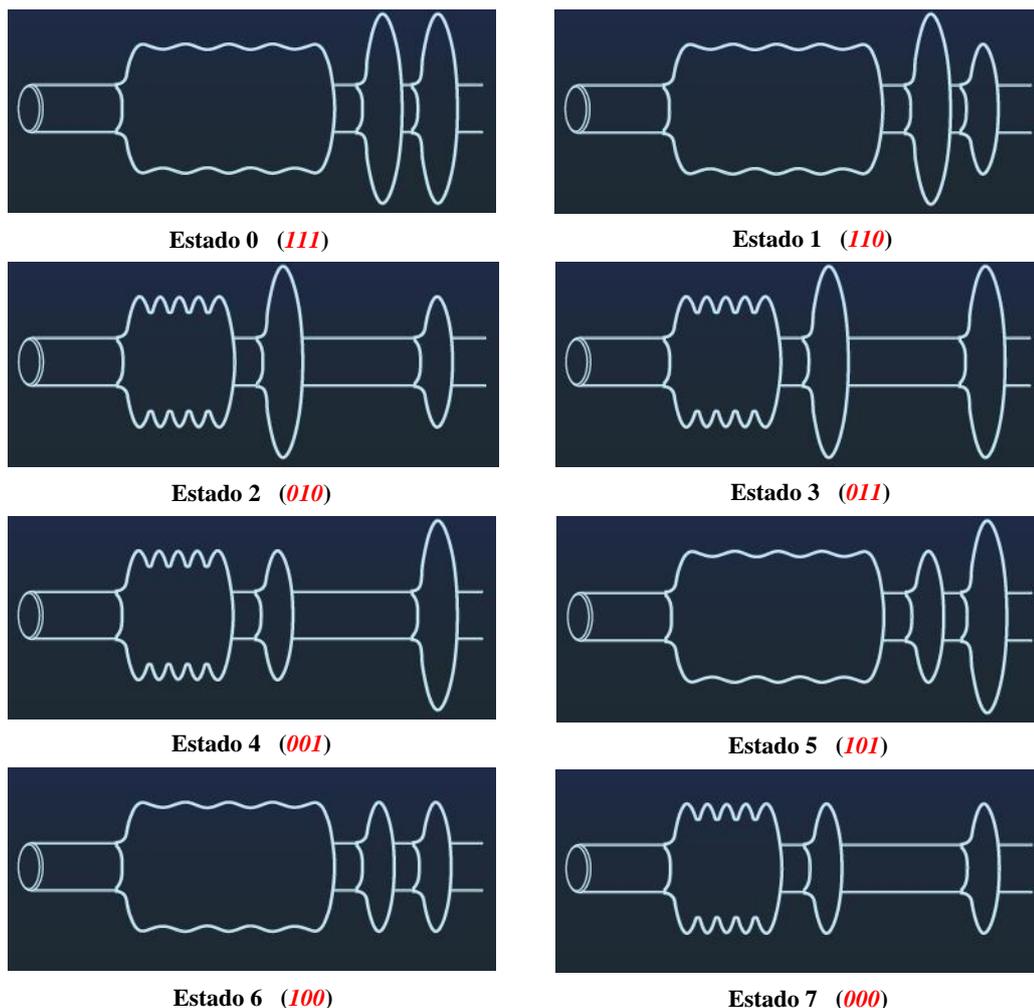


Figura 76. Representación gráfica de los distintos estados definidos en la MEF diseñada para el Endoworm vv3.0 en los que puede encontrarse el sistema de translación neumático, motor neumático o sistema de avance. Debajo de cada imagen aparece el nombre del estado y entre paréntesis y rojo el estado de las cavidades.

El orden en el que son colocados los números que representan el estado de la cavidad es el siguiente:

CEA | CER móvil | CER fijo

Por ejemplo, si se quiere representar que la CER móvil esta hinchado y el resto deshinchado sería “010”. La MEF estaría en dicho estado una vez que el motor neumático tenga completamente hinchado la CER móvil y deshinchadas las otras dos cavidades restantes. En el diagrama de la MEF, el estado de las cavidades “010” correspondería con el “Estado 2” y cuya representación corresponde a la que se muestra en la Figura 77.



Figura 77. Aspecto del “Estado 2” en el diagrama de la MEF

4. **Agrupar por jerarquías los estados.** En este caso todos tienen la misma jerarquía por lo que se ha saltado este paso.
5. **Agrupar por concurrencia (simultaneidad).** En este caso, por la forma de plantear los estados no es posible que se dé ningunos a la vez en el mismo tiempo.
6. **Añadir las transiciones.** En este paso se identifica las acciones a realizar y los cambios de un estado que se deben de producir en el sistema tras el suceso de un determinado evento. Las transiciones se han de añadir en cada una de las flechas que salen del diagrama de estados, como se verá más adelante. Las transiciones se han de representar con la sintaxis que se muestra en la *Figura 78*. Están formadas

1|X|1 / Detener
2|0|0 / L2

Figura 78. Sintaxis a emplear en las transiciones.

principalmente por dos partes separadas por una barra. La parte de la izquierda corresponde con el evento de entrada a la MEF, mientras que la de la derecha corresponde con la acción de salida de la MEF (**evento/acción**). La nomenclatura a emplear para los eventos y las acciones es el que se ha comentado anteriormente. Conviene mencionar un pequeño detalle del cual no se ha comentado nada. Cuando en alguna de las variables de entrada que conforman un evento aparece una 'X' en lugar de algún valor numérico de los especificados anteriormente, quiere decir que puede tomar cualquier valor para los cuales está definido dicha variable de entrada.

Por ejemplo, si cogemos la primera transición de la *Figura 78*, se tiene que:

- Evento de entrada es "1 | X | 1". Quiere decir que las variables de entrada pueden tomar los siguientes valores:
 - Acción = 1 ("Avanzar")
 - Ok = 0 ó 1, es indistinto
 - Roto = 1
- Acción de salida es "Detener".

Esto se traduce como: cuando a la entrada de la MEF, en el estado actual, se tenga la acción introducida por pantalla "Avanzar", independiente mente de que se haya alcanzado el grado de hinchado deseado de la cavidad que se esté hinchando o deshinchando y alguna de las cavidades esté rota. La MEF realizará como acción de salida la detención del motor neumático.

De modo que una MEF queda definida por los estados que la componen, las variables de entrada, las acciones de salida y las transiciones que regulan la evolución de un estado a otro.

Como resultado de este proceso de diseño se obtiene un diagrama que representa el comportamiento de la máquina de estados finitos que da solución al control lógico del sistema de avance del endoscopio. Dicho diagrama se encuentra adjunto en el anexo “A.2 Diagrama de la Máquina de Estados Finitos”. Con la finalidad de facilitar la explicación de dicho diagrama se muestra en la Figura 79 una versión reducida en tamaño del mismo y cuyos detalles no se puede apreciar con nitidez, para verlo apropiadamente se recomienda acudir al *anexo A.2* anteriormente mencionado.

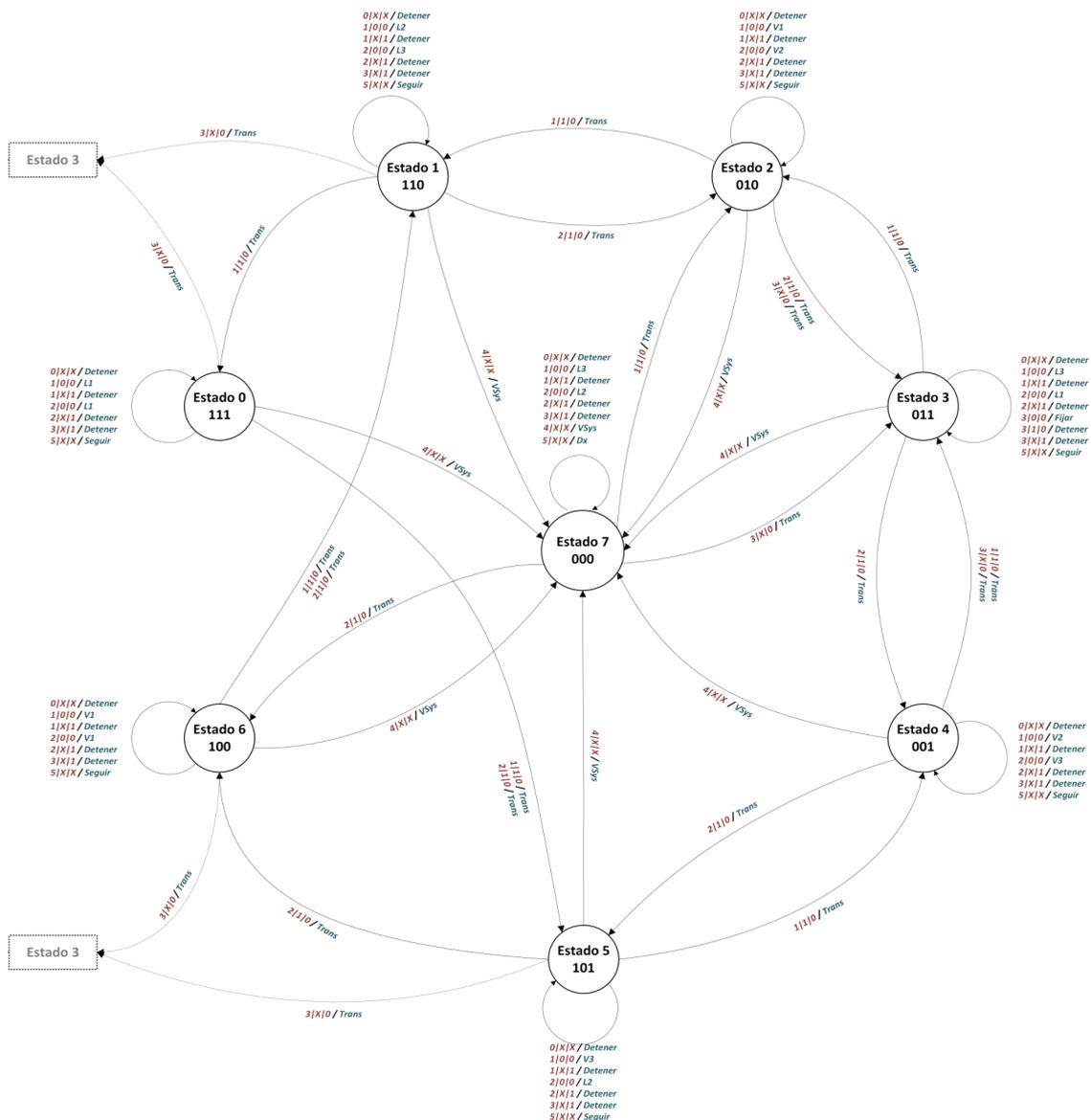


Figura 79. Diagrama de la Máquina de Estados Finitos que da solución al control del hinchado de las cavidades del motor neumático del Endoworm 3.0.

Los círculos del diagrama representan los estados, las flechas las transiciones y las letras situadas sobre las flechas representan el evento de entrada y la acción de salida de la MEF (evento/acción).

El diagrama de la MEF es lo que se ha implementado en lenguaje C en el microcontrolador. La forma de pasar este diagrama a código de programación es mediante la realización de una **tabla de estados - eventos** en la que se representa el diagrama de la MEF de forma no gráfica. En dicha tabla, en función del evento que se haya producido y el estado actual en el que se esté, se realizará una acción u otra y las transiciones harán evolucionar la máquina a un nuevo estado o las mantiene en el mismo estado, según se halla definido en el diagrama. Dicha tabla se adjunta en el anexo “A.3 Tabla de Estados – Eventos”.

Las entradas a la “tabla de estados – eventos” son el estado actual (las filas de la tabla) y el evento ocurrido (las columnas de la tabla). La combinación de ambas variables de entrada conducen a una única celda en la que se encuentra el estado siguiente al que debe de evolucionar el sistema, así como la acción de salida a realizar sobre el motor neumático. Un ejemplo del funcionamiento de la tabla sería el siguiente:

Imagínense que el estado actual es el “Estado 1” y que el evento que ha ocurrido es “Evento 4”, buscando en la tabla se puede ver que da como resultado de la búsqueda de ambas entradas la celda en la que pone “E1/L2”. Esto quiere decir que el siguiente estado deberá ser el “Estado 1” y que la acción a realizar es “hinchado de la cavidad 2” (L2), es decir, el hinchado de la CEA.

Otro ejemplo sería: Si el estado actual es “Estado 1” y el evento que ha ocurrido es “Evento 12”, el contenido de la celda resultante de buscar en la tabla es “E3/Trans”. Esto quiere decir que el siguiente estado al que debe de evolucionar la MEF es al “Estado 3” y que ha de realizar la acción de salida “Trans”, que viene a ser la realización de la transición entre el Estado 1 y el nuevo estado al que va a evolucionar (Estado 3).

Tras la explicación de cómo funciona la *tabla de estados – eventos*, puede surgir las siguientes dudas: ¿Cómo se ha implementado dicha tabla en lenguaje C? y ¿Cómo se ha estructurado el código? En las siguientes páginas se va a explicar de forma breve como se ha implementado la *tabla de estados – eventos* y la estructuración del código del microcontrolador.

El código del microcontrolador ha sido estructurado en las partes que se muestran en el diagrama de la *Figura 80*.

Se puede observar que el documento o fichero central en el que se estructura el código principal es “*main.c*”, ya que de forma directa o indirecta se comunica con el resto de los documentos que componen el programa del microcontrolador.

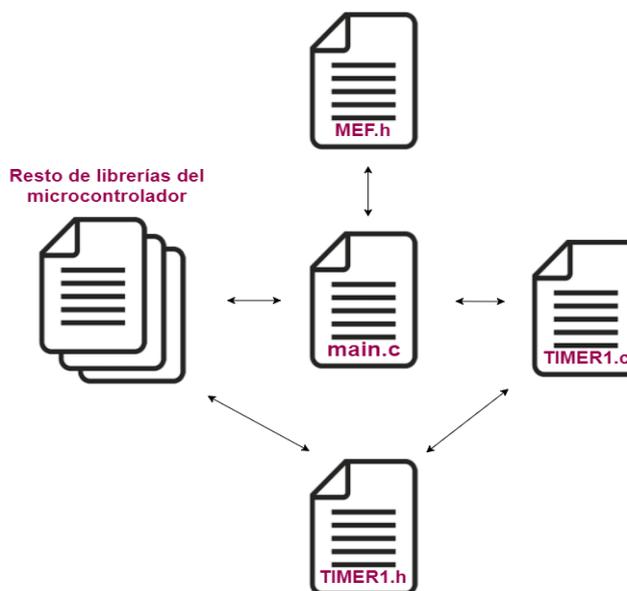


Figura 80. Diagrama de los distintos ficheros de código que componen el programa del microcontrolador del Endoworm 3.0.

Dicho código principal se apoya en una serie de librerías del compilador XC8 de *Microchip* (*Resto de librerías del microcontrolador*). Estas son encargadas de facilitar la tarea de utilización de los distintos puertos y funcionalidades que posee el *PIC18F4550*.

Por otro lado, se encuentra la librería “*MEF.h*” que es en la que se definen los estados, eventos, funciones de acción de salida y la *tabla estados – eventos* de la *Máquina de Estados Finitos*. Dicha librería simplemente se trata de una definición de variables, funciones y tablas, que posteriormente serán llamadas o implementadas en el fichero principal de código “*main.c*”. Más adelante se explicará más a fondo dicha librería.

Por último, se encuentra la librería de timers virtuales de tiempo real que está compuesta por los ficheros “*TIMER1.h*” y “*TIMER1.c*”. La conjunción de ambos documentos posibilita el empleo de 4 timers virtuales y que con ayuda de la interrupción por desbordamiento del Timer 1 del microcontrolador permite controlar de forma precisa los tiempos de hinchado, deshinchado y ajuste de las velocidades del avance del motor neumático del *Endoworm 3.0*. Más adelante se explicará más a fondo el uso de dicha librería.

El primero de estos documentos que se va a explicar es la librería de la *Máquina de estados Finitos*, “*MEF.h*”. El código que conforma este fichero de cabecera se puede ver en el anexo “*A.5.2 Librería timers virtuales (Timer.h)*”. En este se definen todas las variables, constantes y estructuras necesarias para la implementación de la MEF, además de encontrarse el prototipo de funciones de las acciones a realizar y de la tabla look -up

en la que se implementa la *tabla de estados – eventos*. Sin más dilación se va a proceder a explicar el contenido del documento.

En primer lugar, se han definido dos constantes de tipo (*#define*):

- **MAX_ESTADOS:** Constante de número entero en la que se pone el número máximo de los estados que tiene la MEF. En el diseño implementado se tiene que hay un total de 8 estados.
- **MAX_EVENTOS:** Constante de número entero en la que se pone el número máximo de eventos que tiene la MEF. En el diseño implementado se tiene que hay un total de 24 eventos posibles, tal y como se ha expuesto con anterioridad.

Para definir los estados y los eventos de la MEF se ha empleado el uso de enumeraciones con los nombres “*Estado*” y “*Evento*”, respectivamente.

- **Estado:** Variable de tipo enumeración que permite asignar números enteros a cada uno de los estados. De modo que se han definido un total de 8 estados (*Estado_0*, *Estado_1*, *Estado_2*, *Estado_3*, *Estado_4*, *Estado_5*, *Estado_6* y *Estado_7*) más un estado de error (*Estado_ERR*). El nombre empleado para la variable de tipo enumeración “*Estado*” que da lugar al estado actual de la MEF se llama “***Estado_Actual***” y es inicializado con el valor “*Estado_7*”.
- **Evento:** Variable de tipo enumeración que permite asignar números enteros a cada uno de los eventos de la MEF. De modo que se han definido un total de 24 estados que van de “*Evento_0*” a “*Evento_23*”. Además, se han definido dos posibles eventos más, el evento nulo (*Null_Evento*) y el evento error (*Evento_ERR*). El nombre empleado para la variable de tipo enumeración “*Evento*” que da lugar al evento ocurrido en la MEF se llama “***Ev_ocurrido***” y es inicializado con el valor “*Null_Evento*”.

En este fichero de cabecera también se han definido los prototipos de las funciones de las acciones de salida de la MEF. Se han tenido que definir un total de 192 funciones que cubren las 192 combinaciones posibles de estados y eventos. La sintaxis que se ha seguido para la definición es la siguiente:

void Accion_SX_eX(*void*)

Dónde en las posiciones que hay una ‘X’ se pone el número que corresponde con el estado o el evento al que pertenece dicha acción de salida. Por ejemplo, la función de acción de salida de la MEF para el “Estado_3” y el “Evento_6” será:

void Accion_S3_e6(void)

También se ha implementado una función que permite decidir la acción que debe de realizar la MEF. Dicha función es la encargada de realizar la evaluación de la MEF, decide la acción a realizar en función del estado actual en el que se encuentre la MEF y el evento nuevo que haya sucedido, además de actualizar la variable “Estado_Actual” con el estado siguiente a realizar según la *tabla de estados-eventos*. Dicha función ha sido definida como “*void decide_accion(Evento Ev)*”, a la que se le ha de pasar el evento que haya sucedido, “*Ev_ocurrido*”. Para ver el funcionamiento de forma esquemática de la misma se recomienda acudir al flujograma de dicha función que se encuentra en el anexo “A.4. 17 Flujograma función decide_accion”.

La definición de cada una de las instrucciones que se ha de realizar para cada acción de salida debe de realizarse para todas las funciones acción definidas y se programará en el fichero “*main.c*”. Es decir, en el fichero “*MEF.h*” se definen los prototipos de las funciones, mientras que éstas son implementadas en el fichero “*main.c*”.

Se ha definido la variable “*Accion_exe*” como un puntero a función que será la encargada de apuntar a una de las funciones de acción (*Accion*) explicadas en los párrafos anteriores. Es decir, “*Accion_exe*” es una variable en la que se almacena la dirección de programa dónde se encuentra el conjunto de instrucciones definidas en la función a la cual apunta. El empleo de punteros a funciones es una potente herramienta para agilizar el flujo del programa. En caso de no quedar claro este concepto se recomienda realizar una búsqueda por la web dónde se puede encontrar explicado con ejemplos. “*Accion_exe*” se ha inicializado con el valor de la dirección de programa de la función de acción correspondiente con el “*Estado_0*” y “*Evento_0*” (según la *tabla de estados-eventos*).

La *tabla de estados – eventos* de la MEF se ha definido como una matriz bidimensional, una dimensión para “*Estado_Actual*” y otra para “*Ev_ocurrido*”, en la que cada uno de los elementos es una estructura formada por dos que tiene dentro dos variables. La primera de ellas es una enumeración de tipo “*Estado*” en la que se define el estado siguiente al que debe de evolucionar la MEF, mientras que la otra es un puntero a las funciones “*Accion*”. A este tipo de estructura se le ha definido bajo el nombre

“Planifica_Estado”. Es decir, “Planifica_Estado” es un tipo de variable que sirve para estructurar dentro de la misma un conjunto de variables, en este caso dos (“Estado_Actual” y “Ev_ocurrido”). Con la finalidad de que quede claro, se expone en la *Figura 81* un esquema de la composición del tipo de estructura “Planifica_Estado”.

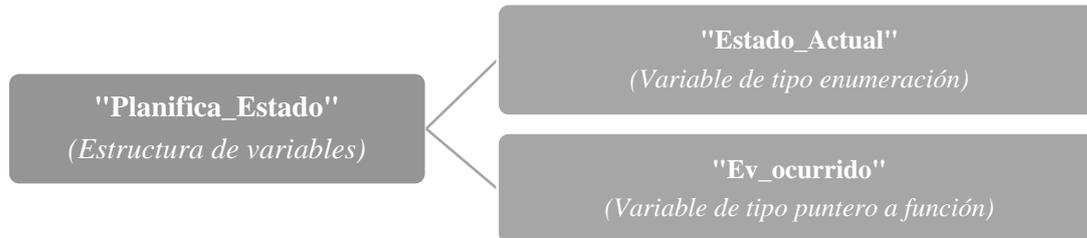


Figura 81. Esquema en el que se muestra la estructura del tipo de variable “Planifica_Estado”, formada por la variable “Estado_Actual” y “Ev_ocurrido”. En dicha estructura se almacenan ambas variables que se encuentran en una de las 192 celdas que componen la tabla de estados-eventos.

El tamaño de la tabla en cada una de las dimensiones debe de corresponder con el nº de estados y el nº de eventos máximos que se pueden dar, “MAX_ESTADOS” y “MAX_EVENTOS” respectivamente. El resultado de la definición de la *tabla de estados – eventos* es el siguiente:

Planifica_Estado TABLA_ESTADOS_EV[*MAX_ESTADOS*][*MAX_EVENTOS*]

En esta tabla bidimensional, en la que cada elemento o celda es de tipo estructura “Planifica_Estado”, se han definido el estado siguiente y la acción a realizar correspondientes en cada una de las coordenadas, tal y como aparece en la *tabla de estado - eventos* adjunta en el anexo “A.3 Tabla de Estados – Eventos”.

La variable que se ha empleado en el código para almacenar las salidas de la tabla se denominada “Eval_Plan_Estado” que se ha inicializado el “Estado siguiente” como “Estado_7” y la “Accion” como el puntero a la función acción perteneciente al “Estado_7” y “Evento_0”.

Ahora se va a resumir un poco todo este proceso de la MEF, con la finalidad de que quede todo claro, ya que en las últimas páginas se ha presentado mucha información de forma condensada.

En el diagrama de la *Figura 82*, se muestra a modo de resumen la implementación de la *Máquina de Estados Finitos* realizada para el control del sistema de translación neumático del Endoworm 3.0.

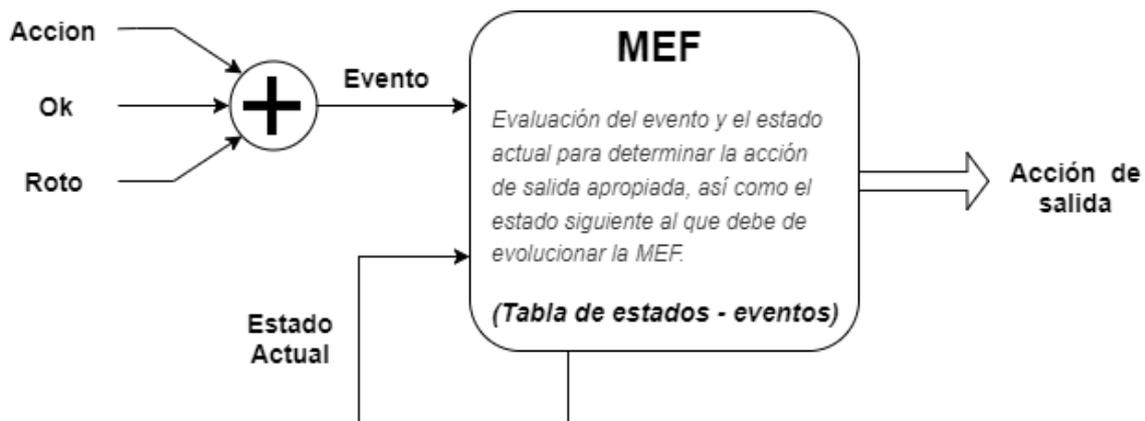


Figura 82. Diagrama funcional que resume la dinámica de la Máquina de Estados Finitos diseñada, así como la implementación de la misma en lenguaje de programación C para el control de las presiones en las cavidades del motor neumático del Endoworm 3.0.

En dicho diagrama se puede ver que la entrada a la MEF es el “Evento” que está compuesto por la agregación de tres variables “Accion”, “Ok” y “Roto”. El evento de entrada a la MEF es definido en programación como una variable de tipo enumeración denominada “*Ev_ocurrido*”.

También se puede ver en la *Figura 82* que la *Máquina de Estados Finitos* también depende del estado actual en el que se encuentre. El estado actual de la MEF se ha representado en el código mediante una variable de tipo enumeración denominada “*Estado_Actual*”.

Ambas entradas a la MEF son evaluadas dentro de la MEF mediante la función “*decide_accion*” anteriormente explicada. En dicha función se hacen las siguientes instrucciones:

1. Buscar en la *tabla de estados – eventos* (“*TABLA_ESTADOS_EV*”) el estado siguiente y la acción a realizar, en función del valor de las variables “*Estado_Actual*” y “*Ev_ocurrido*”, y almacenarlo en la estructura “*Eval_Plan_Estado*”.
2. Actualizar la variable “*Estado_Actual*” con el valor del estado siguiente que se ha almacenado en la estructura “*Eval_Plan_Estado*”.
3. Ejecutar la función de la acción a realizar que se ha almacenado en la estructura “*Eval_Plan_Estado*”. Esto se realiza mediante un puntero que apunta a dicha función de acción.

Se espera que con esta última explicación se haya quedado totalmente clara la dinámica que sigue la *Máquina de Estado Finitos* que se ha implementado para el control de la presión de las cavidades del sistema de translación neumático del Endoworm 3.0.

El siguiente conjunto de documentos que se va a proceder a explicar es el que da forma a los timer virtuales de tiempo real que se encargan de controlar los tiempos de hinchado, deshinchado y de velocidades de las cavidades del sistema. Para ello ha sido necesario implementar una librería denominada "*Timer1*" que está compuesta por dos ficheros. Uno en el que se implementa el código de las funciones que dan forma a los temporizadores virtuales "*Timer1.c*" y otra en la que se definen las variables, constantes, estructuras y funciones necesarias "*Timer1.h*".

Esto temporizadores virtuales sirven para controlar de forma precisa el transcurso de un tiempo determinado durante la inicialización del mismo que posibilita realizar esperas de tiempo durante un tiempo determinado sin la necesidad de tener que recurrir a las funciones "*delay*" del microcontrolador que detienen la ejecución del código. De este modo se obtiene un código fluido y sin detenciones en una determinada línea de código.

Para la materialización de los temporizadores virtuales de tiempo real se ha tenido que definir los siguientes ítems:

- **timer:** Estructura de variables que sirve para definir el conjunto de variables que debe de tener cada uno de los temporizadores virtuales. Contiene las siguientes variables:
 - **Contador:** Variable de tipo número entero sin signo de 16 bits sobre el cual se lleva el número de cuentas del temporizador. Esta variable es incrementada una unidad en la interrupción por desbordamiento del Timer 1, si el temporizador virtual está activado. A partir del tiempo de desbordamiento del *Timer 1* y en nº de cuentas se obtiene el tiempo total que el temporizador lleva activado.
 - **t_Actual:** Variable de tipo número entero sin signo que sirve para almacenar el valor del contador cuando el temporizador es inicializado. Sirve como punto de referencia del número de cuentas que hay cuando se inicializo el temporizador virtual.

- **intervalo:** Variable de tipo número entero sin signo de 16 bits en la que se pone el tiempo al que el temporizador debe de dar la alarma de que ha transcurrido el tiempo inicialmente programado.
- **Activo_Timer:** Variable de tipo número entero sin signo de 8 bits que sirve de indicador de la activación ó inactivación del temporizador virtual. Adopta un valor binario, siendo ‘1’ para indicar la activación y ‘0’ la inactivación.

Se han definido un total de cuatro estructuras de este tipo, una para cada una de los temporizadores:

- **Tiempo_Extra_Aux:** Temporizador virtual que se encarga de realizar los tiempos de espera entre la transición de un estado a otro con la finalidad de regular la velocidad de movimiento del motor neumático.
- **Tiempo_Extra_G1:** Temporizador dedicado para controlar el tiempo de hinchado y deshinchado del globo 1, este generalmente está dedicado para la CER fija.
- **Tiempo_Extra_G2:** Temporizador dedicado para controlar el tiempo de hinchado y deshinchado del globo 2, este generalmente está dedicado para la CEA.
- **Tiempo_Extra_G3:** Temporizador dedicado para controlar el tiempo de hinchado y deshinchado del globo 3, este generalmente está dedicado para la CER móvil.
- **clock_time:** Es una función a la que se le pasa como parámetro de entrada el puntero a uno de los temporizadores virtuales y da como variable de salida el valor del contador del mismo.
- **Tiempo_Finalizado:** Es una función que se le pasa como parámetro de entrada el puntero a uno de los temporizadores virtuales y da como variable de salida si el timer virtual a alcanzado el tiempo deseado o no.
- **timer_set:** Es una función que sirve para inicializar las 4 variables que componen una de las estructuras de los temporizadores virtuales. Para ello se le ha de pasar el nombre del temporizador virtual que se desea inicializar, así como el tiempo que se desea programar para que la función “*Tiempo_Finalizado*” devuelva un ‘1’.

El conjunto de estas funciones y variables son empleadas en el código del fichero “main.c” para el control del tiempo sin bloqueos de código.

Por último, conviene explicar de forma resumida el fichero “main.c”. En este se recoge el funcionamiento que se ha programado desde que se enciende el dispositivo hasta que se apaga, de forma escueta y sencilla. Para ello, se va a emplear como apoyo el flujograma que da forma a la función principal del programa, “main()”, y que se puede observar en la Figura 83.

La función “main()” es la que se ejecuta nada más encenderse el dispositivo, lo primero en realizar es la inicialización de variables y la configuración de los puertos e interrupciones. Seguidamente cierra todas las electroválvulas y mantiene apagadas las bombas y espera durante aproximadamente 12 segundos, que es el tiempo que necesita la pantalla táctil para inicializar el programa. Una vez inicializada la pantalla se produce a inicializar las variables de la pantalla a los valores definidos dentro de la función “borrar_pantalla()”, inicializa el estado y el evento de la MEF y activa los Timers 0 y 1 que dan lugar a las interrupciones temporizada por desbordamiento de los mismos.

Luego el sistema entra en el “Bucle Sin Fin” (BSF), que se trata de un bucle que se repite de forma continuada hasta que el dispositivo es apagado.

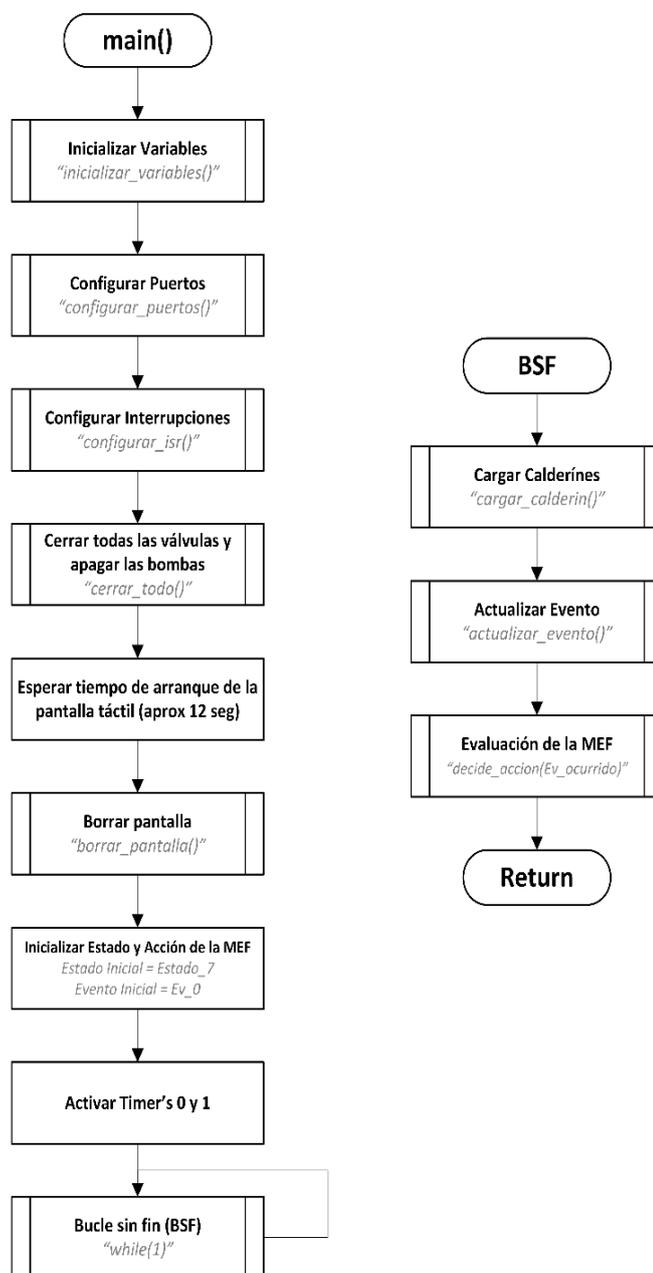


Figura 83. Flujograma de la función principal del programa del microcontrolador.

La secuencia de instrucciones que se desarrollan en el *BSF* son las que aparecen en el flujograma de la derecha de la *Figura 83*. Es en este dónde, de forma repetitiva, se evalúa el estado de la presión del calderín de llenado y en caso necesario de bajar de una presión mínima se introduce aire hasta que se vuelve a alcanzar el rango de presiones deseadas. El control que se ha realizado para mantener el rango de presiones en el calderín de llenado es conocido como ciclo de histéresis. Este ciclo garantiza que la presión del calderín de llenado se mantenga en unos valores razonables sin la necesidad de que esté funcionando continuamente la bomba de llenado.

También se realiza la actualización de los eventos de entrada de la MEF. La acción a realizar es introducida por el usuario por pantalla, mientras que el resto de eventos son generados de forma interna por el propio código en función de las presiones y tiempos configurados para el hinchado óptimo de las cavidades.

En la última instrucción del bucle sin fin es dónde se evalúa la *tabla de eventos-estados*, como resultado de la implementación del diagrama de la *MEF* en el lenguaje de programación. Es en este punto dónde se determina la acción a realizar y el siguiente estado al que ir, según el evento de entrada y el estado actual del sistema de avance.

Antes de explicar la secuencia de instrucciones que se realiza en las interrupciones temporizadas, se va a describir brevemente que es una interrupción.

Una interrupción es un segmento de código que se ejecuta cuando sucede un determinado evento que tiene prioridad sobre el resto del código. En el caso de las interrupciones temporizadas el evento de disparo es el transcurso de un tiempo determinado, ya que de este modo se consigue que se ejecute cada determinado tiempo un segmento de código. Esta práctica es muy común en la programación de microcontroladores, ya que permite jerarquizar el código, dando una mayor preferencia a unas instrucciones que a otras.

En el flujograma de la izquierda de la *Figura 84*, se observa la secuencia de instrucciones que se realiza en la rutina de la **interrupción temporizada del *Timer 0***. Dicha interrupción se ejecuta cada 200 milisegundos y **es la responsable de realizar las comunicaciones entre el software del microcontrolador y la pantalla.**

Mientras que en el flujograma de la derecha, corresponde con la rutina de la interrupción temporizada del *Timer 1*. Dicha interrupción se ejecuta cada 25 milisegundos y es la encargada de hacer la lectura de las presiones de los sensores, la actualización de unos temporizadores virtuales que sirven para llevar la cuenta del tiempo extra de hinchado y deshinchado de cada una de las cavidades. También realiza la actualización del tiempo de exploración.

Los flujogramas detallados de las dos rutinas de interrupción se pueden encontrar en los flujogramas adjuntados en los anexos de la memoria.

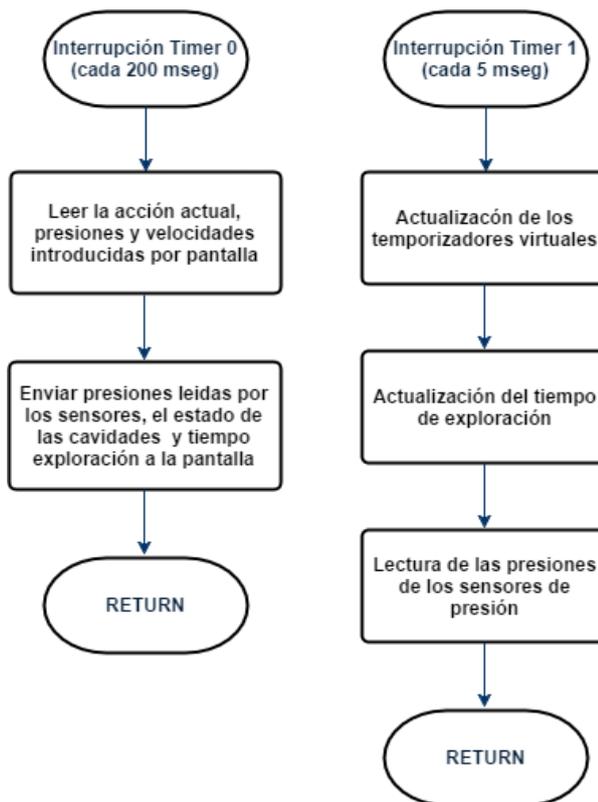


Figura 84 Flujogramas de las rutinas de interrupción temporizadas del *Timer 0* y el *Timer 1*, izquierda y derecha respectivamente.

Por último, conviene mencionar las ventajas de emplear la metodología de Máquina de Estados Finitos (MEF) actual con respecto a las metodologías empleadas con anterioridad.

Por lo general, hacen sencillo entender el código de programación y queda optimizado. Consigue extraer detalles, tanto principales como secundarios, que son necesarios para el análisis del sistema de un alto nivel y se centran en aspectos claves del mismo. Además, aportan una componente visual que facilita la comprensión de lo que hace el código a través del diagrama de estados. Es relativamente sencillo de implementar para sistemas pequeños, menores de 20 estados y son universalmente aplicables.

Como contrapartida tiene que no es nada sencillo de implementar las funciones de las acciones, ya que tienen que evitar en todo estado el generar bloqueos de código. El disminuir el número de estados ha conllevado al aumento del número de eventos de entrada, ya que, si se considera como posible estado físico de las cavidades el estado de rotura de la misma, a parte del de hinchado y deshinchado, se tiene que el número posible de estados es de (3^3) , dando un total de 27 estados. Esto complica en demasía la implementación de esta metodología. Por último, conviene mencionar que, si durante la

fase de diseño de la MEF se definen demasiado estados para el sistema de avance, minimiza la eficiencia del código por lo que esta metodología se aproxima mucho a la metodología convolutiva.

Gracias a la incorporación del estado de rotura de la cavidad como evento, se ha evitado la mayoría de las contrapartidas de esta metodología.

El resultado final es una respuesta inmediata, cuestión de unos 250 milisegundos aproximadamente (prácticamente despreciable), en responder el sistema. Esto dota al sistema de la respuesta deseada en este tipo de dispositivos médicos (respuesta en tiempo real).

5.3.2 Programa de la pantalla táctil

Consiste en la programación de la interfaz gráfica que sirve de medio de comunicación entre el usuario y el dispositivo, se recuerda que estas se realizan durante la ejecución de la rutina del *Timer 0*. Los cambios en el diseño que se han introducido son bastantes significantes de la versión 2.0 a la 3.0 del *Endoworm*.

El software empleado para esta pantalla es específico de la casa *Pro-face* y se denomina “*GP-Pro Ex*”, empleándose para la realización de la interfaz la *versión 4.04* del mismo.

Lo primero y más importante de todo es conocer el principio de funcionamiento de la pantalla y como esta se comunica con el microcontrolador *PIC18F4550*, encargado del control del *Endoworm 3.0*.

El usuario introduce las instrucciones deseadas por la pantalla, para ello lo que tiene que hacer es tocar con el dedo sobre el botón u objeto mostrado por pantalla que corresponda con la instrucción deseada. Una vez que ha tocado un objeto se realiza un cambio de estado en la dirección de memoria de la pantalla con la que se encuentra relacionado el objeto en cuestión, es decir se produce un cambio en el valor almacenado en la dirección de memoria de la pantalla.

De forma simultánea al proceso anterior, el microcontrolador se encuentra comunicándose con la pantalla táctil de forma periódica cada 200 ms (rutina del *Timer 0*). Durante estas comunicaciones el microcontrolador se dedica a leer o escribir sobre las direcciones de la memoria de la pantalla.

Con la finalidad de conseguir una mejor comprensión por parte del lector, se va a explicar el proceso desde que el usuario introduce una instrucción de pantalla hasta que esta es recibida por el microcontrolador que se encargará de ejecutarla. Supongamos que cuando se pulsa el botón “*Forward*” (objeto) de la pantalla táctil, se pone el valor “*1*” en la dirección de memoria asociado a dicho objeto cuando anteriormente esta valía “*0*”. Dicha dirección de memoria será leída por el microcontrolador de forma periódica, de modo que detectará el cambio de valor de la dirección de memoria asociada a “*Forward*”, dejando de ejecutar el código correspondiente al valor “*0*” y ejecutando el código correspondiente a “*1*” que realizará la acción deseada por el usuario.

De igual modo, se puede realizar una comunicación en sentido contrario, del microcontrolador a la pantalla. En este caso el que escribe sobre la dirección de memoria

de la pantalla es el microcontrolador, haciendo que cambie el estado de un *display*. Un ejemplo de este es la lectura de las presiones de los sensores situados en la cabecera del *Endoworm 3.0*. Los sensores registran un valor de presión en una cavidad que es transformado a un valor numérico dentro de una variable del microcontrolador. Dicha variable es enviada a la dirección específica de memoria de la pantalla que está asociada al *display* que muestra el valor numérico de la presión registrada en esa cavidad.

De este modo se tiene que las comunicaciones son bidireccionales lo que permiten al usuario tener un *feedback* con el prototipo *Endoworm 3.0*.

Ahora que ya se sabe cómo funciona de forma muy básica las comunicaciones de la pantalla con el microcontrolador. Se va a proceder a explicar en detalle cómo se organizan las direcciones de memoria de la pantalla y el protocolo de comunicaciones entre el microcontrolador y la pantalla.

El principio de funcionamiento de las comunicaciones descrito, no ha sido modificado en el *Endoworm v3.0* con respecto al *Endoworm 2.0*. Lo que principalmente se ha modificado es la interfaz gráfica que posibilita una cantidad de ajustes necesarios que anteriormente no podía realizar el usuario a través de la pantalla táctil.

La pantalla de la interfaz gráfica del *Endoworm 2.0*, era solamente una y tenía el aspecto que se puede ver en la *Figura 85*.

Mientras que la interfaz gráfica del *Endoworm 3.0*, esta compuesta por un conjunto de cinco pantallas, cuyo aspecto se puede observar en la *Figura 86*.

La primera pantalla en aparecer, nada más encender el dispositivo, es la **pantalla de inicio**. Dicha pantalla no se pasará hasta que se de con

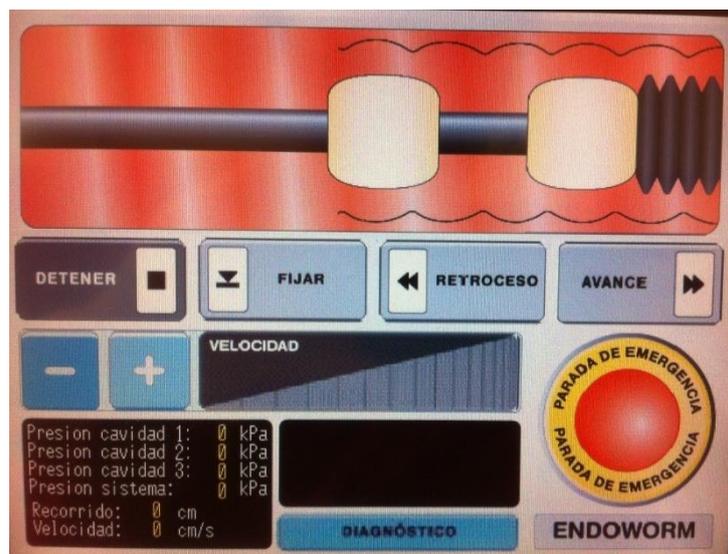


Figura 85. Aspecto de la interfaz gráfica de la pantalla del *Endoworm 2.0*.

el dedo sobre la misma una vez. Posteriormente se pasa a la **pantalla de diagnóstico** de las cavidades (inical), en la que aparece un mensaje emergente en la que recomienda la

realización del diagnóstico de las cavidades antes de proceder a realizar la exploración. El diagnóstico de las cavidades consiste en realizar el hinchado de las tres cavidades del sistema de avance y esperar unos segundos para poder determinar si existe alguna fuga de aire en alguna de estas. Una vez se ha comprobado el estado de las cavidades se procede a su deshinchado. Cuando a terminado el diagnóstico, muestra por pantalla del dispositivo el resultado.

Una vez que se le da al botón “*next*” de la pantalla de diagnóstico, se pasa a la ***pantalla principal*** de la interfaz gráfica y es en la que va a estar el usuario la mayor parte del tiempo. En esta es dónde aparecen los distintos botones que posibilitan el control del sistema de avance.

Las acciones que permite realizar son: avanzar, retroceder, fijar, detener y parada emergencia. Además posibilita el ajuste de las velocidades de avance del sistema entre tres niveles: lento, normal y rápido. A modo de información de cara al usuario, para indicar el estado de las cavidades, se dispone de una animación de las cavidades que va indicando en todo momento el estado de las mismas. En el caso de detectar la rotura de alguna de las cavidades, el controno de la cavidad de la animación que muestra el estado de las cavidades pasará de blanco a rojo.

Si se pulsa al botón de “*test*”, se volverá a la pantalla de diagnóstico de las cavidades. Pero en este caso aparecera la pantalla que aparece abajo del todo a la izquierda de la *Figura 86*.

Si en lugar de pulsar el botón de “*test*”, se pulsa “*select pressures*” se irá a la ***pantalla de ajuste de las presiones del sistema***. Es en esta pantalla en la que se pueden configurar las presiones deseadas de cada uno de las tres cavidades más la presión del sistema (calderín de llenado).

Cuando se dese finalizar la exploración, se pulsara al botón de “*exit*” de la pantalla principal y se irá a la ***pantalla final*** del dispositivo. En esta se mostrará una serie de parámetros sobre la explocarión realizada.

Además de la implementación de esta nueva interfaz gráfica, se han aumentado las velocidades de comunicaciones entre la pantalla y el microcontrolador, con la finalidad de disminuir los tiempos de comunicaciones entre ambos. Actualmente se ha configurado la velocidad de comunicación a *38400 baudios* (anteriormente estaba en *9600 baudios*).

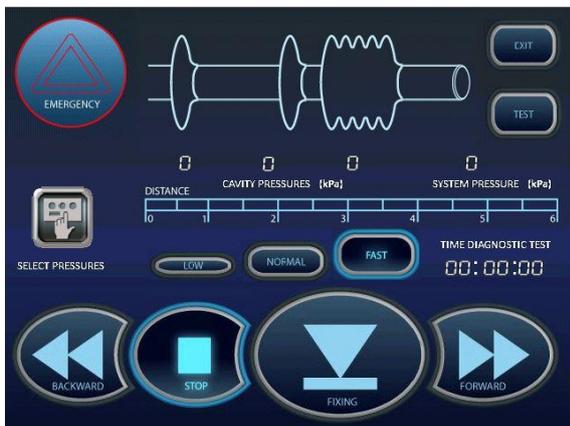
Esto ha dotando de mayor fluidez y rapidez de ejecución del programa del microcontrolador, disminuyendo el tiempo de ejecución de la rutina del *Timer 0*.



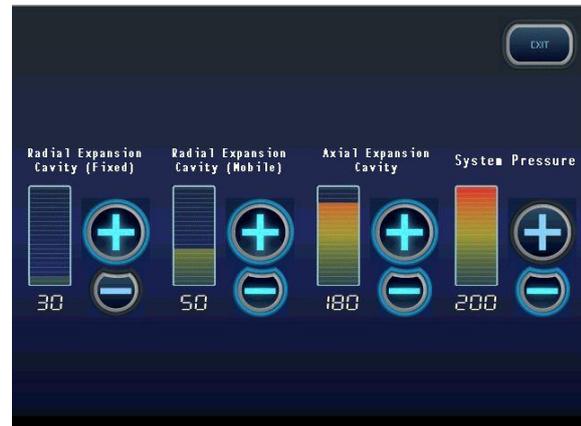
Pantalla de inicio



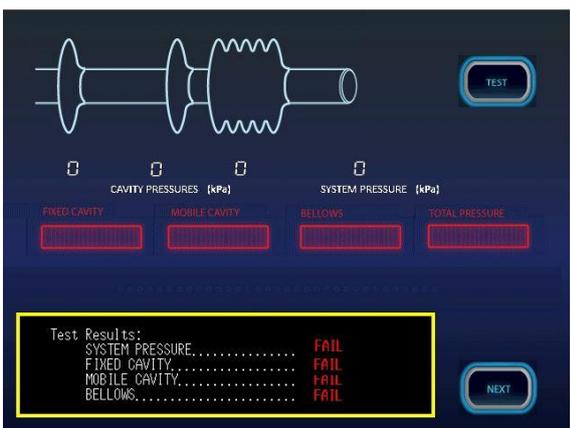
Pantalla de diagnóstico de cavidades (inicial)



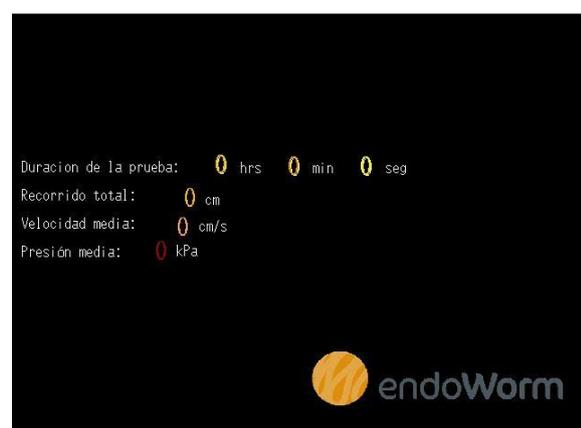
Pantalla principal



Pantalla de ajuste de presiones



Pantalla de diagnóstico de cavidades



Pantalla final

Figura 86. Conjunto de aspecto de las pantallas que conforman la interfaz gráfica del Endoworm 3.0.

La última modificación que se ha realizado en el programa de la pantalla es la reestructuración de la organización de la “Memory Link” o “memoria de enlace” entre la interfaz gráfica y el microcontrolador.

En la *Figura 87*, se puede ver el diagrama de funcionamiento de la *memoria de enlace*.

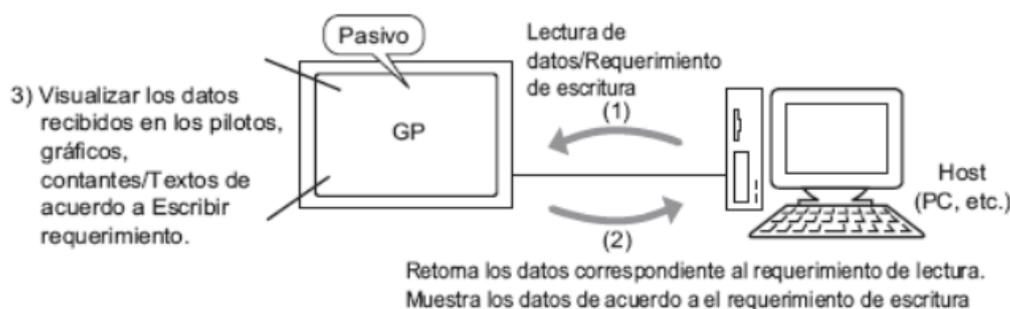


Figura 87. Diagrama de las comunicaciones que se produce entre la pantalla (GP) y el Host (microcontrolador). Imagen obtenida del capítulo 2.4.2 del manual de programación GP Pro EX 4.04.

Para que la unidad de visualización obtenga los datos necesarios desde el *Host* (microcontrolador), se ha de referenciar una dirección de memoria a un objeto para consultar los datos y usarlos.

Este direccionamiento se usa como el medio para leer y escribir las peticiones a y desde el microcontrolador. Estas direcciones de memoria son las que relacionaremos con los objetos de programación del interfaz y con las variables del microcontrolador que desencadenan una determinada acción.

Para que el microcontrolador se pueda comunicar con la pantalla, se deberá de implementar funciones en el programa del microcontrolador que sean capaces de escribir datos en una dirección concreta de la memoria de enlace y otra para leerlos. Las funciones que se han implementado para ello son “*enviar*” y “*leer*”, respectivamente. A ambas funciones se le deberá pasar como parámetro de entrada la dirección de la memoria de enlace que desea ser leída o escrita. Además, en la función “*enviar*” se deberá de introducir como parámetro de entrada el valor numérico que se desea escribir. Para más detalles de la implementación de estas funciones se recomienda leer los *anexos A.4* y *A.5.1*.

Para obtener una mayor información sobre el funcionamiento de la “*Memory Link*” se recomienda ir al “*Manual de programación de la pantalla táctil*” que se encuentra adjunto en el *anexo A.7*.

En el *anexo A.9* se muestra una tabla con la distribución de las direcciones de memoria para los distintos objetos de la pantalla táctil, así como la variable del microcontrolador asociada a dicha dirección. No obstante, conviene ser aclarado que se ha seguido el siguiente criterio para la distribución de las direcciones de memoria (basándonos en 3 secciones):

- De la **2110 a la 2129** se ha dejado reservada para **variables que son normalmente leídas de la pantalla**, aunque hay excepciones por las cuales el microcontrolador puede mandar su escritura.
- De la **2130 a la 2149** se ha dejado reservada para **variables que son normalmente escritas en pantalla** con la finalidad de informar al usuario sobre el estado del dispositivo. Al igual que las variables anteriores, estas pueden ser ocasionalmente leídas, pero es poco usual.
- De la **2150 hacia delante**, queda reservado para variables que no se leen ni escriben con demasiada frecuencia.

Se ha decidido ordenarse así las direcciones de memoria de enlace con la finalidad de separar las variables que normalmente son de escritura, de las que son normalmente de lectura. La justificación de esto la encontramos en la posibilidad de que haya la necesidad de disminuir más los tiempos de comunicaciones de la pantalla con el microcontrolador. Para ello, es preciso que las variables que normalmente se leen en la interrupción del “*Timer 0*” estén juntas para leerse todas con la misma solicitud de lectura. Lo mismo ocurre con las variables que normalmente se escriben en la interrupción del “*Timer 0*”, ya que necesitan estar en direcciones de memoria seguidas para poder enviarse con una única solicitud de escritura.

Con lo mencionado en este apartado es suficiente para tener una idea clara de cuál es la estructuración de la interfaz gráfica del *Endoworm 3.0* y cuál ha sido la filosofía de programación que se ha seguido en el programa de la pantalla táctil. Se recomienda encarecidamente que si surge la necesidad de realizar modificaciones en el programa se acuda al “*Manual de programación de la pantalla táctil*” que se encuentra adjunto en el *anexo A.7*. En este se recogen de manera bastante explicada cada uno de los temas que se han tratado aquí, así como una descripción de manejarse en el entorno de programación y la forma de programas algunos de los objetos que mayor dificultad acarrear.

6. Conclusiones

Como conclusión general tras la implementación del prototipo *Endoworm 3.0*, puede afirmarse que es un dispositivo de control para el sistema de translación neumático *Endoworm Revolution* con unas prestaciones mucho mejores que las ofertadas por la versión anterior, *Endoworm 2.0*. A pesar de esto, tras realizar varios ensayos “*ex vivo*” del sistema de translación, se han llegado a las siguientes conclusiones:

En cuanto al *hardware*, se tiene que es un diseño robusto y de mayor fiabilidad que el del prototipo *Endoworm 2.0*. Esto se debe principalmente al empleo de válvulas todo o nada en lugar de las válvulas proporcionales, ya que estas últimas al deteriorarse darán lugar a fugas incontroladas de aire hacia las cavidades, lo que suponía un peligro para el paciente. En cambio, las válvulas todo o nada al deteriorarse simplemente permanecen cerradas y no se abren, dejando al dispositivo bloqueado evitando la fuga descontrolada de aire a las cavidades y por lo tanto desaparece el peligro de lesión en los pacientes. Por otro lado, se tienen que mejorar ciertos aspectos del diseño realizado, estos se exponen en el apartado “7. Futuras líneas de trabajo”.

En cuanto al *software*, se logrado conseguir un control en tiempo real del dispositivo, lo que supone una sustancial mejora en la seguridad del paciente y en el control de hinchado de las cavidades. Además, la nueva interfaz gráfica de la pantalla táctil dota de una mayor flexibilidad en cuanto a la usabilidad del prototipo *Endoworm 3.0*. Esto se debe gracias al ajuste de las presiones de hinchado de las cavidades por parte del usuario de forma rápida en lugar de tener que modificar mediante software las presiones configuradas en el programa del microcontrolador. A pesar de todas estas mejoras, se han observado una serie de modificaciones que es necesario que se introduzcan para optimizar su funcionamiento, las cuales son expuestas en el apartado “7. Futuras líneas de trabajo”.

7. Futuras líneas de trabajo

En este apartado se enumeran las distintas líneas de trabajo futuras, ya sea por suplir un déficit del dispositivo, corregir un error de funcionamiento o la optimización del mismo.

Las líneas de trabajo futuro de la parte *hardware* son las siguientes:

- Reducir el número de fuentes de alimentación actual. Por ejemplo, en lugar de emplear tres fuentes de alimentación de 24 V emplear una única fuente que sea capaz de suministrar la corriente necesaria a los componentes que necesitan esa tensión para funcionar.
- Integrar la nueva etapa de potencia adicional a la placa de circuito impreso principal, placa de control.
- Desarrollar un sistema mejor de acople del sistema de avance con el dispositivo de control *Endoworm 3.0*. Es decir, mejorar el actual sistema de conectores entre el dispositivo y el sistema de translación neumático.
- Tras los primeros ensayos del motor neumático con estas nuevas presiones, se ha determinado que es necesario aumentar la presión máxima admisible del dispositivo de 200 kPa a 300 kPa. Lo que conlleva a realizar cambios en la placa de presiones, sustituyendo los actuales sensores por otros capaces de medir en el nuevo rango de presiones.

En cuanto a la parte *software* son las siguientes:

- Implementar un algoritmo en el software del microcontrolador que sea capaz de evaluar el estado de las cavidades del sistema de translación neumático en tiempo real. Con la evaluación del estado de las cavidades se hace referencia a determinar si estas están funcionando correctamente o no, es decir si tienen fugas de aire o no.
- Mejorar la usabilidad de la interfaz gráfica de la pantalla táctil y añadir ventanas emergentes que indique si se ha detectado fuga en alguna de las cavidades del sistema de avance o el calderín de llenado.
- Modificar el control de hinchado de las cavidades CER mediante tiempos de hinchado y deshinchado en lugar de por presiones. Esto se debe de realizar debido al comportamiento viscoelástico que tienen las CER.

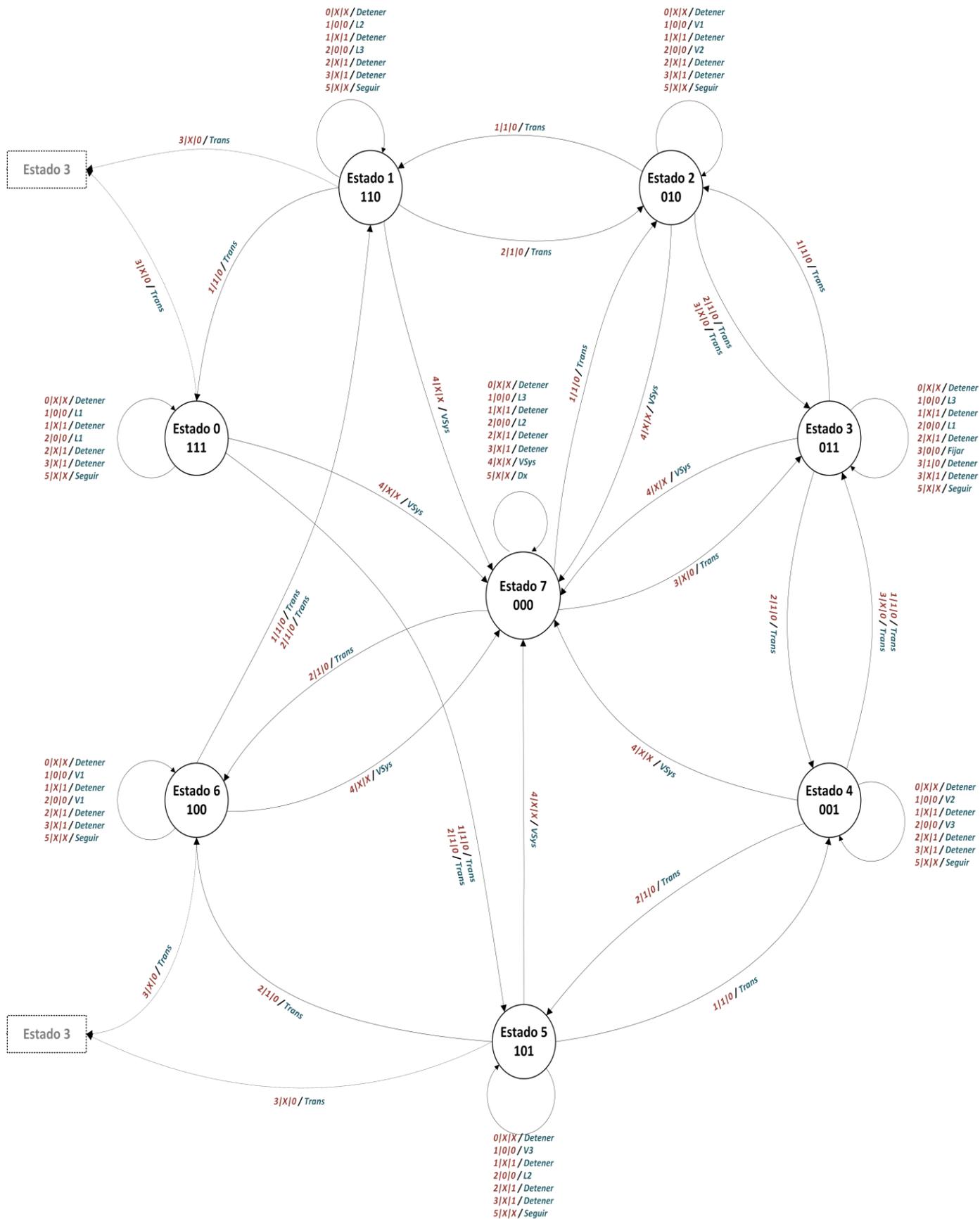
Para la realización de muchas de estas mejoras no será necesario la implementación de un nuevo versionado del prototipo de control. Solamente se realizará una nueva versión del prototipo de control *Endoworm 3.0* en el caso de que las mejoras propuestas lo requieran.

A. Anexos

A.1 Bibliografía

- [1] G. Blanco-velasco *et al.*, “Enteroscopia mono vs. doble balón,” vol. 26, no. 3, pp. 3–6, 2017.
- [2] R. Sidhu, D. S. Sanders, A. J. Morris, and M. E. Mcalindon, “Guidelines on small bowel enteroscopy and capsule endoscopy in adults,” pp. 125–136, 2007.
- [3] P. Lenz and D. Domagk, “Double- vs . single-balloon vs . spiral enteroscopy,” *Best Pract. Res. Clin. Gastroenterol.*, vol. 26, no. 3, pp. 303–313, 2012.
- [4] S. J. Heitman and P. A. Akerman, “‘Doing the twist’: Insight gained from spiral enteroscopy,” *Can. J. Gastroenterol.*, vol. 26, no. 9, pp. 587–588, 2012.
- [5] H. M. Akerman PA, “Spiral enteroscopy: Prime time or for the happy few?,” *Best Pr. Res Clin Gastroenterol*, vol. 26, pp. 293–301, 2012.
- [6] A. I. May A, Manner H, “Prospective, cross-over, single-center trial comparing oral double-balloon enteroscopy and oral spiral enteroscopy in patients with suspected small-bowel vascular malformations,” *Endoscopy*, vol. 43, pp. 477–83, 2011.
- [7] H. Yamamoto, “Is double-balloon enteroscopy superior to spiral enteroscopy?,” *YMGE*, vol. 77, no. 2, pp. 250–251, 2013.

A.2 Diagrama de la Máquina de Estados Finitos



A.3 Tabla de Estados – Eventos

Tabla de Estados-Eventos (1 de 3)								
Eventos								
Estados	Evento_0	Evento_1	Evento_2	Evento_3	Evento_4	Evento_5	Evento_6	Evento_7
Estado_0	E0/Detener	E0/Detener	E0/Detener	E0/Detener	E0/L1	E5/Trans	E0/Detener	E0/Detener
Estado_1	E1/Detener	E1/Detener	E1/Detener	E1/Detener	E1/L2	E0/Trans	E1/Detener	E1/Detener
Estado_2	E2/Detener	E2/Detener	E2/Detener	E2/Detener	E2/V1	E1/Trans	E2/Detener	E2/Detener
Estado_3	E3/Detener	E3/Detener	E3/Detener	E3/Detener	E3/L3	E2/Trans	E3/Detener	E3/Detener
Estado_4	E4/Detener	E4/Detener	E4/Detener	E4/Detener	E4/V2	E3/Trans	E4/Detener	E4/Detener
Estado_5	E5/Detener	E5/Detener	E5/Detener	E5/Detener	E5/V3	E4/Trans	E5/Detener	E5/Detener
Estado_6	E6/Detener	E6/Detener	E6/Detener	E6/Detener	E6/V1	E1/Trans	E6/Detener	E6/Detener
Estado_7	E7/Detener	E7/Detener	E7/Detener	E7/Detener	E7/L3	E2/Trans	E7/Detener	E7/Detener
Detener					Avanzar			

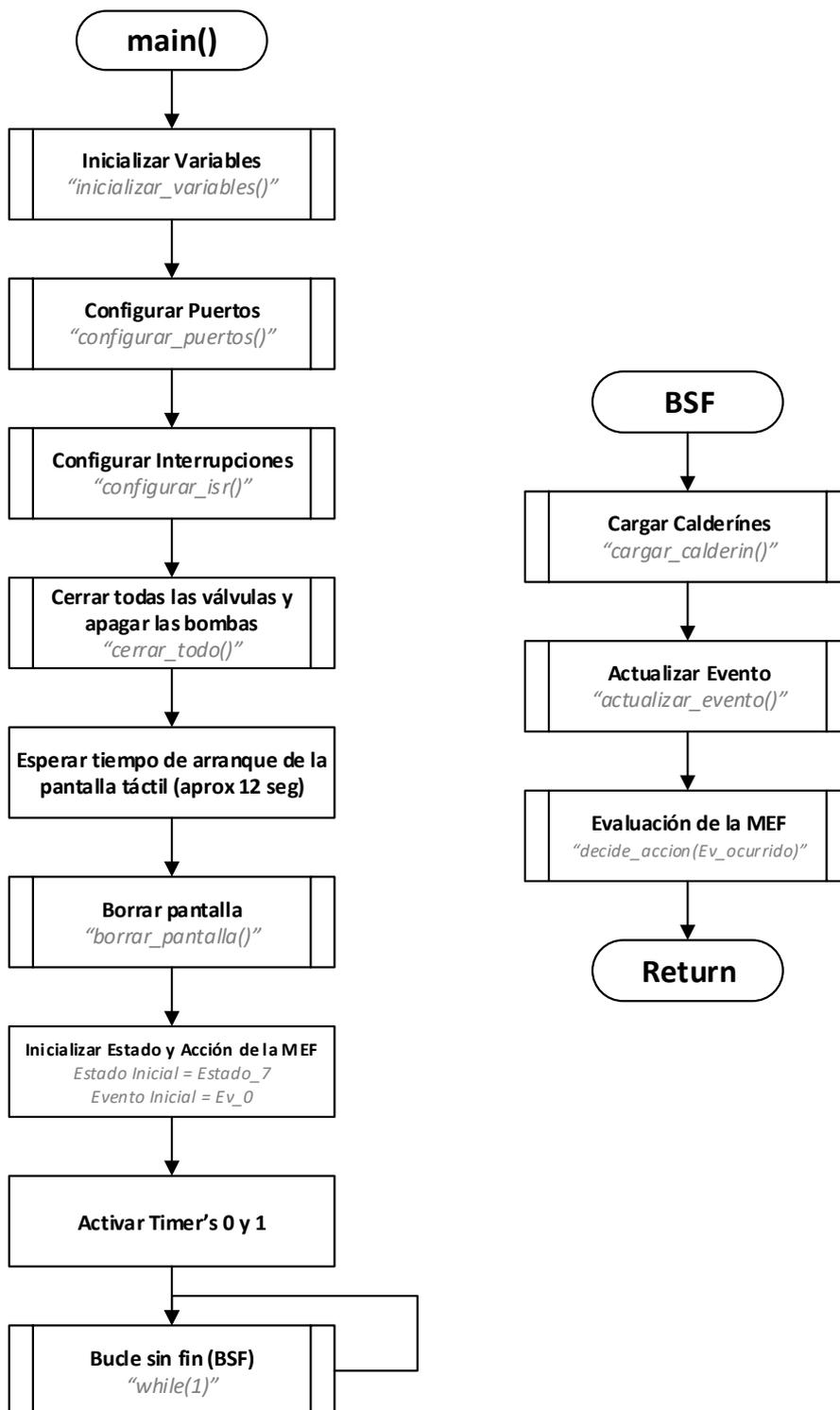
Tabla de Estados-Eventos (2 de 3)								
Eventos								
Estados	Evento_8	Evento_9	Evento_10	Evento_11	Evento_12	Evento_13	Evento_14	Evento_15
Estado_0	E0/L1	E5/Trans	E0/Detener	E0/Detener	E3/Trans	E3/Trans	E3/Detener	E3/Detener
Estado_1	E1/L3	E2/Trans	E1/Detener	E1/Detener	E3/Trans	E3/Trans	E3/Detener	E3/Detener
Estado_2	E2/V2	E3/Trans	E2/Detener	E2/Detener	E3/Trans	E3/Trans	E3/Detener	E3/Detener
Estado_3	E3/L1	E4/Trans	E3/Detener	E3/Detener	E3/Fijar	E3/Detener	E3/Detener	E3/Detener
Estado_4	E4/V3	E5/Trans	E4/Detener	E4/Detener	E3/Trans	E3/Trans	E3/Detener	E3/Detener
Estado_5	E5/L2	E6/Trans	E5/Detener	E5/Detener	E3/Trans	E3/Trans	E3/Detener	E3/Detener
Estado_6	E6/V1	E1/Trans	E6/Detener	E6/Detener	E3/Trans	E3/Trans	E3/Detener	E3/Detener
Estado_7	E7/L2	E6/Trans	E7/Detener	E7/Detener	E3/Trans	E3/Trans	E3/Detener	E3/Detener
Retroceder					Fijar			

Tabla de Estados-Eventos (3 de 3)								
Eventos								
Estados	Evento_16	Evento_17	Evento_18	Evento_19	Evento_20	Evento_21	Evento_22	Evento_23
Estado_0	E7/VSys	E7/VSys	E7/VSys	E7/VSys	E0/Seguir	E0/Seguir	E0/Seguir	E0/Seguir
Estado_1	E7/VSys	E7/VSys	E7/VSys	E7/VSys	E1/Seguir	E1/Seguir	E1/Seguir	E1/Seguir
Estado_2	E7/VSys	E7/VSys	E7/VSys	E7/VSys	E2/Seguir	E2/Seguir	E2/Seguir	E2/Seguir
Estado_3	E7/VSys	E7/VSys	E7/VSys	E7/VSys	E3/Seguir	E3/Seguir	E3/Seguir	E3/Seguir
Estado_4	E7/VSys	E7/VSys	E7/VSys	E7/VSys	E4/Seguir	E4/Seguir	E4/Seguir	E4/Seguir
Estado_5	E7/VSys	E7/VSys	E7/VSys	E7/VSys	E5/Seguir	E5/Seguir	E5/Seguir	E5/Seguir
Estado_6	E7/VSys	E7/VSys	E7/VSys	E7/VSys	E6/Seguir	E6/Seguir	E6/Seguir	E6/Seguir
Estado_7	E7/VSys	E7/VSys	E7/VSys	E7/VSys	E7/Dx	E7/Dx	E7/Dx	E7/Dx
Emergencia					Diagnóstico			

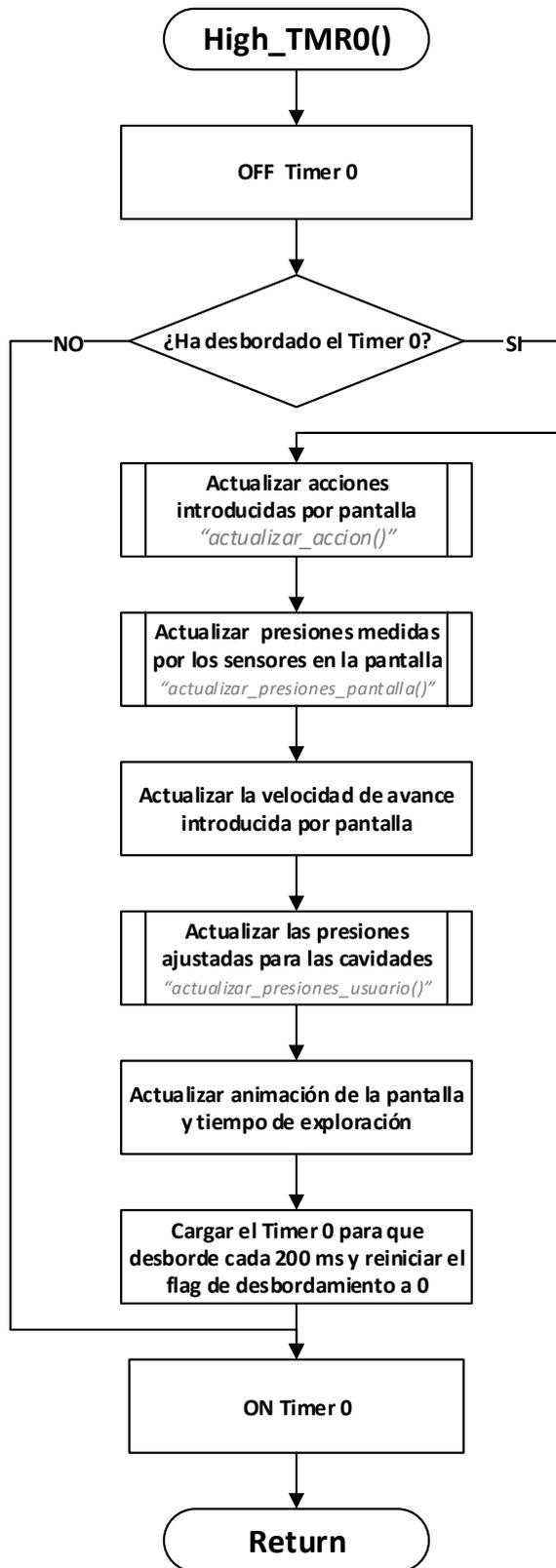
Estado Siguiente / Acción a realizar

A.4 Flujogramas del programa del microcontrolador

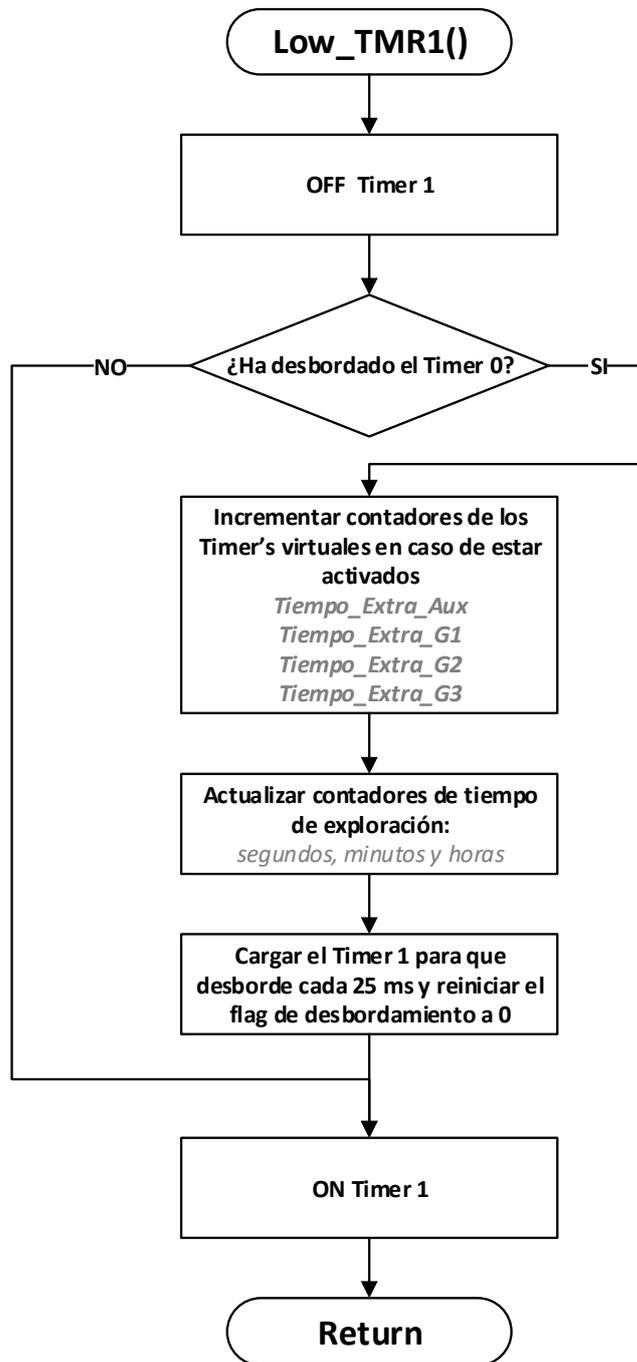
A.4.1 Flujograma función principal "main"



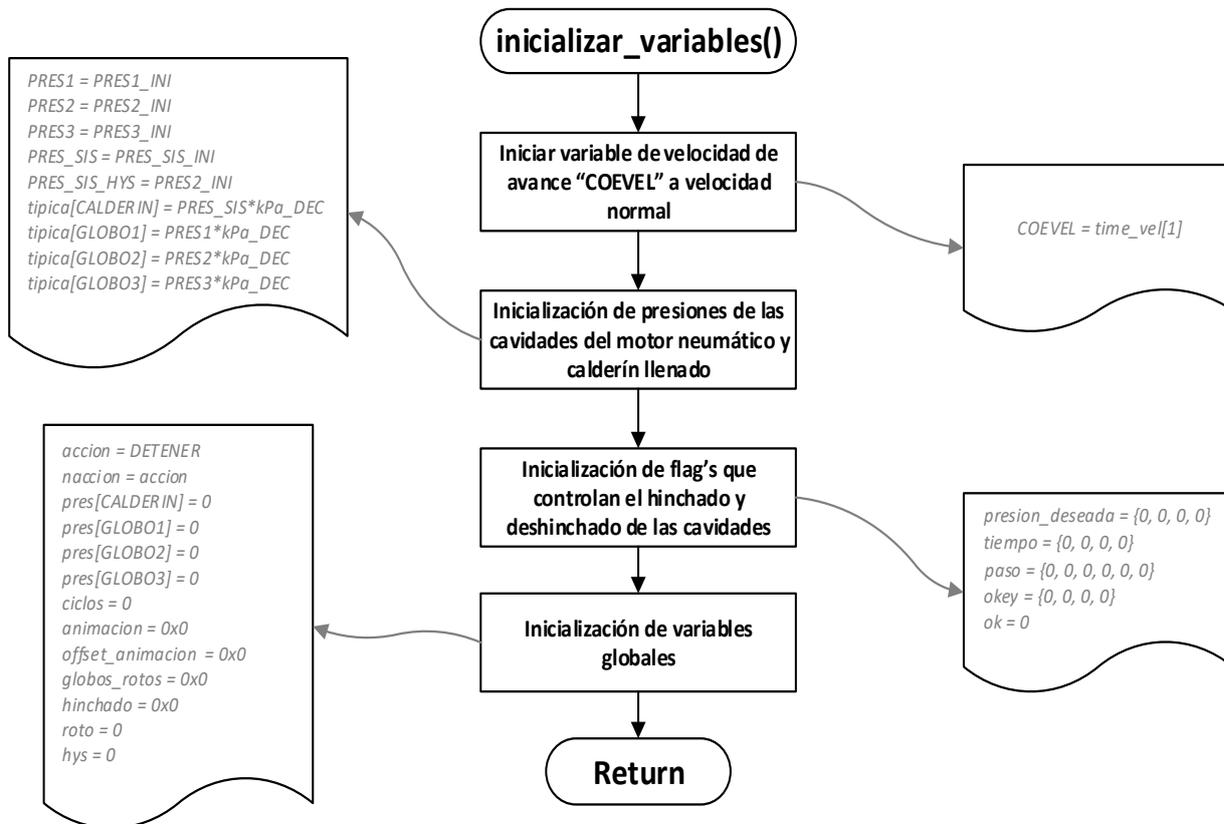
A.4.2 Flujograma función principal "High_TMR0"



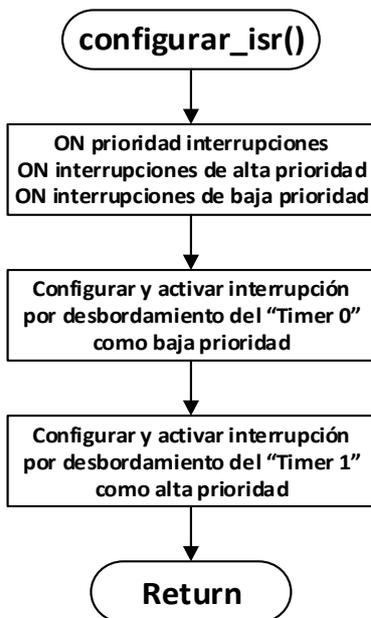
A.4.3 Flujograma función principal “Low_TMR1”



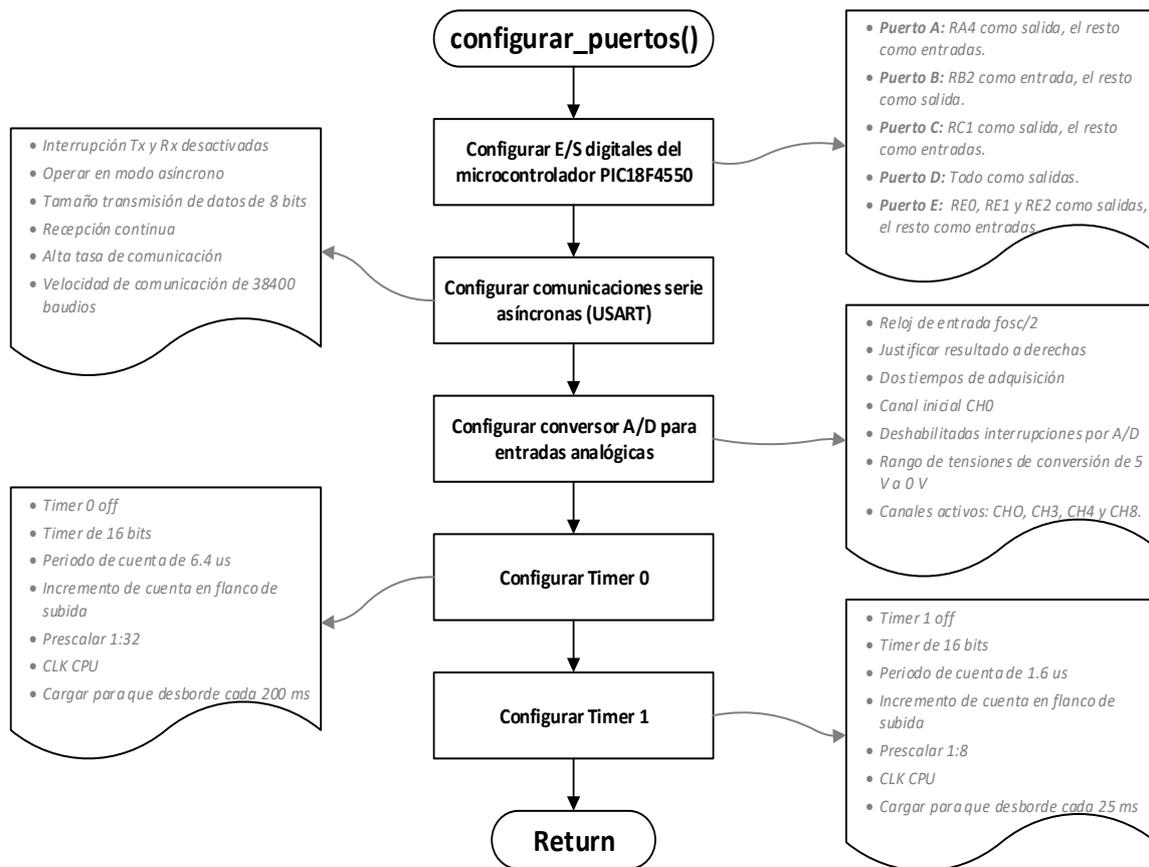
A.4.4 Flujograma función "inicializar_variables"



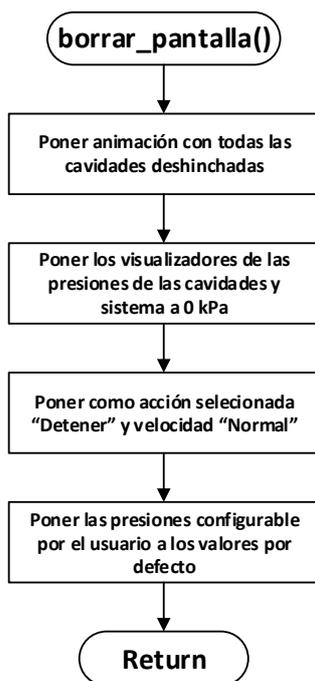
A.4.5 Flujograma función "configurar_isr"



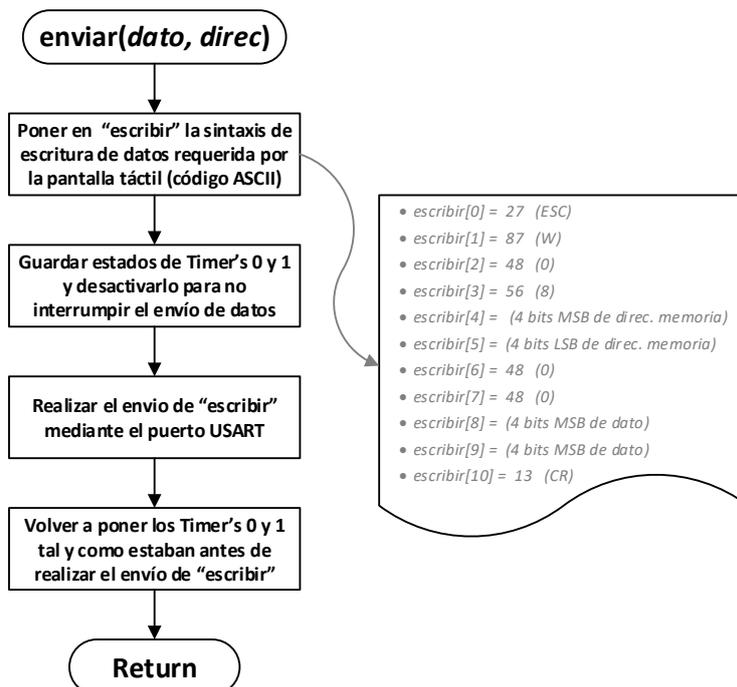
A.4.6 Flujograma función “configurar_puertos”



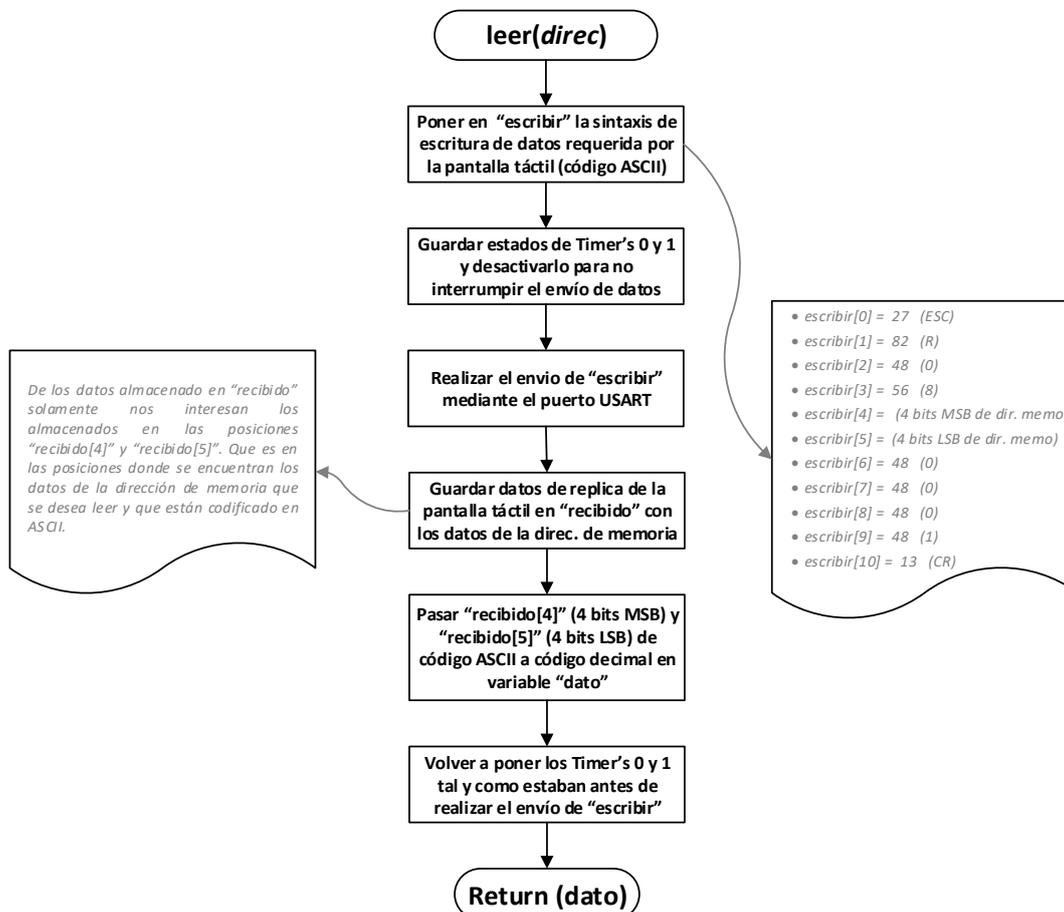
A.4.7 Flujograma función “borrar_pantalla”



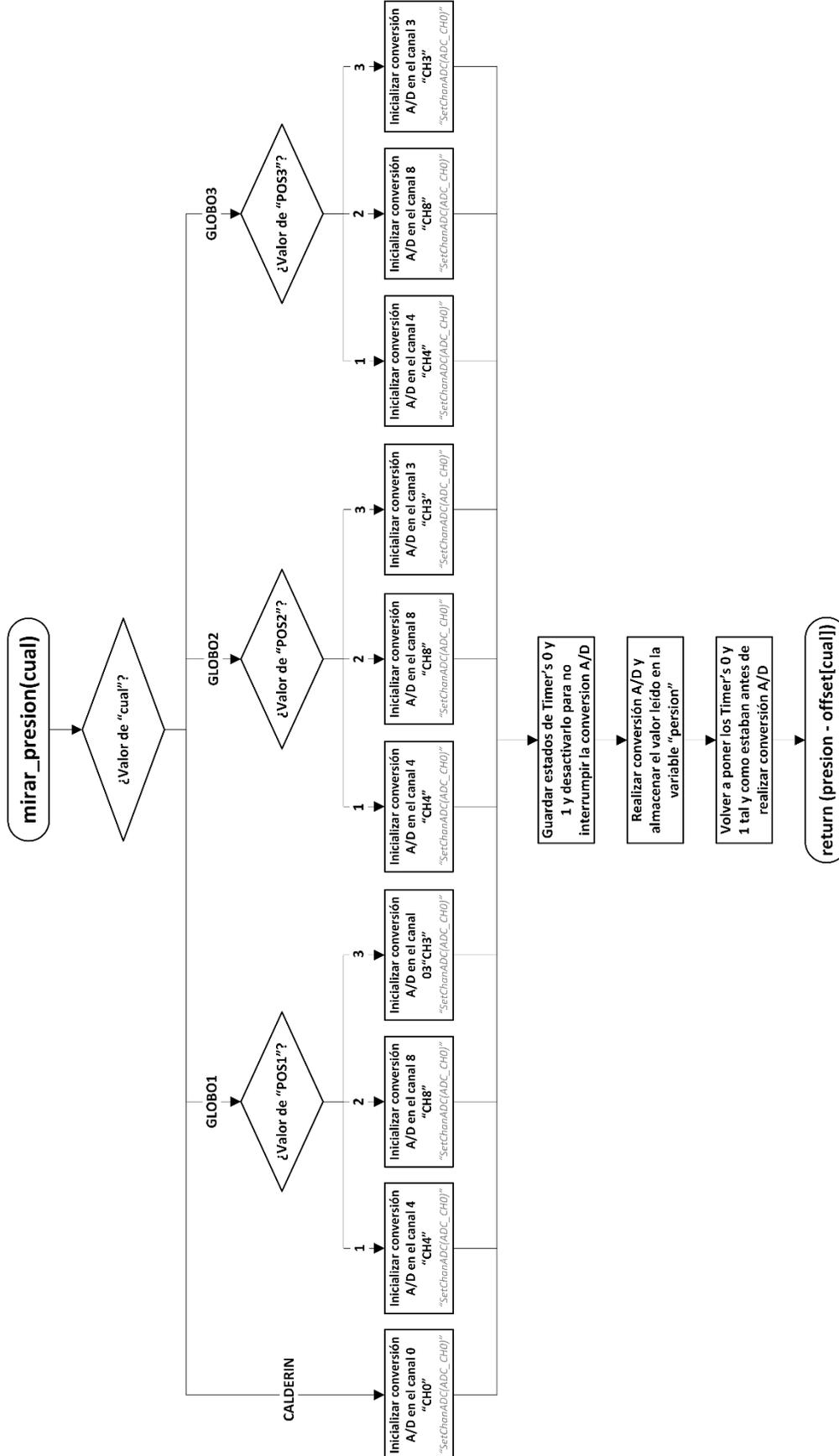
A.4.8 Flujoograma función "enviar"



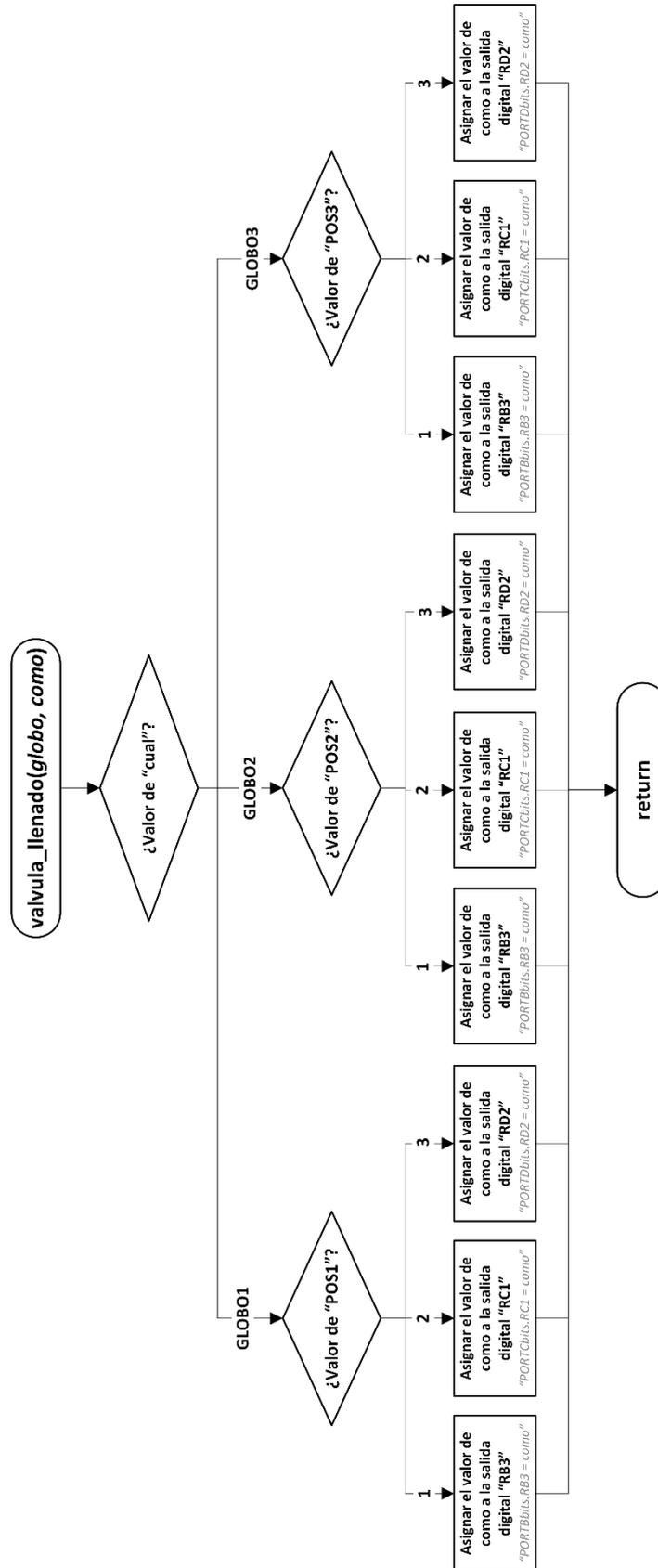
A.4.9 Flujoograma función "leer"

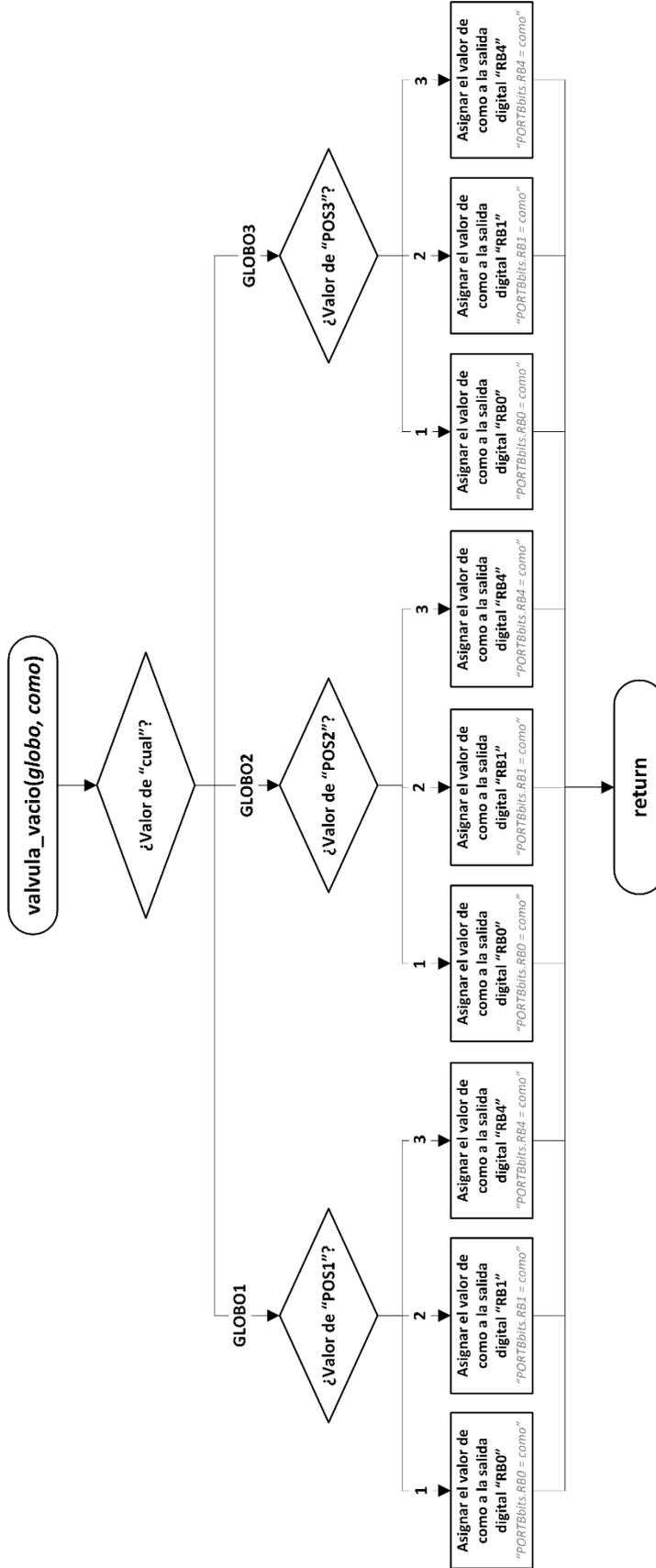


A.4.10 *Flujograma función "mirar_presion"*

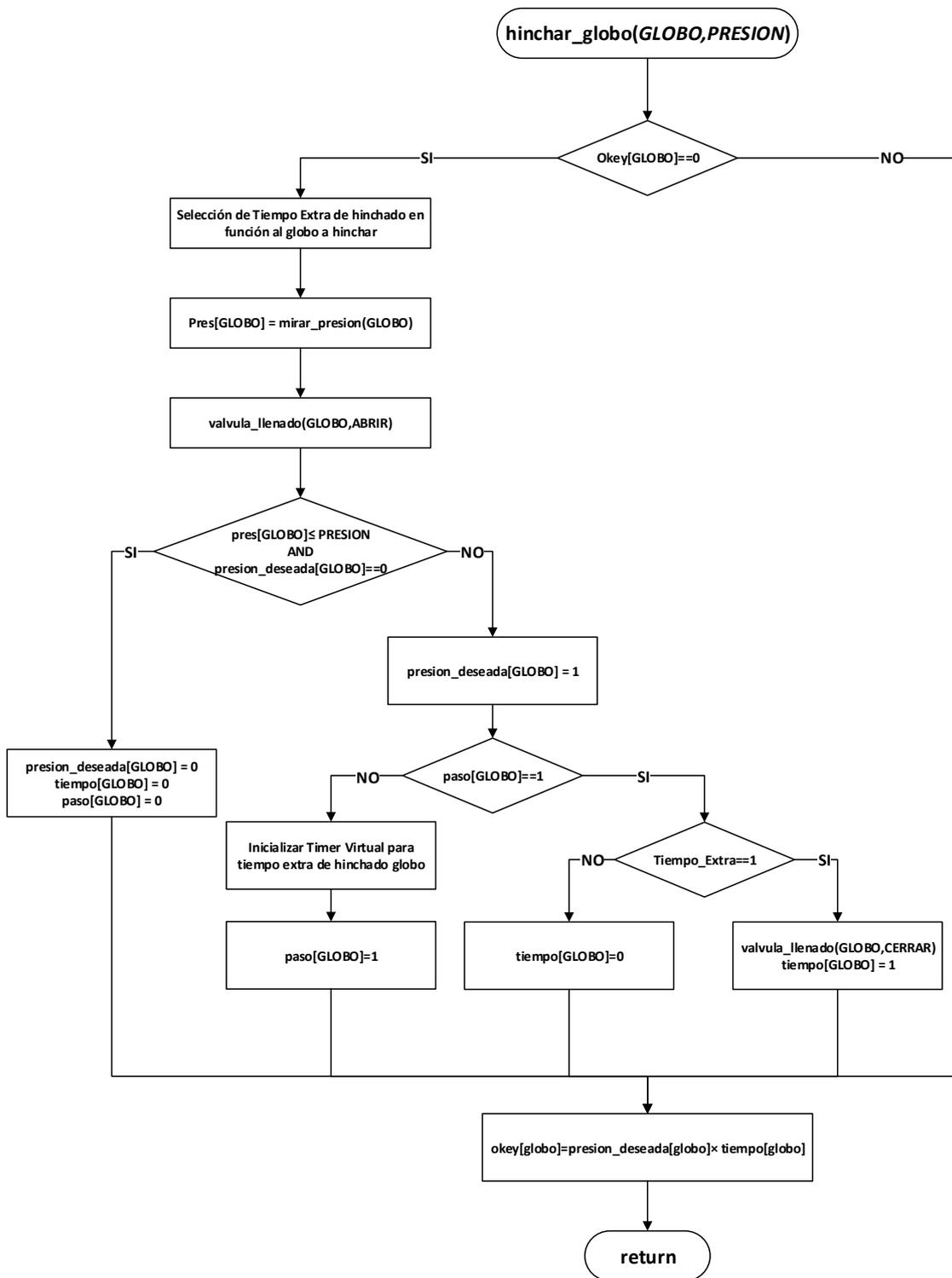


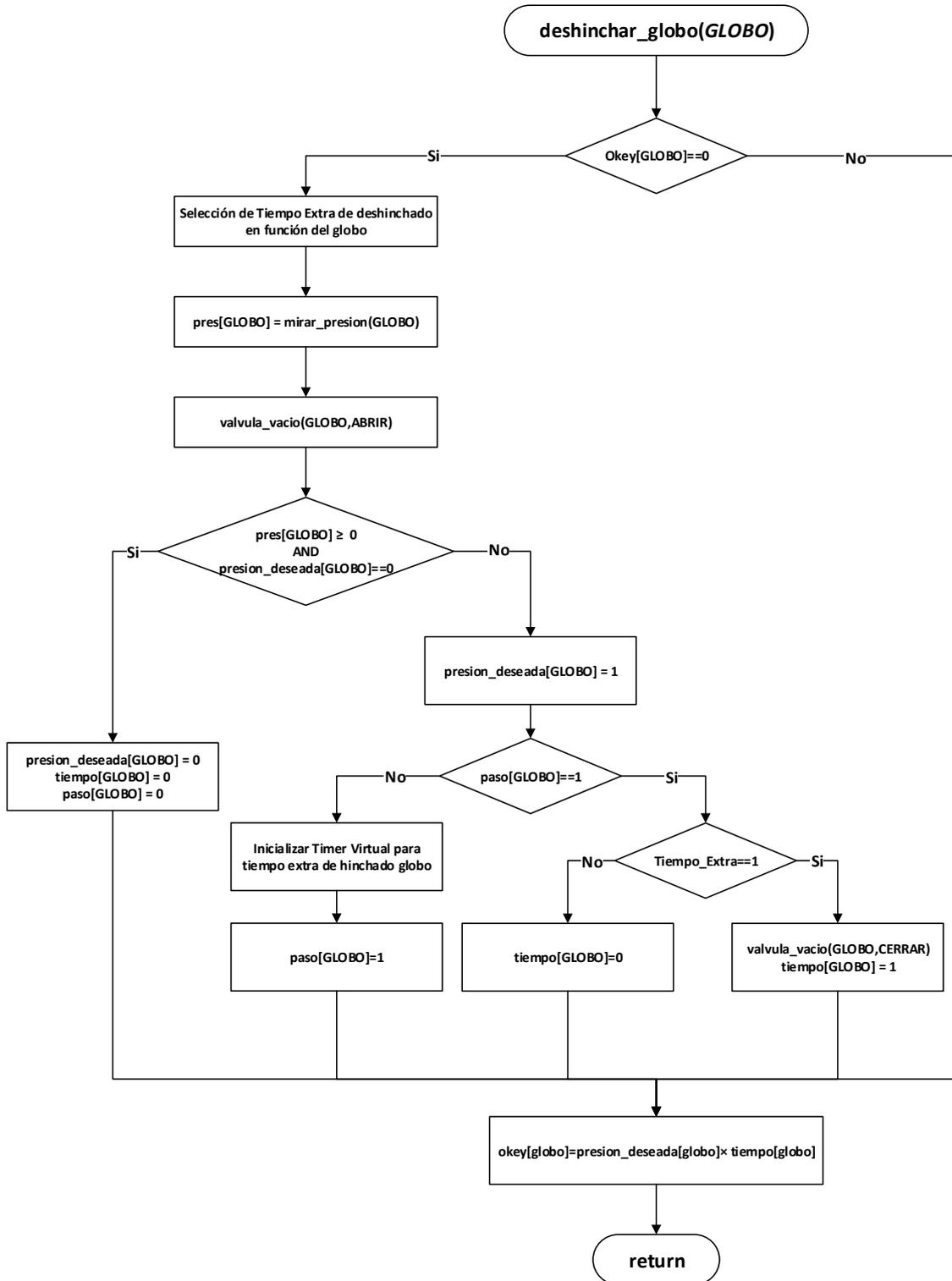
A.4.11 Flujoograma funciones “valvula_llenado” y “valvula_vaciado”



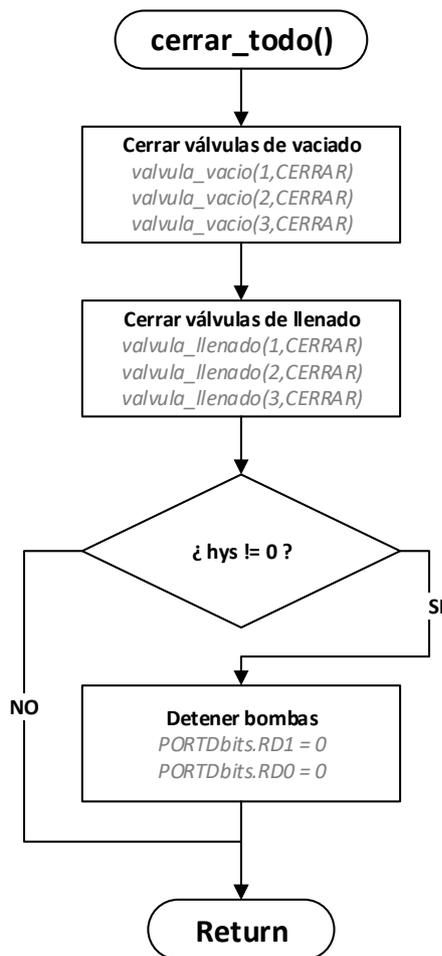


A.4.12 *Flujograma funciones “hinchar_globo” y “deshinchar_globo”*

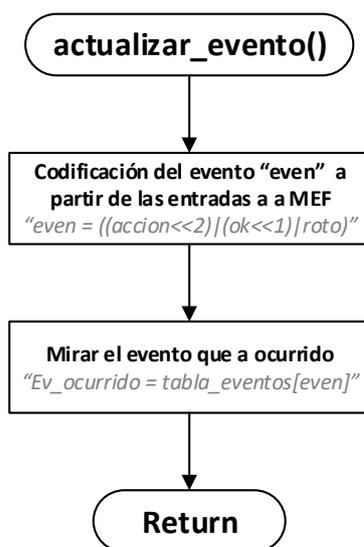




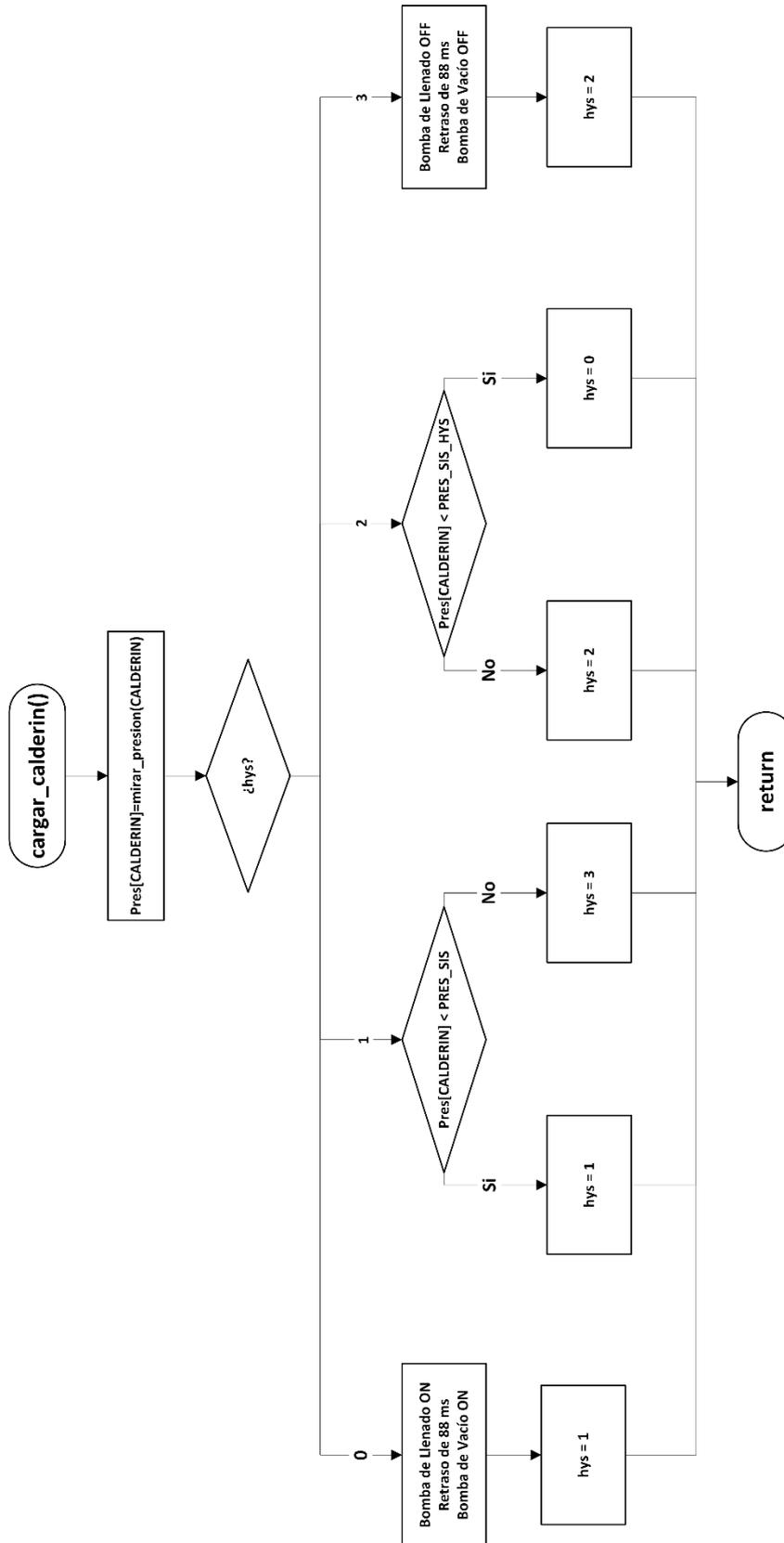
A.4.13 Flujograma función “cerrar_todo”



A.4.14 Flujograma función “actualizar_evento”

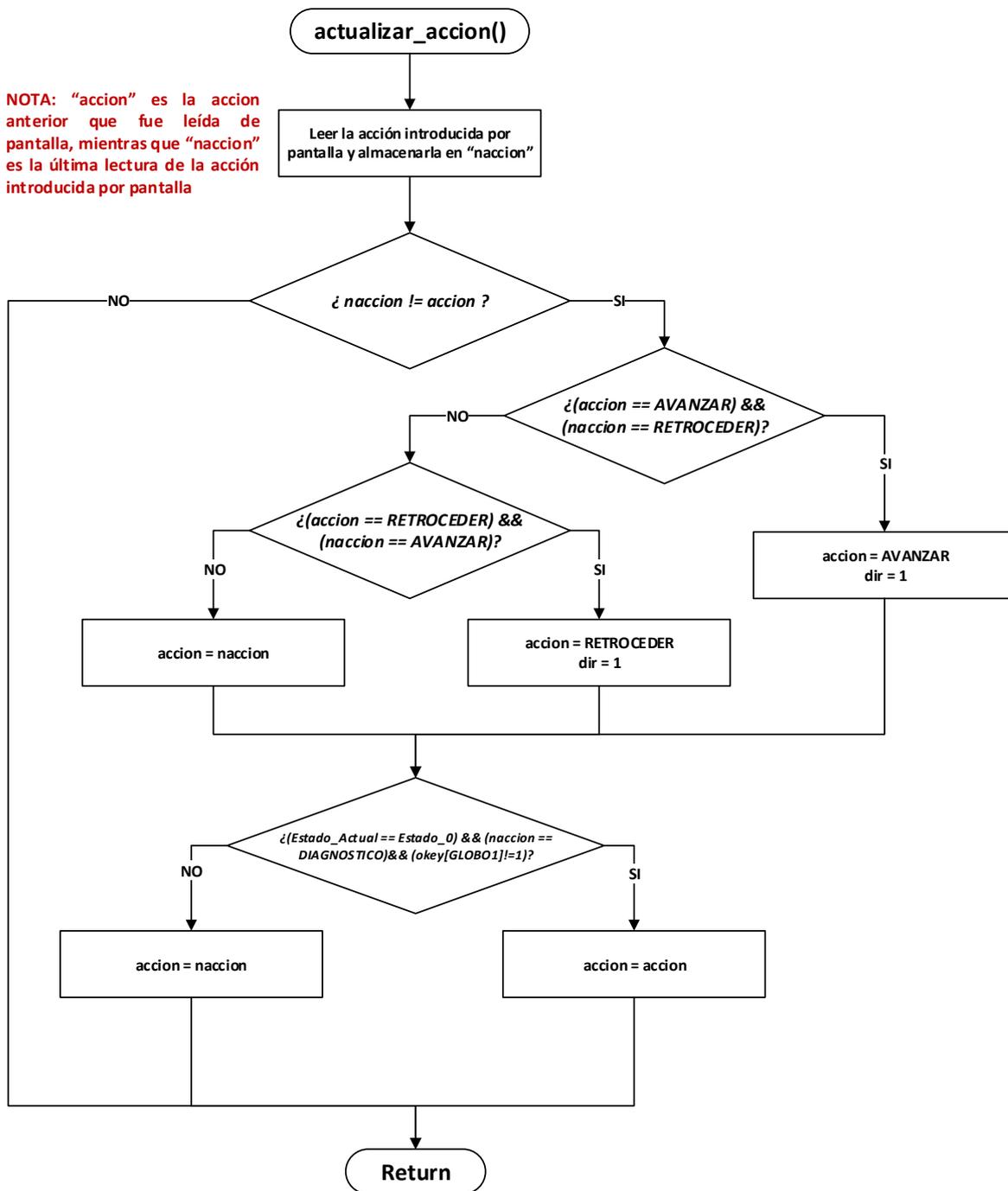


A.4.15 Flujograma función “cargar_calderin”

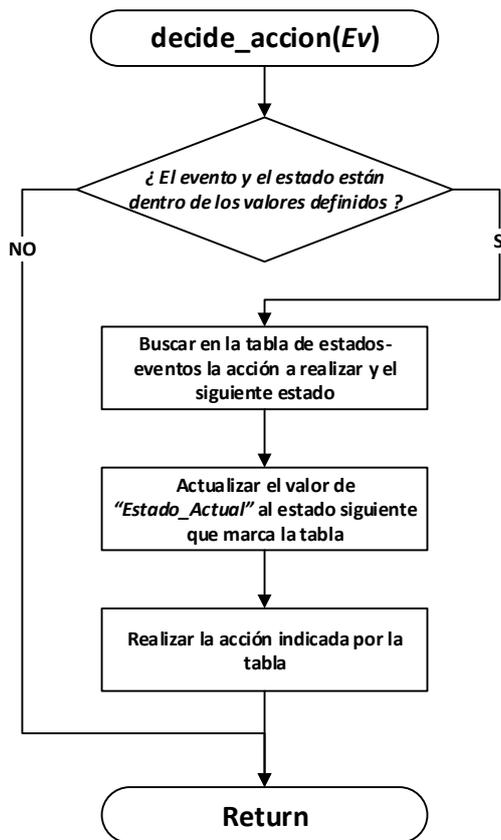


A.4.16 Flujoograma función "actualizar_accion"

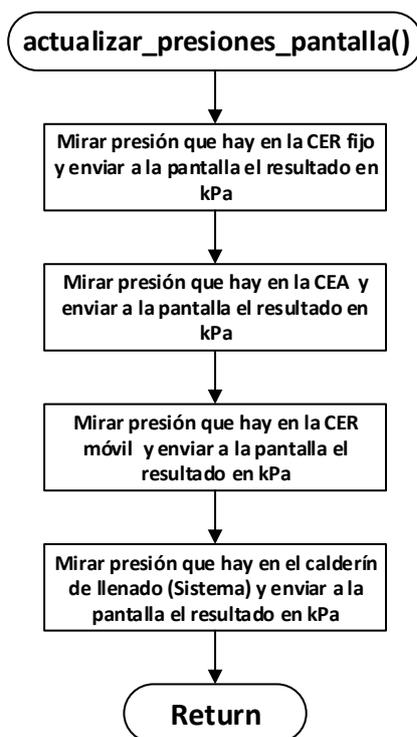
NOTA: "accion" es la accion anterior que fue leída de pantalla, mientras que "naccion" es la última lectura de la acción introducida por pantalla



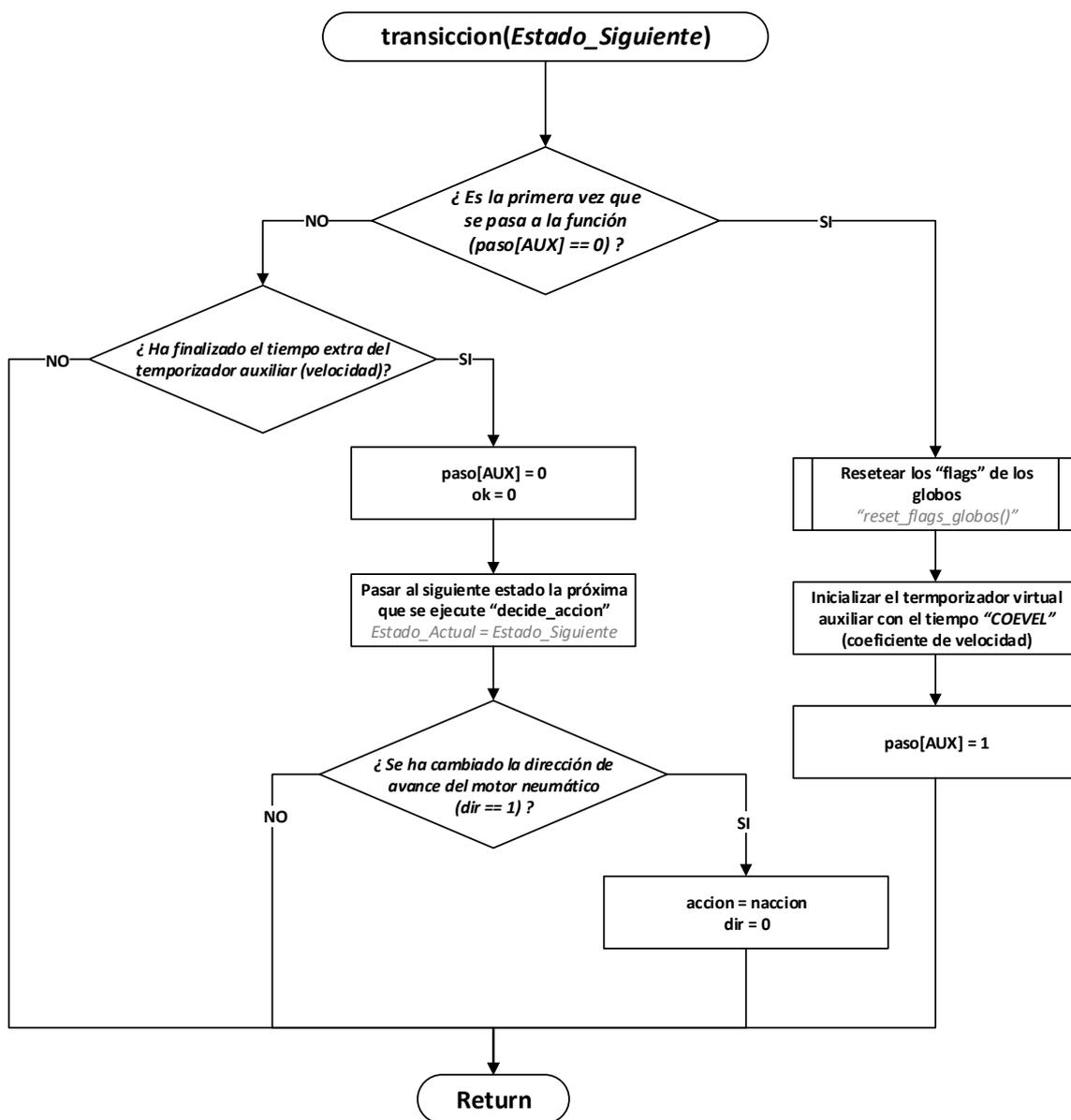
A.4.17 Flujograma función “decide_accion”



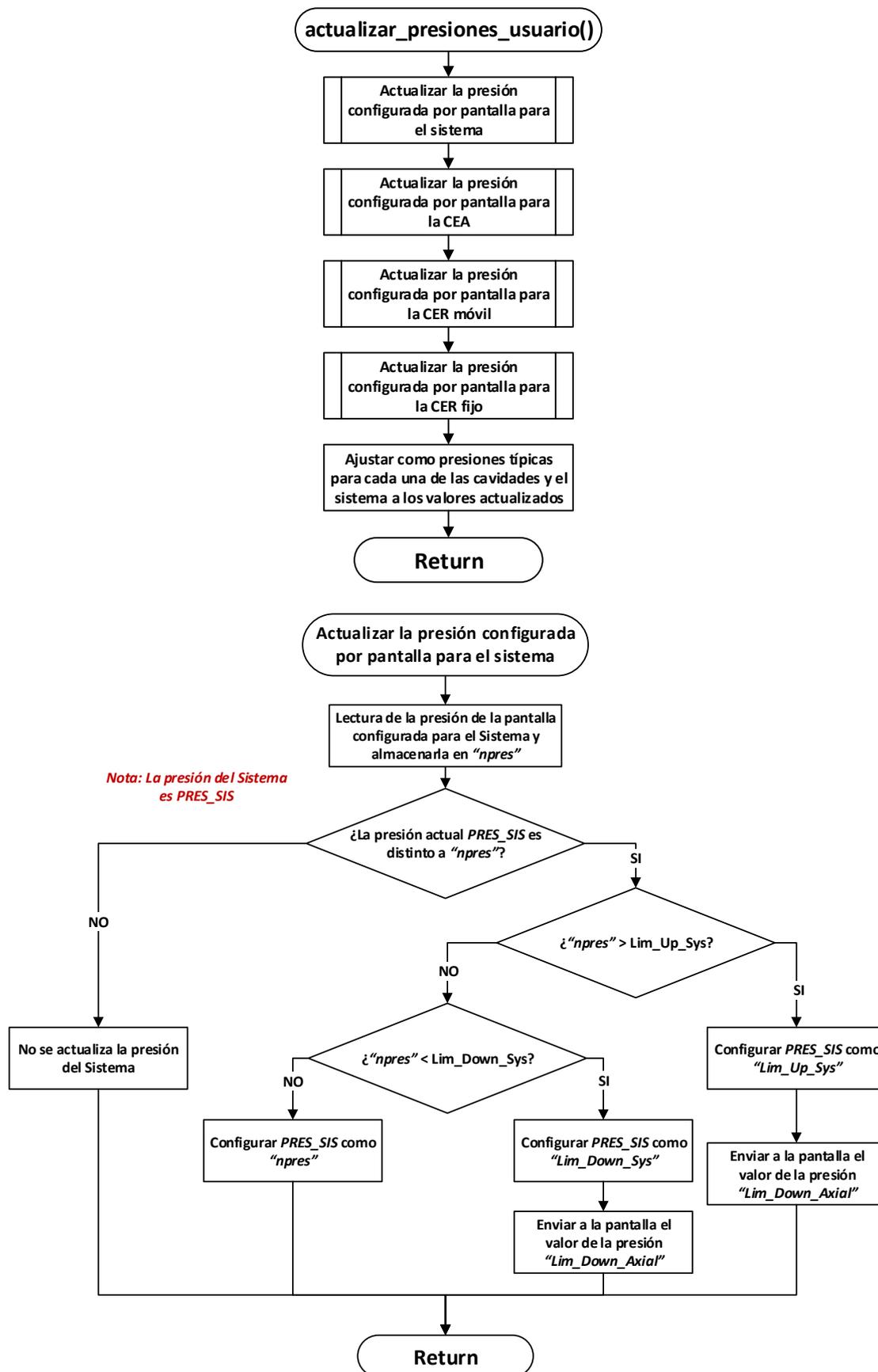
A.4.18 Flujograma función “actulizar_presiones_pantalla”

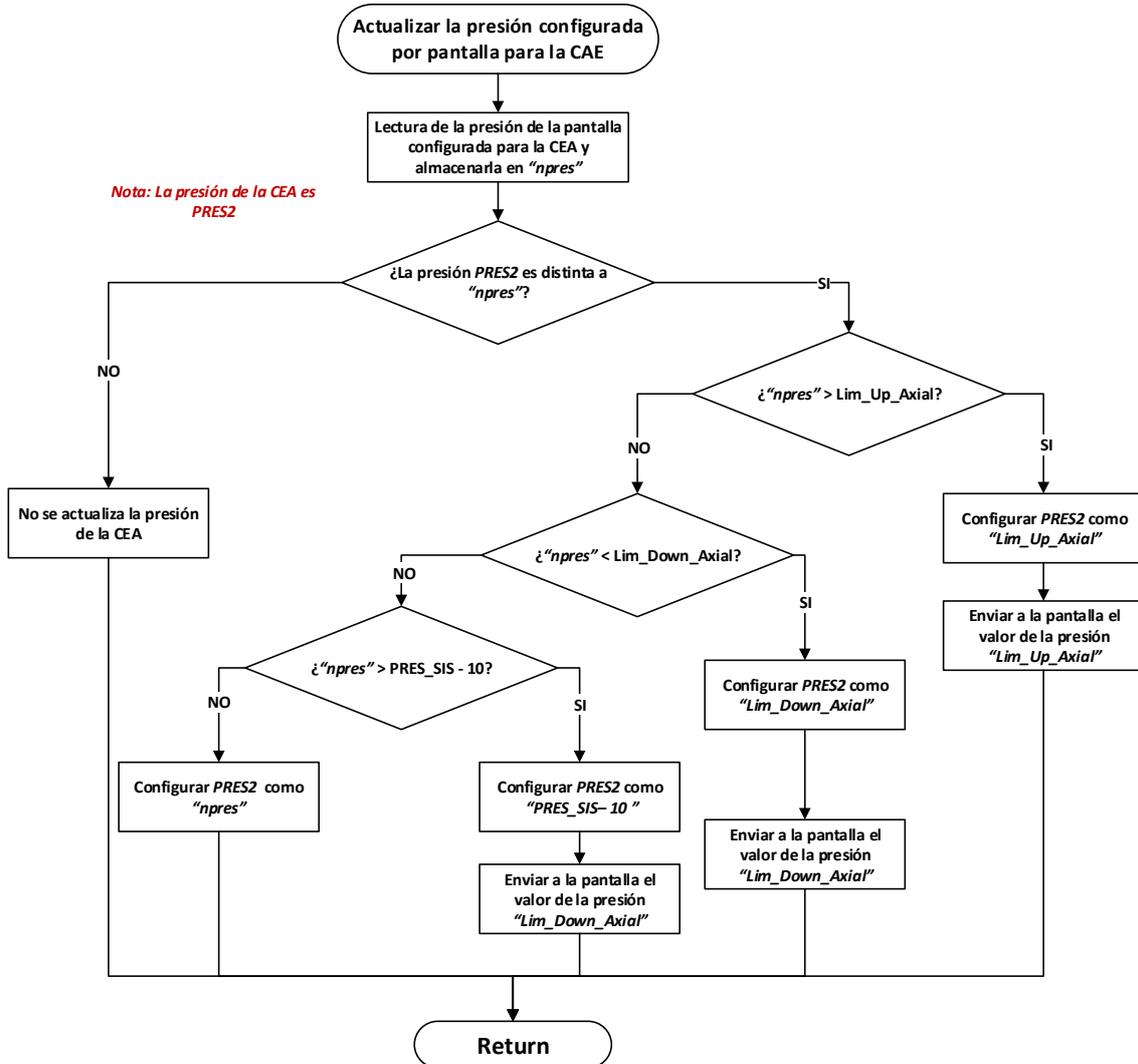


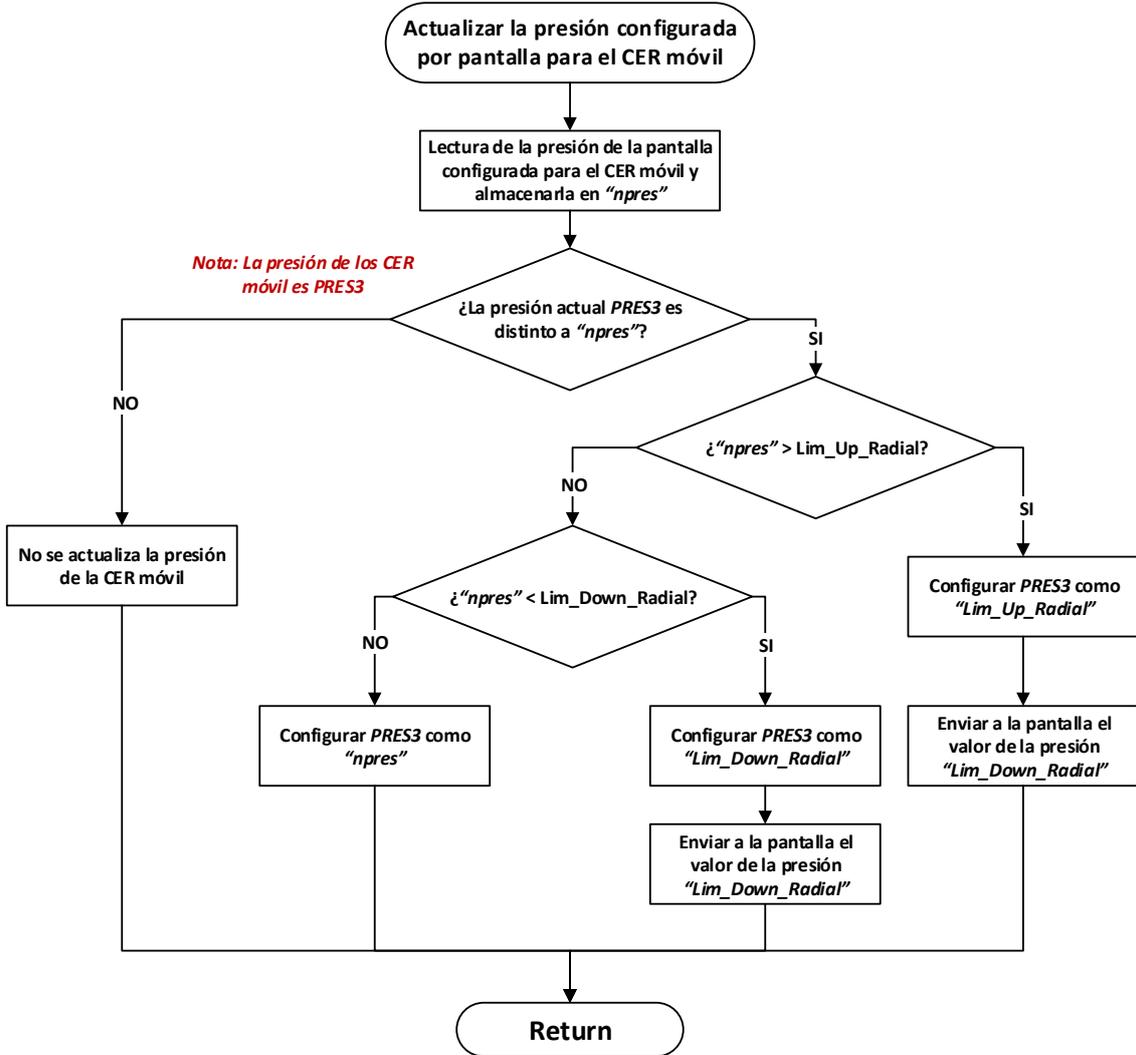
A.4.19 Flujograma función “transiccion”

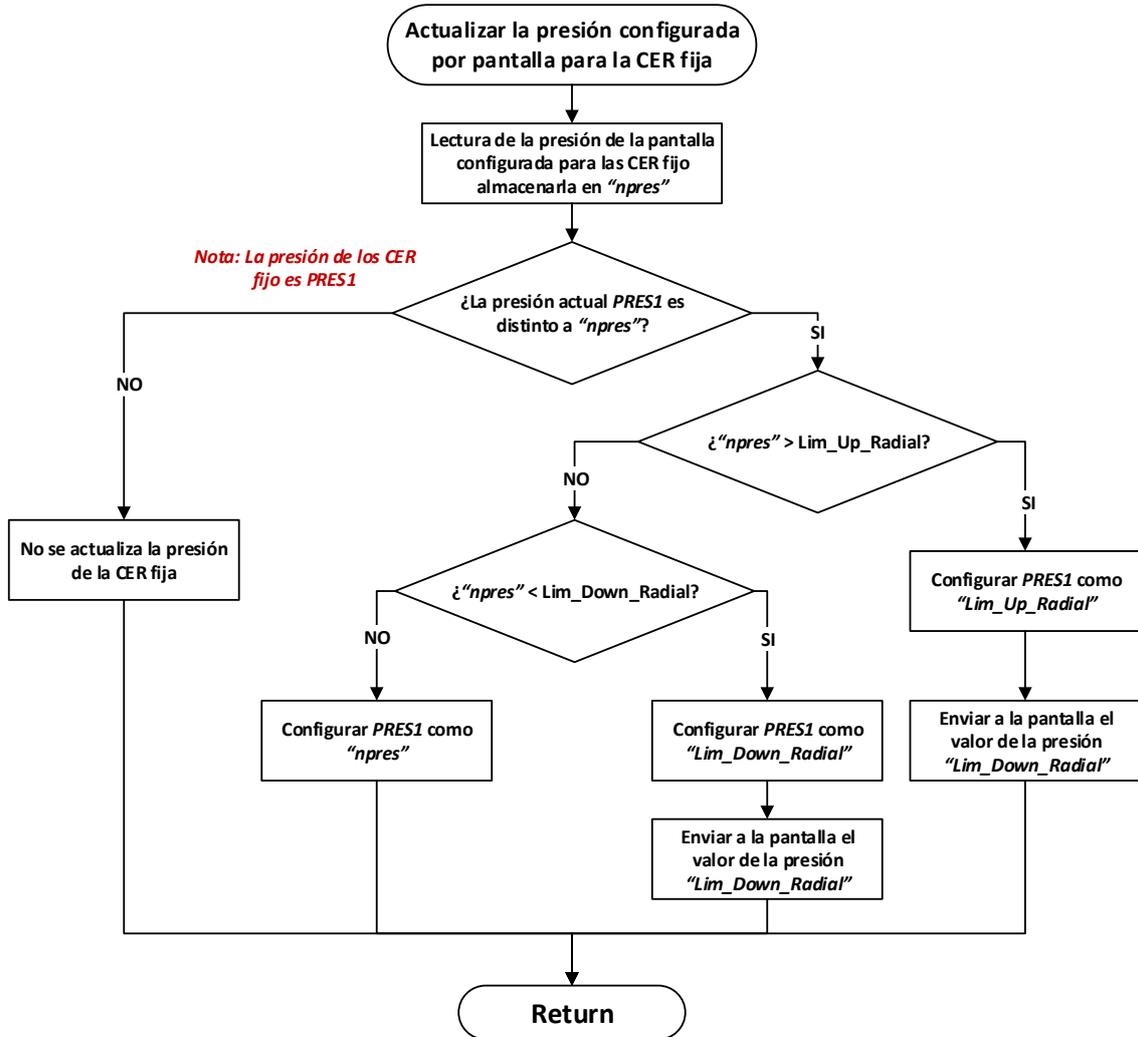


A.4.20 *Flujograma función “actulizar_presiones_usuario”*

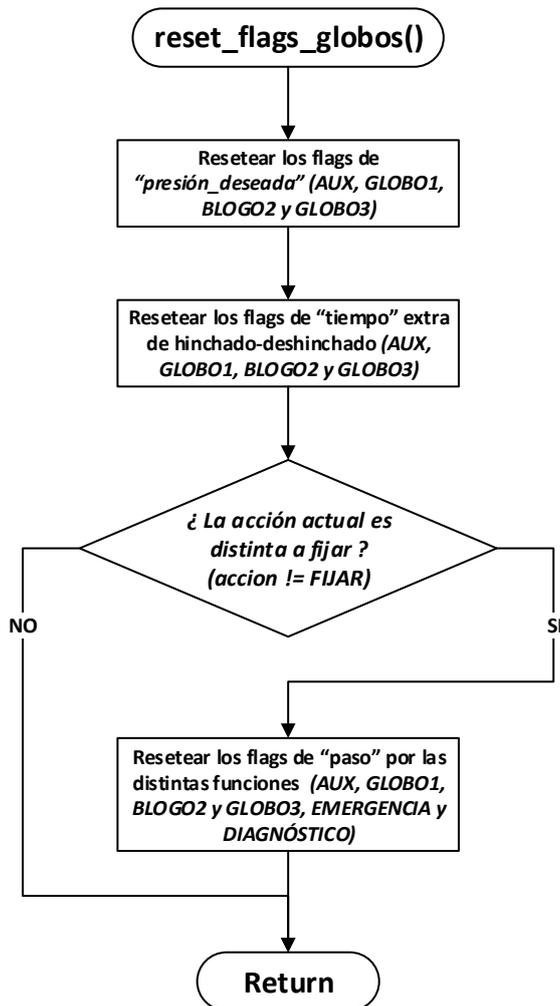




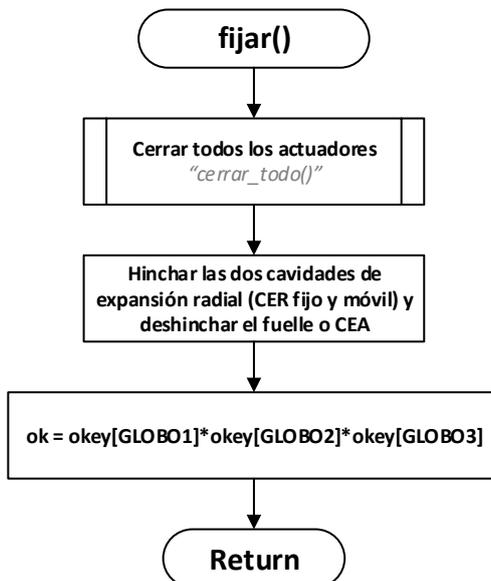




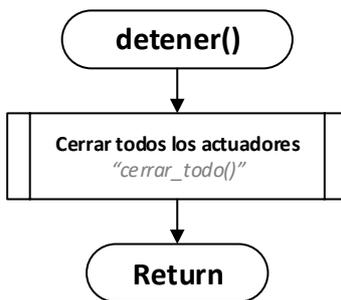
A.4.21 Flujograma función “reset_flags_globos”



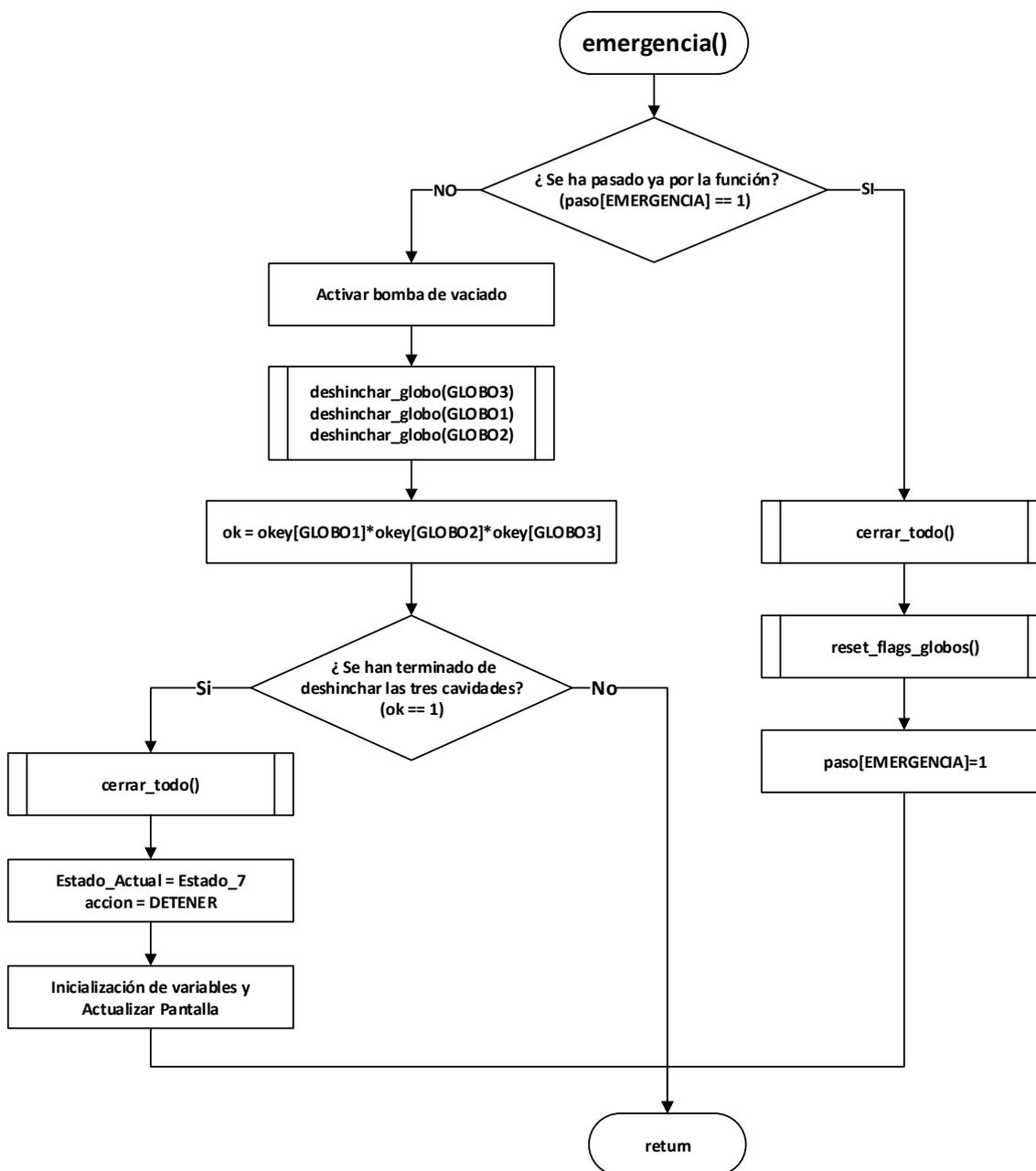
A.4.22 Flujograma función “fijar”



A.4.23 Flujograma función “detener”



A.4.24 Flujograma función “emergencia”



A.5 Código de programación del microcontrolador

A.5.1 Código principal (main.c)

```

1 //#####
2 //                                ENDOWORM 3.0 (MEF)
3 //#####
4 #include <xc.h>
5 #include <stdio.h>
6 #include <stdlib.h>                // Funciones para conversiones a string
7 #include <stdint.h>              // Definición estandariza número enteros
8 #include <p18f4550.h>            // For TRISB and PORTB declarations
9 #include <plib/MEF.h>            // Funciones de la MEF
10 #include <plib/adc.h>            // Funciones del convertidor A/D
11 #include <plib/usart.h>          // Funciones puerto comunicacion serie
12 #include <plib/delays.h>         // Funciones de retardo
13 #include <plib/timers.h>        // Funciones del timers
14 #include <plib/TIMER1.h>        // Funciones del Timer Virtual
15 #include <plib/configurations_bits.h> // Pragma's de configuración de los bits
16
17 //#####
18 //                                DEFINICIÓN DE CONSTANTES
19 //#####
20 #define _XTAL_FREQ 2000000 // Frecuencia del Cristal Externo es de 20 MHz
21
22 // CONSTANTES MODIFICABLES
23 // Tiempos complementarios de deshinchado de los globos (Cada cuenta son 25 ms)
24 #define TD1 50                // Da lugar a un retardo de 1.25 s (Fijo)
25 #define TD2 24                // Da lugar a un retardo de 600 ms (Fuelle)
26 #define TD3 50                // Da lugar a un retardo de 1.25 s (Móvil)
27 // Tiempos complementarios de hinchado de los globos (Cada cuenta son 25 ms)
28 #define TH1 3                 // Globo 1 (75 ms)
29 #define TH2 30                // Globo 2 (750 ms)
30 #define TH3 3                 // Globo 3 (75 ms)
31 // Coeficiente de tiempo de espera en diagnostico (Cada cuenta son 25 ms)
32 #define COEDIAG 240           // Configurada para esperar unos 6 segundos
33 // Coeficiente de tiempo de espera en arranque
34 #define COEARRA 77           // Cada unidad son 180 ms (aprox 14s de espera)
35 // Posiciones a las que estan conectados los globos
36 #define POS1 1                // 1 Fijo
37 #define POS2 2                // 2 Fuelle
38 #define POS3 3                // 3 Móvil
39 // Presiones
40 #define PRES_SIS_INI 170      // Presion a que cargamos el sistema (kPa)
41 #define PRES1_INI 50          // 50 kPa(Globo fijo)
42 #define PRES2_INI 160         // 160 kPa(Fuelle)
43 #define PRES3_INI 50          // 50 kPa(Globo movil)
44 // Paso de kPa a Decimal
45 #define kPa_DEC 5.115        // Factor converisión kPa - decimal (FS=200kPa a 5V)
46 // Paso a cm y a cm/s
47 #define CIC_CM 2              // Paso de ciclos recorridos a cm
48 // CORRECCIÓN OFFSET PRESIONES (kPa)
49 #define OFFSET_FIJO 0.0      // Offset de presión en kPa del globo fijo
50 #define OFFSET_MOVIL 0.0     // Offset de presión en kPa del globo movil
51 #define OFFSET_FUELLE 0.0    // Offset de presión en kPa del globo fuelle
52 #define OFFSET_CALDERIN 0.0  // Offset de presión en kPa del globo calderín
53
54
55 // DIRECCIONES DE MEMORIA DE LA PANTALLA
56 // Lectura de variables modificables por el usuario desde pantalla
57 #define LEE_ACC 0x83E         // Lectura de la accion deseada por el usuario
58 #define LEE_VEL 0x83F         // Lectura de la velocidad deseada por el usuario
59 #define LEE_SYS 0x840         // Lectura de la presión deseada del sistema
60 #define LEE_AXI 0x841         // Lectura de la presión deseada de fuelle
61 #define LEE_MOV 0x842         // Lectura de la presión deseada del movil

```

```
62 #define LEE_FIX 0x843 // Lectura de la presión deseada del fijo
63 // Escritura de variables para que las vea el usuario por pantalla
64 #define ANIMACION 0x852 // Animación del estado de las cavidades del gusano
65 #define INFO_P SIS 0x853 // Informe de la presión actual del sistema
66 #define INFO_P1 0x854 // Informe de la presión actual de fijo
67 #define INFO_P2 0x855 // Informe de la presión actual de fuelle
68 #define INFO_P3 0x856 // Informe de la presión actual de móvil
69 #define MENS_HORA 0x857 // Mensaje para actualizar la hora
70 #define MENS_MINUTO 0x858 // Mensaje para actualizar los minutos
71 #define MENS_SEGUNDO 0x859 // Mensaje para actualizar los segundos
72 // Memoria reservada para variables de segundo plano o menor uso
73 #define INFO_DX01 0x866 // Informe del Dx de Calderín y Fijo
74 #define INFO_DX23 0x867 // Informe del Dx de Fuelle y Móvil
75 #define INFO_VEL 0x868 // Informe de la velocidad actual
76 #define INFO_REC 0x869 // Informe del recorrido actual
77
78
79 // CONSTANTES INTERNAS DEL PROGRAMA
80 // Cavidades
81 #define CALDERIN 0 // Presión de calderín llenado
82 #define GLOBO1 1 // 1 Fijo
83 #define GLOBO2 2 // 2 Fuelle
84 #define GLOBO3 3 // 3 Móvil
85 // Acción
86 #define DETENER 0
87 #define AVANZAR 1
88 #define RETROCEDER 2
89 #define FIJAR 3
90 #define EMERGENCIA 4 // Antes era el 5
91 #define DIAGNOSTICO 5 // Antes era el 6
92 // Válvulas
93 #define ABRIR 0 // ON (Abiertas a nivel bajo)
94 #define CERRAR 1 // OFF (Cerradas a nivel alto)
95
96 #define AUX 0 // Variable auxiliar flag's transición de estados MEF
97
98 // Ajuste de las presiones de las cavidades (Límites de seguridad)
99 #define Lim_Up_Sys 200
100 #define Lim_Down_Sys 130
101 #define Lim_Up_Axial 190
102 #define Lim_Down_Axial 120
103 #define Lim_Up_Radial 90
104 #define Lim_Down_Radial 30
105
106 // Valores umbrales en las presiones para el diagnóstico
107 #define UMBRAL_RADIAL_FAIL 6 // Umbral cavidades de expansión radial de 5 kPa.
108 #define UMBRAL_AXIAL_FAIL 90 // Umbral de 90 kPa.
109 #define UMBRAL_CALDERIN_FAIL 119 // Umbral de funcionamiento calderín de 119 kPa
110
111 //#####
112 // DECLARACIÓN DE CONSTANTES
113 //#####
114 // Ajuste de las velocidades
115 const uint8_t time_vel[3]={60,10,0}; // Tabla Look-Up ajuste de 3 velocidades
116 // Ajusta los tiempo entre secuencias
117 // Configurados de la siguiente forma:
118 // Low -> 500 mseg (20) -> 1.5s (60)
119 // Normal -> 250 mseg
120 // Fast -> 0 mseg
121 // Tabla look-up para actualizar la animación de la pantalla de las cavidades
122 const uint8_t actualiza_animacion[8]={0x07,0x03,0x01,0x05,0x04,0x06,0x02,0x00};
123 const uint8_t actualiza_rotos[8]={0,30,20,60,10,50,40,70};
124 const uint8_t offset[4] =
125     {(uint8_t) (OFFSET_CALDERIN*kPa_DEC), (uint8_t) (OFFSET_FIJO*kPa_DEC),
126     (uint8_t) (OFFSET_FUELLE*kPa_DEC), (uint8_t) (OFFSET_MOVIL*kPa_DEC)};
126 // Definición de la tabla para actualizar los eventos en función
127 // de las entradas de la MEF (tabla Look-Up)
```

```

128 const uint8_t tabla_eventos[24]= {Evento_0, Evento_2, Evento_1, Evento_3,
129                                     Evento_4, Evento_6, Evento_5, Evento_7,
130                                     Evento_8, Evento_10, Evento_9, Evento_11,
131                                     Evento_12, Evento_14, Evento_13, Evento_15,
132                                     Evento_16, Evento_18, Evento_17, Evento_19,
133                                     Evento_20, Evento_22, Evento_21, Evento_23};
134
135 //#####
136 //          DECLARACIÓN DE VARIABLES GLOBALES
137 //#####
138
139
140 uint8_t accion, ok, roto, animacion, offset_animacion, hinchando, reloj_hinchado[4],
141         globos_rotos, hys, tiempo[4], presion_deseada[4], paso[6], okey[4], dir,
142         naccion, COEVEL; // hinchando -> bit0: GLOBO3, bit1: GLOBO2 y bit2: GLOBO1
143
144 uint16_t pres[4],tipica[4], ciclos;
145
146 // Varibles de las presiones de las cavidades y del sistema de referencia
147 uint16_t PRES_SIS, PRES_SIS_HYS, PRES1, PRES2, PRES3;
148
149 // Variables volátiles
150 volatile uint8_t clk=0, horas=0, minutos=0, segundos=0;
151
152 //#####
153 //          DECLARACIÓN DE FUNCIONES
154 //#####
155 void inicializar_variables(void);
156 void configurar_puertos(void);
157 void configurar_isr(void);
158 uint16_t mirar_presion(uint8_t cual);
159 void enviar(uint16_t dato, uint16_t direc);
160 uint16_t leer (uint16_t direc);
161 void borrar_pantalla (void);
162 void valvula_llenado(uint8_t globo, uint8_t como);
163 void valvula_vacio(uint8_t globo, uint8_t como);
164 void cerrar_todo(void);
165 void cargar_calderin(void);
166 void actualizar_evento(void);
167 void hinchar_globo(uint8_t globo, uint16_t presion);
168 void deshinchar_globo(uint8_t globo);
169 void transicion(Estado Estado_Siguiente);
170 void fijar(void);
171 void detener(void);
172 void emergencia(void);
173 void diagnostico(void);
174 void reset_flags_globos(void);
175 void actualizar_presiones_usuario(void);
176 void actualizar_presiones_pantalla(void);
177 void comprobar_globos(void);
178 void actualizar_accion(void);
179
180 //#####
181 //          FUNCIÓN PRINCIPAL
182 //#####
183 void main(void)
184 {
185     uint8_t i;
186
187     inicializar_variables(); // Inicialización de las variables globales
188     configurar_puertos();   // Configuración de los puertos de uC
189     configurar_isr();       // Configuración de las interrupciones
190     cerrar_todo();          // Cierra todas las válvulas y apaga las bombas
191
192     // Tiempo de espera de arranque de la pantalla (12 s)
193     for(i=0;i<COEARRA;i++){Delay10KTCYx(90);}
194

```

```

195   borrar_pantalla();           // Reinicializa los valores de la pantalla
196
197   Estado_Actual = Estado_7; // Estado Inicial (Cavidades -> 000)
198   Ev_ocurrido = Evento_0; // Acción = DETENER; ok = 0; roto = 0
199
200   T0CONbits.TMR0ON = 1;      // Activar el Timer0 (Interrupción Baja Prioridad)
201   T1CONbits.TMR1ON = 1;      // Activar el Timer1 (Interrupción Alta Prioridad)
202
203   while(1)                   // BUCLE SIN FIN: EJECUCION DEL PROGRAMA
204   {
205       cargar_calderin();      // Comprueba si es necesario cargar el sistema
206       actualizar_evento();    // Actualiza Ev_ocurrido ("accion", "ok" y "roto")
207       decide_accion(Ev_ocurrido); // Evaluación de la MEF
208   }
209 }
210
211 //#####
212 //                               FUNCIÓN DE LA INTERRUPCIÓN
213 //#####
214 // Rutina de interrupción por desbordamiento Timer 0
215 void interrupt low_priority High_TMR0(void) {
216     T0CONbits.TMR0ON=0;      // Parar Timer0
217
218     if(INTCONbits.TMR0IF==1){
219         // Actualización de la acción a realizar (CON ROBUSTEZ)
220         actualizar_accion();
221         // Actualización de presiones y envío por pantalla
222         actualizar_presiones_pantalla();
223         // Actualización de velocidades
224         COEVEL = time_vel[leer(LEE_VEL)];
225         // Actualización de las presiones de las cavidades
226         actualizar_presiones_usuario();
227         // Comprobación de si se ha pinchado alguna de las cavidades
228         comprobar_globos();
229         // Actualizar animación de la pantalla
230         animacion = actualizar_animacion[Estado_Actual];
231         // Enviar a la pantalla "animación+offset_animacion" a la dir. ANIMACION
232         enviar(animacion+offset_animacion,ANIMACION);
233         // Actualizar el tiempo de exploración
234         enviar(segundos,MENS_SEGUNDO);
235         enviar(minutos,MENS_MINUTO);
236         enviar(horas,MENS_HORA);
237
238         // Carga inicial del Timer0 para desbordamiento a los 200 ms
239         TMR0H=34285/256;      // Carga parte alta del Timer0
240         TMR0L=34285%256;      // Carga parte baja del Timer0 256
241
242         INTCONbits.TMR0IF=0;  // Poner a 0 el Flag del Timer0
243     }
244
245     T0CONbits.TMR0ON=1;      // Activar Timer0
246 }
247
248 // Rutina de interrupción por desbordamiento del Timer 1
249 void interrupt Low_TMR1(void) {
250     T1CONbits.TMR1ON = 0;      // Desactiva Timer1
251     if(PIR1bits.TMR1IF==1){
252         if(Tiempo_Extra_Aux.Activo_Timer==1){
253             Tiempo_Extra_Aux.Contador++; // Incrementar la cuenta del contador AUX
254         }
255         if(Tiempo_Extra_G1.Activo_Timer==1){
256             Tiempo_Extra_G1.Contador++; // Incrementar la cuenta del contador G1
257         }
258         if(Tiempo_Extra_G2.Activo_Timer==1){
259             Tiempo_Extra_G2.Contador++; // Incrementar la cuenta del contador G2
260         }
261         if(Tiempo_Extra_G3.Activo_Timer==1){

```

```

262         Tiempo_Extra_G3.Contador++; // Incrementar la cuenta del contador G3
263     }
264     // Implementación de reloj para el tiempo de exploración
265     clk++; // Incrementar contador (una cuenta son 25 ms)
266     if(clk > 40){ // Cada cuenta son 25 ms, por lo que 25*40 = 1 segundo
267         segundos++;
268         clk=0;
269         if(segundos > 59){
270             minutos++;
271             segundos=0;
272             if(minutos > 59){
273                 horas++;
274                 minutos=0;
275             }
276             else { /*Esperar a que pasen 60 minutos*/ }
277         }
278         else { /*Esperar a que pasen 60 segundos*/ }
279     }
280     else{ /* No hacer nada */ }
281
282     // Carga del Timer 1 para que salte la próxima interrupción a los 25 ms
283     TMR1H = 49910/256; // Carga parte alta del Timer1
284     TMR1L = 49910%256; // Carga parte baja del Timer1
285
286     PIR1bits.TMR1IF = 0; // Borrar el flag de interrupción por TMR1
287 }
288
289 T1CONbits.TMR1ON = 1; // Activa Timer1
290 }
291
292 //#####
293 //                               FUNCIONES DE INICIALIZACIÓN
294 //#####
295 // Inicializar las Variables
296 void inicializar_variables(void) {
297     COEVEL = time_vel[1]; // Velocidad inicializado en "Normal"
298     PRES1 = PRES1_INI; // Presión del Fijo
299     PRES2 = PRES2_INI; // Presión del Fuelle
300     PRES3 = PRES3_INI; // Presión del Móvil
301     PRES_SIS = PRES_SIS_INI; // Presión del sistema
302     PRES_SIS_HYS = PRES2_INI; // Presión mínima sistema = máxima del fuelle
303     //-----
304     tipica[CALDERIN]=(uint16_t) (PRES_SIS*kPa_DEC);
305     tipica[GLOBO1]=(uint16_t) (PRES1*kPa_DEC);
306     tipica[GLOBO2]=(uint16_t) (PRES2*kPa_DEC);
307     tipica[GLOBO3]=(uint16_t) (PRES3*kPa_DEC);
308
309     // Flags para hinchado y deshinchado para actualizar variable "ok"
310     presion_deseada[AUX]=0;
311     presion_deseada[GLOBO1]=0;
312     presion_deseada[GLOBO2]=0;
313     presion_deseada[GLOBO3]=0;
314     tiempo[AUX]=0;
315     tiempo[GLOBO1]=0;
316     tiempo[GLOBO2]=0;
317     tiempo[GLOBO3]=0;
318     paso[AUX]=0;
319     paso[GLOBO1]=0;
320     paso[GLOBO2]=0;
321     paso[GLOBO3]=0;
322     paso[EMERGENCIA]=0;
323     paso[DIAGNOSTICO]=0;
324     okey[AUX]=0;
325     okey[GLOBO1]=0;
326     okey[GLOBO2]=0;
327     okey[GLOBO3]=0;
328     ok=0;

```

```

329
330 // Valores iniciales de las variables globales
331 accion=DETENER; // Asignación de acción en DETENER
332 naccion=accion; // Inicialización de la nueva acción
333 pres[CALDERIN]=0; // Asigna la presión de calderín a 0 kPa
334 pres[GLOBO1]=0; // Asigna la presión de Globo1 (fijo) a 0 kPa
335 pres[GLOBO2]=0; // Asigna la presión de Globo2 (fuelle) a 0 kPa
336 pres[GLOBO3]=0; // Asigna la presión de Globo3 (móvil) a 0 kPa
337 ciclos=0; // Asignación del nº de ciclos a 0
338 animacion=0x0; // Asignación de animación a 0x0 (hex)
339 offset_animacion=0; // Asignación a offset_animacion el valor 0
340 globos_rotos=0x0; // Asignación de globos_rotos (Ninguno roto)
341 hinchando=0x00; // Ningún globo se esta hinchando
342 reloj_hinchado[CALDERIN]=0; // Ini. reloj tiempo de hinchado CALDERIN
343 reloj_hinchado[GLOBO1]=0; // Ini. reloj de tiempo de hinchado GLOBO1
344 reloj_hinchado[GLOBO2]=0; // Ini. reloj de tiempo de hinchado GLOBO2
345 reloj_hinchado[GLOBO3]=0; // Ini. reloj de tiempo de hinchado GLOBO3
346 roto=0; // Ninguno de los 3 globos esta roto
347 hys=0; // No ha pasado por el ciclo de histéresis
348 }
349
350 // Configura los Puertos
351 void configurar_puertos (void) {
352 // CONFIGURAR E/S
353 TRISA = 0xEF; // Configura RA4 como salida el resto como entrada
354 TRISB = 0x04; // Configura RB0, RB1, RB3, RB4, RB5, RB6, RB7 como salida
355 TRISC = 0xFD; // Configura RC1 como salida
356 TRISD = 0x00; // Configura RD0, RD1, RD2, RD3, RD4, RD5, RD6 y RD7 como salida
357 TRISE = 0x00; // Configura RE0, RE1 y RE2 como salida
358 PORTA = 0x00; // Inicializa el puerto A a cero
359 PORTB = 0x00; // Inicializa el puerto B a cero
360 PORTC = 0x00; // Inicializa el puerto C a cero
361 PORTD = 0x00; // Inicializa el puerto D a cero
362 PORTE = 0x00; // Inicializa el puerto E a cero
363
364 // CONFIGURAR USART
365 OpenUSART(USART_TX_INT_OFF & // Interrupcion al transmitir desactivada
366 USART_RX_INT_OFF & // Interrupcion al recibir desactivada
367 USART_ASYNC_MODE & // Modo asíncrono
368 USART_EIGHT_BIT & // 8 bits
369 USART_CONT_RX & // Recepcion continua
370 USART_BRGH_HIGH, // Alta baud rate
371 32); // spbrg = 32 -> 38400 baudios.
372 // Fosc/(16*(spbrg + 1)) = speed -> spbrg = (Fosc/(16*speed))-1
373
374 // CONFIGURAR CONVERTOR A/D
375 OpenADC( ADC_FOSC_2 & // Configuracion del ADC: reloj de entrada fosc/2,
376 ADC_RIGHT_JUST & // Justificacion del resultado a la derecha
377 ADC_12_TAD, // 2 tiempos de adquisicion
378 ADC_CH0 & // Canal inicial: 0 (da igual)
379 ADC_INT_OFF & // Interrupciones deshabilitadas
380 ADC_VREFPLUS_VDD & // Tensiones de referencia las de alimentacion
// y hasta el canal AN8
381 ADC_VREFMINUS_VSS,
382 0x06);
383
384 // CONFIGURACIÓN TIMER 0
385 // Timer0 Off , 16 bits , periodo cuenta 6.4 us ,
386 // incremento en flanco de subida, prescaler = 1:32, CLK CPU
387 TOCON=0x04;
388
389 // Carga inicial del Timer0 para desbordamiento a los 200 ms
390 TMR0H=34285/256; // Carga parte alta del Timer0
391 TMR0L=34285%256; // Carga parte baja del Timer0
392
393 // CONFIGURACIÓN TIMER 1
394 // Timer1 Off , 16 bits , periodo cuenta 1.6 us ,

```

```

395 // incremento en flanco de subida, prescaler = 1:8, CLK CPU
396 T1CON = 0xB0;
397
398 // Carga inicial del Timer0 para desbordamiento a los 25 ms
399 TMR1H = 49910/256; // Carga parte alta del Timer1
400 TMR1L = 49910%256; // Carga parte baja del Timer1
401 }
402
403 // Configuración de las Interrupciones
404 void configurar_isr(void){
405     RCONbits.IPEN = 1; // ON la prioridad entre interrupciones
406     INTCONbits.GIEH = 1; // ON interrupciones de alta prioridad del PIC
407     INTCONbits.GIEL = 1; // ON interrupciones de baja prioridad del PIC
408     INTCONbits.TMR0IE = 1; // ON interrupción desbordamiento del TIMER0
409     INTCON2bits.TMR0IP = 0; // Interrupción por Timer0 de baja prioridad
410     PIE1bits.TMR1IE = 1; // ON interrupción Tdesbordamiento del TIMER1
411     IPR1bits.TMR1IP = 1; // Interrupción por Timer 1 como alta prioridad
412 }
413
414 // Inicializa los flags de los globos
415 void reset_flags_globos(void){
416     // Reinicialización de los flags de presiones
417     presion_deseada[AUX]=0;
418     presion_deseada[GLOBO1]=0;
419     presion_deseada[GLOBO2]=0;
420     presion_deseada[GLOBO3]=0;
421
422     // Reinicialización de los flags de tiempos extras de espera
423     tiempo[AUX]=0;
424     tiempo[GLOBO1]=0;
425     tiempo[GLOBO2]=0;
426     tiempo[GLOBO3]=0;
427
428     // Reinicialización de los 3 flags estados deseados de los globos.
429     if(accion!=FIJAR){
430         okey[AUX]=0;
431         okey[GLOBO1]=0;
432         okey[GLOBO2]=0;
433         okey[GLOBO3]=0;
434     }
435
436     // Reinicializo los paso (Por si acaso no estan reinicializados antes)
437     paso[AUX]=0;
438     paso[GLOBO1]=0;
439     paso[GLOBO2]=0;
440     paso[GLOBO3]=0;
441     paso[EMERGENCIA]=0;
442     paso[DIAGNOSTICO]=0;
443 }
444
445 //#####
446 //                               FUNCIONES DE COMUNICACIONES
447 //#####
448 // Función para enviar datos a la pantalla
449 void enviar(uint16_t dato, uint16_t direc) {
450     char escribir[11], aux;
451     uint8_t j;
452     uint16_t estado_timer0, estado_timer1;
453
454     escribir[0]=27; // ESC
455     escribir[1]=87; // W
456     // Direccion donde hay que escribir, hasta...
457     escribir[2]=48; // 0
458     escribir[3]=56; // 8
459
460     aux=(direc&0xF0)>>4;
461     if(aux<0xA) {

```

```
462     escribir[4]=aux+48;
463     }
464     if(aux>0x9){
465         escribir[4]=aux+55;
466     }
467
468     aux=direc&0x0F;
469     if(aux<0xA){
470         escribir[5]=aux+48;
471     }
472     if(aux>0x9){
473         escribir[5]=aux+55;
474     }
475
476     escribir[6]=48;           // 0
477     escribir[7]=48;           // 0
478
479     aux=(dato&0xF0)>>4;
480     if(aux<0xA){
481         escribir[8]=aux+48;
482     }
483     if(aux>0x9){
484         escribir[8]=aux+55;
485     }
486
487     aux=(dato&0xF);
488     if(aux<0xA){
489         escribir[9]=aux+48;
490     }
491     if(aux>0x9){
492         escribir[9]=aux+55;
493     }
494
495     escribir[10]=13;          // CR (Retorno de carro)
496
497     // Para Timer0 y Timer1 y guardar el valor de la cuenta
498     estado_timer0=T0CONbits.TMR0ON; // Guardar el estado del Timer0
499     T0CONbits.TMR0ON=0;             // Parar Timer0 durante la conversión
500     estado_timer1=T1CONbits.TMR1ON; // Guardar el estado del Timer0
501     T1CONbits.TMR1ON=0;             // Parar Timer0 durante la conversión
502
503     // Realizar envío de datos por puerto serie asíncrono
504     for(j=0;j<11;j++){
505         WriteUSART(escribir[j]);
506         while(BusyUSART());
507     }
508
509     // Recargar Timer's a sus valores
510     T0CONbits.TMR0ON=estado_timer0;
511     if(INTCONbits.TMR0IF==0){
512         T0CONbits.TMR0ON=estado_timer0;
513         T0CONbits.TMR0ON=1;
514     }
515     T1CONbits.TMR1ON=estado_timer1;
516     if(PIR1bits.TMR1IF==0){
517         T1CONbits.TMR1ON=estado_timer1;
518         T1CONbits.TMR1ON=1;
519     }
520 }
521
522 // Función para recibir datos desde pantalla
523 uint16_t leer (uint16_t direc) {
524     char escribir[11], recibido[7], aux;
525     uint8_t j, dato;
526     uint16_t estado_timer0, estado_timer1;
527
528     escribir[0]=27;           // ESC
```

```
529     escribir[1]=82;           // R
530                                     // Dirección que hay que leer, hasta...
531     escribir[2]=48;           // 0
532     escribir[3]=56;           // 8
533
534     aux=(direc&0xF0)>>4;
535     if(aux<0xA){
536         escribir[4]=aux+48;
537     }
538     if(aux>0x9){
539         escribir[4]=aux+55;
540     }
541
542     aux=direc&0x0F;
543     if(aux<0xA){
544         escribir[5]=aux+48;
545     }
546     if(aux>0x9){
547         escribir[5]=aux+55;
548     }
549
550     escribir[6]=48;           // 0
551     escribir[7]=48;           // 0
552     escribir[8]=48;           // 0
553     escribir[9]=49;           // 1 (siempre queremos leer un dato)
554
555     escribir[10]=13;          // CR (Retorno de carro)
556
557     // Para Timer0 y Timer1 y guardar el valor de la cuenta
558     estado_timer0=T0CONbits.TMR0ON;
559     T0CONbits.TMR0ON=0;
560     estado_timer1=T1CONbits.TMR1ON;
561     T1CONbits.TMR1ON=0;
562
563     for(j=0;j<11;j++){
564         WriteUSART(escribir[j]);
565         while(BusyUSART());
566     }
567     for(j=0;j<7;j++){
568         while(!DataRdyUSART());
569         recibido[j]=ReadUSART();
570     }
571
572     // Traducción de ASCII a Decimal (HEX) (Permite leer de 0 a 255)
573     switch(recibido[4])
574     {
575         case(48): dato = 0x00;
576             break;
577         case(49): dato = 0x10;
578             break;
579         case(50): dato = 0x20;
580             break;
581         case(51): dato = 0x30;
582             break;
583         case(52): dato = 0x40;
584             break;
585         case(53): dato = 0x50;
586             break;
587         case(54): dato = 0x60;
588             break;
589         case(55): dato = 0x70;
590             break;
591         case(56): dato = 0x80;
592             break;
593         case(57): dato = 0x90;
594             break;
595         case(65): dato = 0xA0;
```

```

596         break;
597     case(66): dato = 0xB0;
598         break;
599     case(67): dato = 0xC0;
600         break;
601     case(68): dato = 0xD0;
602         break;
603     case(69): dato = 0xE0;
604         break;
605     case(70): dato = 0xF0;
606         break;
607     default: break;
608 }
609
610 switch(recibido[5])
611 {
612     case(48): dato = dato | 0x00;
613         break;
614     case(49): dato = dato | 0x01;
615         break;
616     case(50): dato = dato | 0x02;
617         break;
618     case(51): dato = dato | 0x03;
619         break;
620     case(52): dato = dato | 0x04;
621         break;
622     case(53): dato = dato | 0x05;
623         break;
624     case(54): dato = dato | 0x06;
625         break;
626     case(55): dato = dato | 0x07;
627         break;
628     case(56): dato = dato | 0x08;
629         break;
630     case(57): dato = dato | 0x09;
631         break;
632     case(65): dato = dato | 0x0A;
633         break;
634     case(66): dato = dato | 0x0B;
635         break;
636     case(67): dato = dato | 0x0C;
637         break;
638     case(68): dato = dato | 0x0D;
639         break;
640     case(69): dato = dato | 0x0E;
641         break;
642     case(70): dato = dato | 0x0F;
643         break;
644     default: break;
645 }
646
647     // Recargar Timer's a sus valores
648     T0CONbits.TMR0ON=estado_timer0;
649     if(INTCONbits.TMR0IF==0){
650         T0CONbits.TMR0ON=estado_timer0;
651         T0CONbits.TMR0ON=1;
652     }
653     T1CONbits.TMR1ON=estado_timer1;
654     if(PIR1bits.TMR1IF==0){
655         T1CONbits.TMR1ON=estado_timer1;
656         T1CONbits.TMR1ON=1;
657     }
658
659     return(dato);    // Devuelve el dato de interés recibido en Decimal
660 }
661
662 // Función que borra o pone los valores determinados en la dirección de

```

```

663 // memoria de la pantalla especificada
664 void borrar_pantalla (void)      {
665     enviar(0,ANIMACION);
666     enviar(0,INFO_P1);    // Presión del fijo es 0 kPa (Visualizador)
667     enviar(0,INFO_P2);    // Presión del fuelle es 0 kPa (Visualizador)
668     enviar(0,INFO_P3);    // Presión del móvil es 0 kPa (Visualizador)
669     enviar(1,INFO_PSYS);  // Presión del sistema es 0 kPa (Visualizador)
670     enviar(0,800);
671     enviar(DETENER,LEE_ACC); // Inicializa en pantalla en acción DETENER
672     enviar(1,LEE_VEL);    // Inicializa como defecto la velocidad NORMAL
673     enviar(PRES_SIS,LEE_SYS); // Inicializar presión del Sistema
674     enviar(PRES1,LEE_FIX); // Inicializar presión configurada para fijo
675     enviar(PRES2,LEE_AXI); // Inicializar presión configurada para el fuelle
676     enviar(PRES3,LEE_MOV); // Inicializar presión configurada para movil
677 }
678
679 // Función que lee la presión actual de los sensores de presión y la
680 // muestra por pantalla
681 void actualizar_presiones_pantalla(void){
682     pres[GLOBO1] = mirar_presion(GLOBO1);
683     enviar(((uint16_t)(pres[GLOBO1]/kPa_DEC)),INFO_P1);
684     pres[GLOBO2] = mirar_presion(GLOBO2);
685     enviar(((uint16_t)(pres[GLOBO2]/kPa_DEC)),INFO_P2);
686     pres[GLOBO3] = mirar_presion(GLOBO3);
687     enviar(((uint16_t)(pres[GLOBO3]/kPa_DEC)),INFO_P3);
688     pres[CALDERIN] = mirar_presion(CALDERIN);
689     enviar(((uint16_t)(pres[CALDERIN]/kPa_DEC)),INFO_PSYS);
690 }
691
692 // Función que actualiza las presiones introducidas por pantalla de las
693 // cavidades y del sistema según el gusto del usuario.
694 void actualizar_presiones_usuario(void){
695     uint16_t npres = 0;
696
697     // Presión del sistema (Calderín de llenado)
698     npres = leer(LEE_SYS);
699     if(PRES_SIS != npres){
700         if(npres > Lim_Up_Sys){
701             PRES_SIS = Lim_Up_Sys;
702             enviar((uint16_t)(PRES_SIS),LEE_SYS);
703         }
704         else{
705             if(npres < Lim_Down_Sys){
706                 PRES_SIS = Lim_Down_Sys;
707                 enviar((uint16_t)(PRES_SIS),LEE_SYS);
708             }
709             else{ PRES_SIS = npres; }
710         }
711         npres = 0;
712     }
713     else{ /*No modifica la presión*/ }
714
715     // Cavidades de expansión axial (Fuelle)
716     npres = leer(LEE_AXI);
717     if(PRES2 != npres){
718         if(npres > Lim_Up_Axial){
719             PRES2 = Lim_Up_Axial;
720             enviar((uint16_t)(PRES2),LEE_AXI);
721         }
722         else{
723             if(npres < Lim_Down_Axial){
724                 PRES2 = Lim_Down_Axial;
725                 enviar((uint16_t)(PRES2),LEE_AXI);
726             }
727             else{
728                 if(npres > (PRES_SIS - 10)){
729                     PRES2 = PRES_SIS - 10;

```

```

730             enviar((uint16_t) (PRES2), LEE_AXI);
731         }
732         else { PRES2 = npres; }
733     }
734 }
735     PRES_SIS_HYS = PRES2;
736     npres = 0;
737 }
738 else{ /*No modifica la presión*/ }
739
740 // Cavidad de expansión radial Móvil
741 npres = leer(LEE_MOV);
742 if(PRES3 != npres){
743     if(npres > Lim_Up_Radial){
744         PRES3 = Lim_Up_Radial;
745         enviar((uint16_t) (PRES3), LEE_MOV);
746     }
747     else{
748         if(npres < Lim_Down_Radial){
749             PRES3 = Lim_Down_Radial;
750             enviar((uint16_t) (PRES3), LEE_MOV);
751         }
752         else{
753             PRES3 = npres;
754         }
755     }
756     npres = 0;
757 }
758 else{ /*No modifica la presión*/ }
759
760 // Cavidad de expansión radial fijo
761 npres = leer(LEE_FIX);
762 if(PRES1 != npres){
763     if(npres > Lim_Up_Radial){
764         PRES1 = Lim_Up_Radial;
765         enviar((uint16_t) (PRES1), LEE_FIX);
766     }
767     else{
768         if(npres < Lim_Down_Radial){
769             PRES1 = Lim_Down_Radial;
770             enviar((uint16_t) (PRES1), LEE_FIX);
771         }
772         else{
773             PRES1 = npres;
774         }
775     }
776     npres = 0;
777 }
778 else{ /*No modifica la presión*/ }
779
780 // Ajusta las presiones típicas de cada una de las cavidades y del sistema.
781 tipica[CALDERIN]=(uint16_t) (PRES_SIS*kPa_DEC);
782 tipica[GLOBO1]=(uint16_t) (PRES1*kPa_DEC);
783 tipica[GLOBO2]=(uint16_t) (PRES2*kPa_DEC);
784 tipica[GLOBO3]=(uint16_t) (PRES3*kPa_DEC);
785 }
786
787 // Función que actualización la acción que ha introducido el usuario
788 // por pantalla y se desea que se ejecute.
789 void actualizar_accion(void){
790     naccion=leer(LEE_ACC); // Leer nueva acción de pantalla
791     if(naccion!=accion){
792         // Robustez para el cambio de sentido
793         if((accion==AVANZAR)&&(naccion==RETROCEDER)){
794             accion=AVANZAR;
795             dir=1;
796         }

```

```

797     else{
798         if((accion==RETROCEDER) && (naccion==AVANZAR)) {
799             accion=RETROCEDER;
800             dir=1;
801         }
802         else{ accion=naccion; }
803     }
804     // Robustez para el Dx cuando se pulse Diagnóstico y se esté en el Estado_0.
805     if((naccion==DIAGNOSTICO) && (Estado_Actual==Estado_0) && (okey[GLOBO1] !=1)) {
806         accion=accion;
807     }
808     else{ accion=naccion; }
809 }
810 }
811
812 //#####
813 //                                FUNCIONES DE PRESIONES
814 //#####
815 // Función lee las presiones (Conversión A/D) -> Simplificar función y
816 // quitar lo de la posición
817 uint16_t mirar_presion(uint8_t cual) {
818     uint16_t presion, dir; // Declaración de variables interna
819     uint16_t estado_timer0, estado_timer1;
820
821     switch(cual)
822     {
823         case (CALDERIN) :
824             SetChanADC (ADC_CH0);
825             dir=INFO_P1;
826             break;
827
828         case (GLOBO1) :
829             switch (POS1)
830             {
831                 case (1) :    SetChanADC (ADC_CH4);
832                             dir=INFO_P1;
833                             break;
834                 case (2) :    SetChanADC (ADC_CH8);
835                             dir=INFO_P2;
836                             break;
837                 case (3) :    SetChanADC (ADC_CH3);
838                             dir=INFO_P3;
839                             break;
840                 default:      break;
841             }
842             break;
843
844         case (GLOBO2) :
845             switch (POS2)
846             {
847                 case (1) :    SetChanADC (ADC_CH4);
848                             dir=INFO_P1;
849                             break;
850                 case (2) :    SetChanADC (ADC_CH8);
851                             dir=INFO_P2;
852                             break;
853                 case (3) :    SetChanADC (ADC_CH3);
854                             dir=INFO_P3;
855                             break;
856                 default:      break;
857             }
858             break;
859
860         case (GLOBO3) :
861             switch (POS3)
862             {
863                 case (1) :    SetChanADC (ADC_CH4);

```

```

864             dir=INFO_P1;
865             break;
866         case (2):   SetChanADC(ADC_CH8);
867                   dir=INFO_P2;
868                   break;
869         case (3):   SetChanADC(ADC_CH3);
870                   dir=INFO_P3;
871                   break;
872         default:   break;
873     }
874     break;
875
876     default:      break;
877 }
878
879 // Para Timer0 y Timer1 y guardar el valor de la cuenta
880 estado_timer0=T0CONbits.TMR0ON;
881 T0CONbits.TMR0ON=0;
882 estado_timer1=T1CONbits.TMR1ON;
883 T1CONbits.TMR1ON=0;
884
885 // Realizar conversión A/D
886 ConvertADC();
887 while(BusyADC());
888 presion=ReadADC();
889
890 // Recargar Timer's a sus valores
891 T0CONbits.TMR0ON=estado_timer0;
892 if(INTCONbits.TMR0IF==0){
893     T0CONbits.TMR0ON=estado_timer0;
894     T0CONbits.TMR0ON=1;
895 }
896 T1CONbits.TMR1ON=estado_timer1;
897 if(PIR1bits.TMR1IF==0){
898     T1CONbits.TMR1ON=estado_timer1;
899     T1CONbits.TMR1ON=1;
900 }
901
902     return(presion - offset[cual]); // Devolver el valor de la presión (Decimal)
903 }
904
905 // Función para hinchar una de las cavidades a una determinada presión
906 void hinchar_globo(uint8_t globo, uint16_t presion){
907     if(okey[globo]==0){ // Para evitar aperturas de válvula indeseadas
908         // Estructura selección "Timpo_Extra" al que se debe de acceder
909         struct timer *t;
910
911         switch(globo){
912             case GLOBO1:
913                 t=&Tiempo_Extra_G1;
914                 break;
915             case GLOBO2:
916                 t=&Tiempo_Extra_G2;
917                 break;
918             case GLOBO3:
919                 t=&Tiempo_Extra_G3;
920                 break;
921             default:
922                 break;
923         }
924
925         pres[globo]=mirar_presion(globo);
926         valvula_llenado(globo,ABRIR);
927         hinchando = hinchando | (0x01<<(3-globo));
928
929         if((pres[globo]<=presion) && (presion_deseada[globo]==0)){
930             presion_deseada[globo]=0;

```

```

931         tiempo[globo]=0;
932         paso[globo]=0;
933     }
934     else{
935         presion_deseada[globo]=1;
936         if(paso[globo]==1){
937             if(Tiempo_Finalizado(t)==1){
938                 valvula_llenado(globo,CERRAR);
939                 tiempo[globo]=1;
940                 t->Activo_Timer=0;
941                 hinchando = hinchando & ~(0x01<<(3-globo));
942             }
943             else{ tiempo[globo]=0; }
944         }
945         else{
946             switch(globo){
947                 case(GLOBO1):
948                     timer_set(t,TH1);
949                     break;
950                 case(GLOBO2):
951                     timer_set(t,TH2);
952                     break;
953                 case(GLOBO3):
954                     timer_set(t,TH3);
955                     break;
956                 default:
957                     break;
958             }
959             paso[globo]=1;
960         }
961     }
962 }
963 okey[globo]=presion_deseada[globo]*tiempo[globo];
964 }
965
966 // Función para deshinchar una de las cavidades (Por tiempos)
967 void deshinchar_globo(uint8_t globo){
968     if(okey[globo]==0){
969         // Estructura para seleccionar el "Tiempo_Extra" al que se debe de acceder
970         struct timer *t;
971
972         switch(globo){
973             case GLOBO1:
974                 t=&Tiempo_Extra_G1;
975                 break;
976             case GLOBO2:
977                 t=&Tiempo_Extra_G2;
978                 break;
979             case GLOBO3:
980                 t=&Tiempo_Extra_G3;
981                 break;
982             default:
983                 break;
984         }
985
986         pres[globo]=mirar_presion(globo);
987         valvula_vacio(globo,ABRIR);
988
989         if((pres[globo]>1) && (presion_deseada[globo]==0)){
990             presion_deseada[globo]=0;
991             tiempo[globo]=0;
992             paso[globo]=0;
993         }
994         else{
995             presion_deseada[globo]=1;
996             if(paso[globo]==1){
997                 if(Tiempo_Finalizado(t)==1){

```

```

998         valvula_vacio(globo,CERRAR);
999         tiempo[globo]=1;
1000        t->Activo_Timer=0;
1001    }
1002    else{ tiempo[globo]=0; }
1003 }
1004 else{
1005     switch(globo){
1006         case(GLOBO1):
1007             if(accion!=EMERGENCIA){ timer_set(t,TD1); }
1008             else{ timer_set(t,TD1+40); }
1009             break;
1010         case(GLOBO2):
1011             timer_set(t,TD2);
1012             break;
1013         case(GLOBO3):
1014             if(accion!=EMERGENCIA){ timer_set(t,TD3); }
1015             else{ timer_set(t,TD3+40); }
1016             break;
1017         default:
1018             break;
1019     }
1020     paso[globo]=1;
1021 }
1022 }
1023 }
1024 okey[globo]=presion_deseada[globo]*tiempo[globo];
1025 }
1026
1027 //#####
1028 //                               FUINCIONES DE ACTUADORES
1029 //#####
1030 // Función de control de las valvulas de llenado
1031 void valvula_llenado(uint8_t globo, uint8_t como) {
1032     if (globo == GLOBO1){
1033         switch (POS1)
1034         {
1035             case(1):         PORTBbits.RB3=como;
1036             break;
1037             case(2):         PORTCbits.RC1=como;
1038             break;
1039             case(3):         PORTDbits.RD2=como;
1040             break;
1041         }
1042     }
1043     if (globo == GLOBO2){
1044         switch (POS2)
1045         {
1046             case(1):         PORTBbits.RB3=como;
1047             break;
1048             case(2):         PORTCbits.RC1=como;
1049             break;
1050             case(3):         PORTDbits.RD2=como;
1051             break;
1052         }
1053     }
1054     if (globo == GLOBO3){
1055         switch (POS3)
1056         {
1057             case(1):         PORTBbits.RB3=como;
1058             break;
1059             case(2):         PORTCbits.RC1=como;
1060             break;
1061             case(3):         PORTDbits.RD2=como;
1062             break;
1063         }
1064     }

```

```

1065 }
1066
1067 // Función de control de las válvulas de vaciado
1068 void valvula_vacio(uint8_t globo, uint8_t como) {
1069     if (globo == GLOBO1){
1070         switch (POS1)
1071         {
1072             case(1):          PORTBbits.RB0=como;
1073             break;
1074             case(2):          PORTBbits.RB1=como;
1075             break;
1076             case(3):          PORTBbits.RB4=como;
1077             break;
1078         }
1079     }
1080     if (globo == GLOBO2){
1081         switch (POS2)
1082         {
1083             case(1):          PORTBbits.RB0=como;
1084             break;
1085             case(2):          PORTBbits.RB1=como;
1086             break;
1087             case(3):          PORTBbits.RB4=como;
1088             break;
1089         }
1090     }
1091     if (globo == GLOBO3){
1092         switch (POS3)
1093         {
1094             case(1):          PORTBbits.RB0=como;
1095             break;
1096             case(2):          PORTBbits.RB1=como;
1097             break;
1098             case(3):          PORTBbits.RB4=como;
1099             break;
1100         }
1101     }
1102 }
1103
1104 // Función que cierra todas las válvulas y apaga todas las bombas
1105 void cerrar_todo(void) {
1106     valvula_vacio(1,CERRAR);          // Cierra la válvula de vaciado 1
1107     valvula_vacio(2,CERRAR);          // Cierra la válvula de vaciado 2
1108     valvula_vacio(3,CERRAR);          // Cierra la válvula de vaciado 3
1109     valvula_llenado(1,CERRAR);        // Cierra la válvula de llenado 1
1110     valvula_llenado(2,CERRAR);        // Cierra la válvula de llenado 2
1111     valvula_llenado(3,CERRAR);        // Cierra la válvula de llenado 3
1112     if (hys!=1){
1113         PORTDbits.RD1 = 0;             // Pone a cero RD1
1114         PORTDbits.RD0 = 0;             // Pone a cero RD0
1115     }
1116 }
1117
1118 // Función que realiza el ciclo de histéresis para las presiones del calderín
1119 void cargar_calderin(void) {
1120     // Ciclo de histéresis
1121     pres[CALDERIN]=mirar_presion(CALDERIN);
1122
1123     // Realizar ciclo de histeresis para llenado calderín
1124     switch(hys)
1125     {
1126         case(0):
1127             PORTDbits.RD0 = 1;         // Activar bomba de llenado
1128             Delay10KTCYx(50);         // Tiempo no juntar picos tension 100 ms
1129             PORTDbits.RD1 = 1;         // Activar la bomba de vaciado
1130             hys = 1;                   // Pasar a estado de evaluación
1131         break;

```

```

1132         case(1):
1133             if(pres[CALDERIN]<(uint16_t)((tipica[CALDERIN])+(2*kPa_DEC))){
1134                 hys = 1;           // Seguir con bombas encendidas
1135             }
1136             else{
1137                 hys = 3;           // Ya tiene la presión deseada -> Apagar bombas
1138             }
1139             break;
1140         case(2):
1141             if(pres[CALDERIN]<(uint16_t)(PRES_SIS_HYS*kPa_DEC)){
1142                 hys = 0;           // Por debajo del mínimo de presión -> ON bombas
1143             }
1144             else{
1145                 hys = 2;           // Presión dentro de márgenes -> OFF Bombas
1146             }
1147             break;
1148         case(3):
1149             PORTDbits.RD0 = 0;     // Desactivar bomba de llenado
1150             Delay10KTCYx(50);     // Tiempo no juntar picos tensión 100 ms
1151             hys = 2;               // Pasar a estado de evaluación
1152             break;
1153         default:
1154             break;
1155     }
1156 }
1157
1158 //#####
1159 //                               FUNCIONES DE ACCIONES
1160 //#####
1161 // Función que se encarga de fijar el sistema en el intestino
1162 void fijar(void){
1163     cerrar_todo();
1164     hinchar_globo(GLOBO3,tipica[GLOBO3]);
1165     hinchar_globo(GLOBO1,tipica[GLOBO1]);
1166     deshinchar_globo(GLOBO2);
1167     ok=okey[GLOBO1]*okey[GLOBO2]*okey[GLOBO3];
1168 }
1169
1170 // Función que detiene el sistema este como esté
1171 void detener(void){
1172     cerrar_todo();               // Cierra todas las válvulas y apaga las bombas
1173 }
1174
1175 // Función que lleva al sistema a un estado de reposo
1176 // (deshincha todo y cierra y apaga todo)
1177 void emergencia(void){
1178     // Código de emergencia
1179     if(paso[EMERGENCIA]==0){
1180         cerrar_todo();           // Cierra todo
1181         reset_flags_globos();    // Resetea flag's
1182         paso[EMERGENCIA]=1;     // Indicador de inicializado de parámetros
1183     }
1184     else{
1185         PORTDbits.RD1=1;         // Activar bomba de vacío
1186         deshinchar_globo(GLOBO3); // Deshinchar todos los globos
1187         deshinchar_globo(GLOBO1);
1188         deshinchar_globo(GLOBO2);
1189
1190         // Dice si los 3 globos están deshinchados
1191         ok=okey[GLOBO1]*okey[GLOBO2]*okey[GLOBO3];
1192
1193         if(ok==1){
1194             cerrar_todo();         // OFF todas las válvulas y las bombas
1195             Estado_Actual=Estado_7; // Ir al estado inicial de reposo (000)
1196             accion=DETENER;       // Cambio de acción
1197             enviar((uint16_t)(accion),LEE_ACC); // Envía mensaje a pantalla.
1198             reset_flags_globos(); // Resetea flag's

```

```

1199     paso[EMERGENCIA]=0;
1200     globos_rotos=0x0;           // Pone que no hay ningún globo roto
1201     hinchando=0;               // Pone que no se esta hinchando
1202     roto=0;                    // Pone que no hay ningún globo roto
1203     ok=0;                      // Inicialización del flag
1204 }
1205 }
1206 }
1207
1208 // Función que evalua el estado de las cavidades antes de realizar una prueba
1209 void diagnostico(void){
1210     if(paso[DIAGNOSTICO]==0){
1211         cerrar_todo();          // Se cierra todo por si acaso
1212         timer_set(&Tiempo_Extra_Aux,COEDIAG); // Tiempo para el diagnóstico
1213         paso[DIAGNOSTICO]=1;
1214         globos_rotos=0x00;      // Ninguno de los globos esta roto
1215     }
1216     else{
1217         if(Tiempo_Finalizado(&Tiempo_Extra_Aux)==1){
1218             paso[DIAGNOSTICO]=0; // Resetear flag
1219             ok=1;                // Cambiar el evento de la MEF
1220         }
1221         else{                    // Comprobación de las cavidades
1222             // Se tiene que poner el rango en el que todo OK, Testing y Fail,
1223             // para ser enviado.
1224             // Comprobación de la presión del Calderín
1225             pres[CALDERIN]=mirar_presion(CALDERIN);
1226             if(pres[GLOBO1] < UMBRAL_CALDERIN_FAIL*kPa_DEC){
1227
1228             }
1229             else{ /*No detecta fuga*/ }
1230             // Comprobación de la presión del globo Fijo
1231             pres[GLOBO1]=mirar_presion(GLOBO1);
1232             if(pres[GLOBO1] < UMBRAL_RADIAL_FAIL*kPa_DEC){
1233                 globos_rotos = globos_rotos | 0x04;
1234             }
1235             else{ globos_rotos = globos_rotos & 0x0B; /*No detecta fuga*/ }
1236             // Comprobación de la presión del globo Fuelle
1237             pres[GLOBO2]=mirar_presion(GLOBO2);
1238             if(pres[GLOBO2] < UMBRAL_AXIAL_FAIL*kPa_DEC){
1239                 globos_rotos = globos_rotos | 0x02;
1240             }
1241             else{ globos_rotos = globos_rotos & 0x0D; /*No detecta fuga*/ }
1242             // Comprobación de la presión del globo Móvil
1243             pres[GLOBO3]=mirar_presion(GLOBO3);
1244             if(pres[GLOBO3] < UMBRAL_RADIAL_FAIL*kPa_DEC){
1245                 globos_rotos = globos_rotos | 0x01;
1246             }
1247             else{ globos_rotos = globos_rotos & 0x0E; /*No detecta fuga*/ }
1248             offset_animacion = actualiza_rotos[globos_rotos];
1249         }
1250     }
1251 }
1252
1253 // Función de transición que controla las velocidades del sistema
1254 void transicion(Estado Estado_Siguiente){
1255     if(paso[AUX]==0){
1256         reset_flags_globos(); // Resetea flag's
1257         timer_set(&Tiempo_Extra_Aux,COEVEL); // Tiempo para ajuste de velocidad
1258         paso[AUX]=1;
1259     }
1260     else{
1261         if(Tiempo_Finalizado(&Tiempo_Extra_Aux)==1){ // Cambio de estado
1262             paso[AUX]=0;
1263             ok=0;
1264             Estado_Actual=Estado_Siguiente;
1265             if(dir==1){ // Cambio de sentido de avance

```

```

1266             accion=naccion;
1267             dir=0;
1268         }
1269     }
1270     else{ /* Espero tiempo velocidad */ }
1271 }
1272 }
1273
1274 // Función que comprueba laroturade alguno de los globos (cavidades)
1275 void comprobar_globos(void){
1276 /*----- Función por completar -----*/
1277 }
1278
1279 //#####
1280 //                               FUNCIONES DE LA MEF
1281 //#####
1282 // Función que realiza la MEF. Decide que acción ejecutar en función
1283 // del Estado Actual y del evento ocurrido(entradas al sistema)
1284 void decide_accion(Evento Ev){
1285     // Verifica si el estado y evento esta dentro de los definidos
1286     if(((Ev >= Evento_0) && (Ev < MAX_EVENTOS)) && ((Estado_Actual >= Estado_0)
1287         && (Estado_Actual < MAX_ESTADOS)))
1288     {
1289         // Llamar a la acción predeterminada que esta definida en la tabla
1290         Eval_Plan_Estado=TABLA_ESTADOS_EV[Estado_Actual][Ev];
1291         // Actualiza el Estado_actual del sistema indicado en la tabla
1292         Estado_Actual=Eval_Plan_Estado.Next_Estado;
1293         // Realizar la acción determinada por la tabla
1294         (*Eval_Plan_Estado.Accion_hacer) ();
1295     }
1296     else { /*A ocurrido un Estado o Evento NO descrito*/ };
1297 }
1298 // Función que actualiza los eventos en función del estado de las
1299 // entradas de la MEF
1300 void actualizar_evento(void){
1301     uint8_t even=0x00;
1302
1303     // Obtención del evento
1304     even = ((accion<<2)|(ok<<1)|roto);
1305     // Realiza la misma función que un "swtich-case"
1306     Ev_ocurrido=tabla_eventos[even];
1307 }
1308 //-----ACCIONES DEL ESTADO_0-----
1309 // Acción = DETENER; Ok = 0; Roto = 0;
1310 void Accion_S0_e0(void){
1311     detener(); // Se detiene el sistema esté como esté
1312     Estado_Actual=Estado_0; // Me quedo en el estado en el que estoy
1313 }
1314 // Acción = DETENER; Ok = 1; Roto = 0;
1315 void Accion_S0_e1(void){
1316     Accion_S0_e0();
1317 }
1318 // Acción = DETENER; Ok = 0; Roto = 1;
1319 void Accion_S0_e2(void){
1320     Accion_S0_e0();
1321 }
1322 // Acción = DETENER; Ok = 1; Roto = 1;
1323 void Accion_S0_e3(void){
1324     Accion_S0_e0();
1325 }
1326 // Acción = AVANZAR; Ok = 0; Roto = 0;
1327 void Accion_S0_e4(void){
1328     // Llenado del globo Fijo
1329     hinchar_globo(GLOB01,tipica[GLOB01]); // LLenar el GLOB01
1330     ok=okey[GLOB01];
1331     Estado_Actual=Estado_0; // Se queda en el estado Actual

```

```
1332 }
1333 // Acción = AVANZAR; Ok = 1; Roto = 0;
1334 void Accion_S0_e5(void){
1335     // Resetea Flag's, espera tiempo COEVEL y realiza la transición al
1336     // siguiente estado (Estado_5)
1337     transiccion(Estado_5);
1338 }
1339 // Acción = AVANZAR; Ok = 0; Roto = 1;
1340 void Accion_S0_e6(void){
1341     detener(); // Se detiene el sistema esté como esté
1342     Estado_Actual=Estado_0; // Me quedo en el estado en el que estoy
1343 }
1344 // Acción = AVANZAR; Ok = 1; Roto = 1;
1345 void Accion_S0_e7(void){
1346     Accion_S0_e6();
1347 }
1348 // Acción = RETROCEDER; Ok = 0; Roto = 0;
1349 void Accion_S0_e8(void){
1350     // Llenado del globo Fijo
1351     hinchar_globo(GLOBO1,tipica[GLOBO1]);
1352     ok=okey[GLOBO1];
1353     Estado_Actual=Estado_0;
1354 }
1355 // Acción = RETROCEDER; Ok = 1; Roto = 0;
1356 void Accion_S0_e9(void){
1357     // Resetea Flag's, espera tiempo COEVEL y realiza la transición
1358     // al siguiente estado (Estado_5)
1359     transiccion(Estado_5);
1360 }
1361 // Acción = RETROCEDER; Ok = 0; Roto = 1;
1362 void Accion_S0_e10(void){
1363     detener(); // Se detiene el sistema esté como esté
1364     Estado_Actual=Estado_0; // Me quedo en el estado en el que estoy
1365 }
1366 // Acción = RETROCEDER; Ok = 1; Roto = 1;
1367 void Accion_S0_e11(void){
1368     Accion_S0_e10();
1369 }
1370 // Acción = FIJAR; Ok = 0; Roto = 0;
1371 void Accion_S0_e12(void){
1372     // Resetea Flag's, espera tiempo COEVEL y realiza la transición
1373     // al siguiente estado (Estado_3)
1374     transiccion(Estado_3);
1375 }
1376 // Acción = FIJAR; Ok = 1; Roto = 0;
1377 void Accion_S0_e13(void){
1378     Accion_S0_e12();
1379 }
1380 // Acción = FIJAR; Ok = 0; Roto = 1;
1381 void Accion_S0_e14(void){
1382     detener(); // Se detiene el sistema esté como esté
1383     Estado_Actual=Estado_0; // Me quedo en el estado en el que estoy
1384 }
1385 // Acción = FIJAR; Ok = 1; Roto = 1;
1386 void Accion_S0_e15(void){
1387     Accion_S0_e14();
1388 }
1389 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 0; Roto = 0;
1390 void Accion_S0_e16(void){
1391     emergencia();
1392 }
1393 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 1; Roto = 0;
1394 void Accion_S0_e17(void){
1395     emergencia();
1396 }
1397 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 0; Roto = 1;
1398 void Accion_S0_e18(void){
```

```
1399     emergencia();
1400 }
1401 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 1; Roto = 1;
1402 void Accion_S0_e19(void){
1403     emergencia();
1404 }
1405 // Acción = DX; Ok = 0; Roto = 0;
1406 void Accion_S0_e20(void){
1407 }
1408 }
1409 // Acción = DX; Ok = 1; Roto = 0;
1410 void Accion_S0_e21(void){
1411     //     emergencia();
1412     //     Estado_Actual=Estado_7;
1413 }
1414 // Acción = DX; Ok = 0; Roto = 1;
1415 void Accion_S0_e22(void){
1416 }
1417 }
1418 // Acción = DX; Ok = 1; Roto = 1;
1419 void Accion_S0_e23(void){
1420 }
1421 }
1422 }
1423 //-----ACCIONES DEL ESTADO_1-----
1424 // Acción = DETENER; Ok = 0; Roto = 0;
1425 void Accion_S1_e0(void){
1426     detener(); // Se detiene el sistema esté como esté
1427     Estado_Actual=Estado_1; // Me quedo en el estado en el que estoy
1428 }
1429 // Acción = DETENER; Ok = 1; Roto = 0;
1430 void Accion_S1_e1(void){
1431     Accion_S1_e0();
1432 }
1433 // Acción = DETENER; Ok = 0; Roto = 1;
1434 void Accion_S1_e2(void){
1435     Accion_S1_e0();
1436 }
1437 // Acción = DETENER; Ok = 1; Roto = 1;
1438 void Accion_S1_e3(void){
1439     Accion_S1_e0();
1440 }
1441 // Acción = AVANZAR; Ok = 0; Roto = 0;
1442 void Accion_S1_e4(void){
1443     // Llenado del globo Fuelle
1444     hinchar_globo(GLOBO2,tipica[GLOBO2]); // LLenar el GLOBO2
1445     ok=okkey[GLOBO2];
1446     Estado_Actual=Estado_1; // Se queda en el estado Actual
1447 }
1448 // Acción = AVANZAR; Ok = 1; Roto = 0;
1449 void Accion_S1_e5(void){
1450     if(dir==0){ transicion(Estado_0); }
1451     else{ transicion(Estado_2); }
1452 }
1453 // Acción = AVANZAR; Ok = 0; Roto = 1;
1454 void Accion_S1_e6(void){
1455     detener();
1456     Estado_Actual=Estado_1;
1457 }
1458 // Acción = AVANZAR; Ok = 1; Roto = 1;
1459 void Accion_S1_e7(void){
1460     Accion_S1_e6();
1461 }
1462 // Acción = RETROCEDER; Ok = 0; Roto = 0;
1463 void Accion_S1_e8(void){
1464     // Llenado del globo Móvil
1465     hinchar_globo(GLOBO3,tipica[GLOBO3]);
```

```
1466     ok=okey[GLOBO3];
1467     Estado_Actual=Estado_1;
1468 }
1469 // Acción = RETROCEDER; Ok = 1; Roto = 0;
1470 void Accion_S1_e9(void){
1471     if(dir==0){ transicion(Estado_2); }
1472     else{ transicion(Estado_0); }
1473 }
1474 // Acción = RETROCEDER; Ok = 0; Roto = 1;
1475 void Accion_S1_e10(void){
1476     detener();
1477     Estado_Actual=Estado_1;
1478 }
1479 // Acción = RETROCEDER; Ok = 1; Roto = 1;
1480 void Accion_S1_e11(void){
1481     Accion_S1_e10();
1482 }
1483 // Acción = FIJAR; Ok = 0; Roto = 0;
1484 void Accion_S1_e12(void){
1485     // Resetea Flag's, espera tiempo COEVEL y realiza la transición
1486     // al siguiente estado (Estado_3)
1487     transicion(Estado_3);
1488 }
1489 // Acción = FIJAR; Ok = 1; Roto = 0;
1490 void Accion_S1_e13(void){
1491     Accion_S1_e12();
1492 }
1493 // Acción = FIJAR; Ok = 0; Roto = 1;
1494 void Accion_S1_e14(void){
1495     detener();
1496     Estado_Actual=Estado_1;
1497 }
1498 // Acción = FIJAR; Ok = 1; Roto = 1;
1499 void Accion_S1_e15(void){
1500     Accion_S1_e14();
1501 }
1502 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 0; Roto = 0;
1503 void Accion_S1_e16(void){
1504     emergencia();
1505 }
1506 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 1; Roto = 0;
1507 void Accion_S1_e17(void){
1508     emergencia();
1509 }
1510 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 0; Roto = 1;
1511 void Accion_S1_e18(void){
1512     emergencia();
1513 }
1514 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 1; Roto = 1;
1515 void Accion_S1_e19(void){
1516     emergencia();
1517 }
1518 // Acción = DX; Ok = 0; Roto = 0;
1519 void Accion_S1_e20(void){
1520     // emergencia();
1521     Estado_Actual=Estado_7;
1522 }
1523 // Acción = DX; Ok = 1; Roto = 0;
1524 void Accion_S1_e21(void){
1525     // Accion_S1_e20();
1526 }
1527 // Acción = DX; Ok = 0; Roto = 1;
1528 void Accion_S1_e22(void){
1529     // Accion_S1_e20();
1530 }
1531 // Acción = DX; Ok = 1; Roto = 1;
1532 void Accion_S1_e23(void){
```

```
1533 // Accion_S1_e20();
1534 }
1535
1536 //-----ACCIONES DEL ESTADO_2-----
1537 // Acción = DETENER; Ok = 0; Roto = 0;
1538 void Accion_S2_e0(void){
1539     detener(); // Se detiene el sistema esté como esté
1540     Estado_Actual=Estado_2; // Me quedo en el estado en el que estoy
1541 }
1542 // Acción = DETENER; Ok = 1; Roto = 0;
1543 void Accion_S2_e1(void){
1544     Accion_S2_e0();
1545 }
1546 // Acción = DETENER; Ok = 0; Roto = 1;
1547 void Accion_S2_e2(void){
1548     Accion_S2_e0();
1549 }
1550 // Acción = DETENER; Ok = 1; Roto = 1;
1551 void Accion_S2_e3(void){
1552     Accion_S2_e0();
1553 }
1554 // Acción = AVANZAR; Ok = 0; Roto = 0;
1555 void Accion_S2_e4(void){
1556     // Vaciar el globo Fijo
1557     deshinchar_globo(GLOBO1);
1558     ok=okey[GLOBO1];
1559     Estado_Actual=Estado_2;
1560 }
1561 // Acción = AVANZAR; Ok = 1; Roto = 0;
1562 void Accion_S2_e5(void){
1563     if(dir==0){ transiccion(Estado_1); }
1564     else{ transiccion(Estado_3); }
1565 }
1566 // Acción = AVANZAR; Ok = 0; Roto = 1;
1567 void Accion_S2_e6(void){
1568     detener();
1569     Estado_Actual=Estado_2;
1570 }
1571 // Acción = AVANZAR; Ok = 1; Roto = 1;
1572 void Accion_S2_e7(void){
1573     Accion_S2_e6();
1574 }
1575 // Acción = RETROCEDER; Ok = 0; Roto = 0;
1576 void Accion_S2_e8(void){
1577     // Deshinchar el globo Fuelle
1578     deshinchar_globo(GLOBO2);
1579     ok=okey[GLOBO2];
1580     Estado_Actual=Estado_2;
1581 }
1582 // Acción = RETROCEDER; Ok = 1; Roto = 0;
1583 void Accion_S2_e9(void){
1584     if(dir==0){ transiccion(Estado_3); }
1585     else{ transiccion(Estado_1); }
1586 }
1587 // Acción = RETROCEDER; Ok = 0; Roto = 1;
1588 void Accion_S2_e10(void){
1589     detener();
1590     Estado_Actual=Estado_2;
1591 }
1592 // Acción = RETROCEDER; Ok = 1; Roto = 1;
1593 void Accion_S2_e11(void){
1594     Accion_S2_e10();
1595 }
1596 // Acción = FIJAR; Ok = 0; Roto = 0;
1597 void Accion_S2_e12(void){
1598     // Resetea Flag's, espera tiempo COEVEL y realiza la transición
1599     // al siguiente estado (Estado_3)
```

```
1600     transiccion(Estado_3);
1601 }
1602 // Acción = FIJAR; Ok = 1; Roto = 0;
1603 void Accion_S2_e13(void){
1604     Accion_S2_e12();
1605 }
1606 // Acción = FIJAR; Ok = 0; Roto = 1;
1607 void Accion_S2_e14(void){
1608     detener();
1609     Estado_Actual=Estado_2;
1610 }
1611 // Acción = FIJAR; Ok = 1; Roto = 1;
1612 void Accion_S2_e15(void){
1613     Accion_S2_e14();
1614 }
1615 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 0; Roto = 0;
1616 void Accion_S2_e16(void){
1617     emergencia();
1618 }
1619 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 1; Roto = 0;
1620 void Accion_S2_e17(void){
1621     emergencia();
1622 }
1623 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 0; Roto = 1;
1624 void Accion_S2_e18(void){
1625     emergencia();
1626 }
1627 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 1; Roto = 1;
1628 void Accion_S2_e19(void){
1629     emergencia();
1630 }
1631 // Acción = DX; Ok = 0; Roto = 0;
1632 void Accion_S2_e20(void){
1633     //     emergencia();
1634     //     Estado_Actual=Estado_7;
1635 }
1636 // Acción = DX; Ok = 1; Roto = 0;
1637 void Accion_S2_e21(void){
1638     //     Accion_S2_e20();
1639 }
1640 // Acción = DX; Ok = 0; Roto = 1;
1641 void Accion_S2_e22(void){
1642     //     Accion_S2_e20();
1643 }
1644 // Acción = DX; Ok = 1; Roto = 1;
1645 void Accion_S2_e23(void){
1646     //     Accion_S2_e20();
1647 }
1648
1649 //-----ACCIONES DEL ESTADO_3-----
1650 // Acción = DETENER; Ok = 0; Roto = 0;
1651 void Accion_S3_e0(void){
1652     detener(); // Se detiene el sistema esté como esté
1653     Estado_Actual=Estado_3; // Me quedo en el estado en el que estoy
1654 }
1655 // Acción = DETENER; Ok = 1; Roto = 0;
1656 void Accion_S3_e1(void){
1657     Accion_S3_e0();
1658 }
1659 // Acción = DETENER; Ok = 0; Roto = 1;
1660 void Accion_S3_e2(void){
1661     Accion_S3_e0();
1662 }
1663 // Acción = DETENER; Ok = 1; Roto = 1;
1664 void Accion_S3_e3(void){
1665     Accion_S3_e0();
1666 }
```

```
1667 // Acción = AVANZAR; Ok = 0; Roto = 0;
1668 void Accion_S3_e4(void){
1669     // Llenar el globo Móvil
1670     hinchar_globo(GLOBO3,tipica[GLOBO3]);
1671     ok=okey[GLOBO3];
1672     Estado_Actual=Estado_3;
1673 }
1674 // Acción = AVANZAR; Ok = 1; Roto = 0;
1675 void Accion_S3_e5(void){
1676     if(dir==0){ transiccion(Estado_2); }
1677     else{ transiccion(Estado_4); }
1678 }
1679 // Acción = AVANZAR; Ok = 0; Roto = 1;
1680 void Accion_S3_e6(void){
1681     detener();
1682     Estado_Actual=Estado_3;
1683 }
1684 // Acción = AVANZAR; Ok = 1; Roto = 1;
1685 void Accion_S3_e7(void){
1686     Accion_S3_e6();
1687 }
1688 // Acción = RETROCEDER; Ok = 0; Roto = 0;
1689 void Accion_S3_e8(void){
1690     // Llenar globo Fijo
1691     hinchar_globo(GLOBO1,tipica[GLOBO1]);
1692     ok=okey[GLOBO1];
1693     Estado_Actual=Estado_3;
1694 }
1695 // Acción = RETROCEDER; Ok = 1; Roto = 0;
1696 void Accion_S3_e9(void){
1697     if(dir==0){ transiccion(Estado_4); }
1698     else{ transiccion(Estado_2); }
1699 }
1700 // Acción = RETROCEDER; Ok = 0; Roto = 1;
1701 void Accion_S3_e10(void){
1702     detener();
1703     Estado_Actual=Estado_3;
1704 }
1705 // Acción = RETROCEDER; Ok = 1; Roto = 1;
1706 void Accion_S3_e11(void){
1707     Accion_S3_e10();
1708 }
1709 // Acción = FIJAR; Ok = 0; Roto = 0;
1710 void Accion_S3_e12(void){
1711     fijar();
1712     Estado_Actual=Estado_3;
1713 }
1714 // Acción = FIJAR; Ok = 1; Roto = 0;
1715 void Accion_S3_e13(void){
1716     detener();
1717     Estado_Actual=Estado_3;
1718 }
1719 // Acción = FIJAR; Ok = 0; Roto = 1;
1720 void Accion_S3_e14(void){
1721     Accion_S3_e13();
1722 }
1723 // Acción = FIJAR; Ok = 1; Roto = 1;
1724 void Accion_S3_e15(void){
1725     Accion_S3_e13();
1726 }
1727 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 0; Roto = 0;
1728 void Accion_S3_e16(void){
1729     emergencia();
1730 }
1731 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 1; Roto = 0;
1732 void Accion_S3_e17(void){
1733     emergencia();
```

```
1734 }
1735 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 0; Roto = 1;
1736 void Accion_S3_e18(void){
1737     emergencia();
1738 }
1739 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 1; Roto = 1;
1740 void Accion_S3_e19(void){
1741     emergencia();
1742 }
1743 // Acción = DX; Ok = 0; Roto = 0;
1744 void Accion_S3_e20(void){
1745     //     emergencia();
1746     //     Estado_Actual=Estado_7;
1747 }
1748 // Acción = DX; Ok = 1; Roto = 0;
1749 void Accion_S3_e21(void){
1750     //     Accion_S3_e20();
1751 }
1752 // Acción = DX; Ok = 0; Roto = 1;
1753 void Accion_S3_e22(void){
1754     //     Accion_S3_e20();
1755 }
1756 // Acción = DX; Ok = 1; Roto = 1;
1757 void Accion_S3_e23(void){
1758     //     Accion_S3_e20();
1759 }
1760
1761 //-----ACCIONES DEL ESTADO_4-----
1762 // Acción = DETENER; Ok = 0; Roto = 0;
1763 void Accion_S4_e0(void){
1764     detener(); // Se detiene el sistema esté como esté
1765     Estado_Actual=Estado_4; // Me quedo en el estado en el que estoy
1766 }
1767 // Acción = DETENER; Ok = 1; Roto = 0;
1768 void Accion_S4_e1(void){
1769     Accion_S4_e0();
1770 }
1771 // Acción = DETENER; Ok = 0; Roto = 1;
1772 void Accion_S4_e2(void){
1773     Accion_S4_e0();
1774 }
1775 // Acción = DETENER; Ok = 1; Roto = 1;
1776 void Accion_S4_e3(void){
1777     Accion_S4_e0();
1778 }
1779 // Acción = AVANZAR; Ok = 0; Roto = 0;
1780 void Accion_S4_e4(void){
1781     // Deshinchar el globo Fuelle
1782     deshinchar_globo(GLOBO2);
1783     ok=okey[GLOBO2];
1784     Estado_Actual=Estado_4;
1785 }
1786 // Acción = AVANZAR; Ok = 1; Roto = 0;
1787 void Accion_S4_e5(void){
1788     if(dir==0){ transiccion(Estado_3); }
1789     else{ transiccion(Estado_5); }
1790 }
1791 // Acción = AVANZAR; Ok = 0; Roto = 1;
1792 void Accion_S4_e6(void){
1793     detener();
1794     Estado_Actual=Estado_4;
1795 }
1796 // Acción = AVANZAR; Ok = 1; Roto = 1;
1797 void Accion_S4_e7(void){
1798     Accion_S4_e6();
1799 }
1800 // Acción = RETROCEDER; Ok = 0; Roto = 0;
```

```
1801 void Accion_S4_e8(void){
1802     // Deshinchar el globo Móvil
1803     deshinchar_globo(GLOBO3);
1804     ok=okey[GLOBO3];
1805     Estado_Actual=Estado_4;
1806 }
1807 // Acción = RETROCEDER; Ok = 1; Roto = 0;
1808 void Accion_S4_e9(void){
1809     if(dir==0){ transiccion(Estado_5); }
1810     else{ transiccion(Estado_3); }
1811 }
1812 // Acción = RETROCEDER; Ok = 0; Roto = 1;
1813 void Accion_S4_e10(void){
1814     detener();
1815     Estado_Actual=Estado_4;
1816 }
1817 // Acción = RETROCEDER; Ok = 1; Roto = 1;
1818 void Accion_S4_e11(void){
1819     Accion_S4_e10();
1820 }
1821 // Acción = FIJAR; Ok = 0; Roto = 0;
1822 void Accion_S4_e12(void){
1823     transiccion(Estado_3);
1824 }
1825 // Acción = FIJAR; Ok = 1; Roto = 0;
1826 void Accion_S4_e13(void){
1827     Accion_S4_e12();
1828 }
1829 // Acción = FIJAR; Ok = 0; Roto = 1;
1830 void Accion_S4_e14(void){
1831     detener();
1832     Estado_Actual=Estado_4;
1833 }
1834 // Acción = FIJAR; Ok = 1; Roto = 1;
1835 void Accion_S4_e15(void){
1836     Accion_S4_e14();
1837 }
1838 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 0; Roto = 0;
1839 void Accion_S4_e16(void){
1840     emergencia();
1841 }
1842 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 1; Roto = 0;
1843 void Accion_S4_e17(void){
1844     emergencia();
1845 }
1846 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 0; Roto = 1;
1847 void Accion_S4_e18(void){
1848     emergencia();
1849 }
1850 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 1; Roto = 1;
1851 void Accion_S4_e19(void){
1852     emergencia();
1853 }
1854 // Acción = DX; Ok = 0; Roto = 0;
1855 void Accion_S4_e20(void){
1856     // emergencia();
1857     // Estado_Actual=Estado_7;
1858 }
1859 // Acción = DX; Ok = 1; Roto = 0;
1860 void Accion_S4_e21(void){
1861     // Accion_S4_e20();
1862 }
1863 // Acción = DX; Ok = 0; Roto = 1;
1864 void Accion_S4_e22(void){
1865     // Accion_S4_e20();
1866 }
1867 // Acción = DX; Ok = 1; Roto = 1;
```

```
1868 void Accion_S4_e23(void){
1869 //   Accion_S4_e20();
1870 }
1871
1872 //-----ACCIONES DEL ESTADO_5-----
1873 // Acción = DETENER; Ok = 0; Roto = 0;
1874 void Accion_S5_e0(void){
1875     detener();           // Se detiene el sistema esté como esté
1876     Estado_Actual=Estado_5; // Me quedo en el estado en el que estoy
1877 }
1878 // Acción = DETENER; Ok = 1; Roto = 0;
1879 void Accion_S5_e1(void){
1880     Accion_S5_e0();
1881 }
1882 // Acción = DETENER; Ok = 0; Roto = 1;
1883 void Accion_S5_e2(void){
1884     Accion_S5_e0();
1885 }
1886 // Acción = DETENER; Ok = 1; Roto = 1;
1887 void Accion_S5_e3(void){
1888     Accion_S5_e0();
1889 }
1890 // Acción = AVANZAR; Ok = 0; Roto = 0;
1891 void Accion_S5_e4(void){
1892     // Deshinchar globo Móvil
1893     deshinchar_globo(GLOBO3);
1894     ok=okey[GLOBO3];
1895     Estado_Actual=Estado_5;
1896 }
1897 // Acción = AVANZAR; Ok = 1; Roto = 0;
1898 void Accion_S5_e5(void){
1899     if(dir==0){ transiccion(Estado_4); }
1900     else{ transiccion(Estado_6); }
1901 }
1902 // Acción = AVANZAR; Ok = 0; Roto = 1;
1903 void Accion_S5_e6(void){
1904     detener();
1905     Estado_Actual=Estado_5;
1906 }
1907 // Acción = AVANZAR; Ok = 1; Roto = 1;
1908 void Accion_S5_e7(void){
1909     Accion_S5_e6();
1910 }
1911 // Acción = RETROCEDER; Ok = 0; Roto = 0;
1912 void Accion_S5_e8(void){
1913     // Hinchar el globo Fuelle
1914     hinchar_globo(GLOBO2,tipica[GLOBO2]);
1915     ok=okey[GLOBO2];
1916     Estado_Actual=Estado_5;
1917 }
1918 // Acción = RETROCEDER; Ok = 1; Roto = 0;
1919 void Accion_S5_e9(void){
1920     if(dir==0){ transiccion(Estado_6); }
1921     else{ transiccion(Estado_4); }
1922 }
1923 // Acción = RETROCEDER; Ok = 0; Roto = 1;
1924 void Accion_S5_e10(void){
1925     detener();
1926     Estado_Actual=Estado_5;
1927 }
1928 // Acción = RETROCEDER; Ok = 1; Roto = 1;
1929 void Accion_S5_e11(void){
1930     Accion_S5_e10();
1931 }
1932 // Acción = FIJAR; Ok = 0; Roto = 0;
1933 void Accion_S5_e12(void){
1934     transiccion(Estado_3);
```

```
1935 }
1936 // Acción = FIJAR; Ok = 1; Roto = 0;
1937 void Accion_S5_e13(void){
1938     Accion_S5_e12();
1939 }
1940 // Acción = FIJAR; Ok = 0; Roto = 1;
1941 void Accion_S5_e14(void){
1942     detener();
1943     Estado_Actual=Estado_5;
1944 }
1945 // Acción = FIJAR; Ok = 1; Roto = 1;
1946 void Accion_S5_e15(void){
1947     Accion_S5_e14();
1948 }
1949 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 0; Roto = 0;
1950 void Accion_S5_e16(void){
1951     emergencia();
1952 }
1953 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 1; Roto = 0;
1954 void Accion_S5_e17(void){
1955     emergencia();
1956 }
1957 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 0; Roto = 1;
1958 void Accion_S5_e18(void){
1959     emergencia();
1960 }
1961 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 1; Roto = 1;
1962 void Accion_S5_e19(void){
1963     emergencia();
1964 }
1965 // Acción = DX; Ok = 0; Roto = 0;
1966 void Accion_S5_e20(void){
1967     //     emergencia();
1968     //     Estado_Actual=Estado_7;
1969 }
1970 // Acción = DX; Ok = 1; Roto = 0;
1971 void Accion_S5_e21(void){
1972     //     Accion_S5_e20();
1973 }
1974 // Acción = DX; Ok = 0; Roto = 1;
1975 void Accion_S5_e22(void){
1976     //     Accion_S5_e20();
1977 }
1978 // Acción = DX; Ok = 1; Roto = 1;
1979 void Accion_S5_e23(void){
1980     //     Accion_S5_e20();
1981 }
1982
1983 //-----ACCIONES DEL ESTADO_6-----
1984 // Acción = DETENER; Ok = 0; Roto = 0;
1985 void Accion_S6_e0(void){
1986     detener(); // Se detiene el sistema esté como esté
1987     Estado_Actual=Estado_6; // Me quedo en el estado en el que estoy
1988 }
1989 // Acción = DETENER; Ok = 1; Roto = 0;
1990 void Accion_S6_e1(void){
1991     Accion_S6_e0();
1992 }
1993 // Acción = DETENER; Ok = 0; Roto = 1;
1994 void Accion_S6_e2(void){
1995     Accion_S6_e0();
1996 }
1997 // Acción = DETENER; Ok = 1; Roto = 1;
1998 void Accion_S6_e3(void){
1999     Accion_S6_e0();
2000 }
2001 // Acción = AVANZAR; Ok = 0; Roto = 0;
```

```
2002 void Accion_S6_e4(void){
2003     // Deshinchar el globo Fijo
2004     deshinchar_globo(GLOBO1);
2005     ok=okey[GLOBO1];
2006     Estado_Actual=Estado_6;
2007 }
2008 // Acción = AVANZAR; Ok = 1; Roto = 0;
2009 void Accion_S6_e5(void){
2010     transiccion(Estado_1);
2011 }
2012 // Acción = AVANZAR; Ok = 0; Roto = 1;
2013 void Accion_S6_e6(void){
2014     detener();
2015     Estado_Actual=Estado_6;
2016 }
2017 // Acción = AVANZAR; Ok = 1; Roto = 1;
2018 void Accion_S6_e7(void){
2019     Accion_S6_e6();
2020 }
2021 // Acción = RETROCEDER; Ok = 0; Roto = 0;
2022 void Accion_S6_e8(void){
2023     // Deshinchar el globo Fijo
2024     deshinchar_globo(GLOBO1);
2025     ok=okey[GLOBO1];
2026     Estado_Actual=Estado_6;
2027 }
2028 // Acción = RETROCEDER; Ok = 1; Roto = 0;
2029 void Accion_S6_e9(void){
2030     transiccion(Estado_1);
2031 }
2032 // Acción = RETROCEDER; Ok = 0; Roto = 1;
2033 void Accion_S6_e10(void){
2034     detener();
2035     Estado_Actual=Estado_6;
2036 }
2037 // Acción = RETROCEDER; Ok = 1; Roto = 1;
2038 void Accion_S6_e11(void){
2039     Accion_S6_e10();
2040 }
2041 // Acción = FIJAR; Ok = 0; Roto = 0;
2042 void Accion_S6_e12(void){
2043     transiccion(Estado_3);
2044 }
2045 // Acción = FIJAR; Ok = 1; Roto = 0;
2046 void Accion_S6_e13(void){
2047     Accion_S6_e12();
2048 }
2049 // Acción = FIJAR; Ok = 0; Roto = 1;
2050 void Accion_S6_e14(void){
2051     detener();
2052     Estado_Actual=Estado_6;
2053 }
2054 // Acción = FIJAR; Ok = 1; Roto = 1;
2055 void Accion_S6_e15(void){
2056     Accion_S6_e14();
2057 }
2058 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 0; Roto = 0;
2059 void Accion_S6_e16(void){
2060     emergencia();
2061 }
2062 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 1; Roto = 0;
2063 void Accion_S6_e17(void){
2064     emergencia();
2065 }
2066 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 0; Roto = 1;
2067 void Accion_S6_e18(void){
2068     emergencia();
```

```
2069 }
2070 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 1; Roto = 1;
2071 void Accion_S6_e19(void){
2072     emergencia();
2073 }
2074 // Acción = DX; Ok = 0; Roto = 0;
2075 void Accion_S6_e20(void){
2076     //     emergencia();
2077     //     Estado_Actual=Estado_7;
2078 }
2079 // Acción = DX; Ok = 1; Roto = 0;
2080 void Accion_S6_e21(void){
2081     //     Accion_S6_e20();
2082 }
2083 // Acción = DX; Ok = 0; Roto = 1;
2084 void Accion_S6_e22(void){
2085     //     Accion_S6_e20();
2086 }
2087 // Acción = DX; Ok = 1; Roto = 1;
2088 void Accion_S6_e23(void){
2089     //     Accion_S6_e20();
2090 }
2091
2092 //-----ACCIONES DEL ESTADO_7-----
2093 // Acción = DETENER; Ok = 0; Roto = 0;
2094 void Accion_S7_e0(void){
2095     detener(); // Se detiene el sistema esté como esté
2096     Estado_Actual=Estado_7; // Me quedo en el estado en el que estoy
2097 }
2098 // Acción = DETENER; Ok = 1; Roto = 0;
2099 void Accion_S7_e1(void){
2100     Accion_S7_e0();
2101 }
2102 // Acción = DETENER; Ok = 0; Roto = 1;
2103 void Accion_S7_e2(void){
2104     Accion_S7_e0();
2105 }
2106 // Acción = DETENER; Ok = 1; Roto = 1;
2107 void Accion_S7_e3(void){
2108     Accion_S7_e0();
2109 }
2110 // Acción = AVANZAR; Ok = 0; Roto = 0;
2111 void Accion_S7_e4(void){
2112     // Hinchar el globo Móvil
2113     hinchar_globo(GLOBO3,tipica[GLOBO3]);
2114     ok=okey[GLOBO3];
2115     Estado_Actual=Estado_7;
2116 }
2117 // Acción = AVANZAR; Ok = 1; Roto = 0;
2118 void Accion_S7_e5(void){
2119     transiccion(Estado_2);
2120 }
2121 // Acción = AVANZAR; Ok = 0; Roto = 1;
2122 void Accion_S7_e6(void){
2123     detener();
2124     Estado_Actual=Estado_7;
2125 }
2126 // Acción = AVANZAR; Ok = 1; Roto = 1;
2127 void Accion_S7_e7(void){
2128     Accion_S7_e6();
2129 }
2130 // Acción = RETROCEDER; Ok = 0; Roto = 0;
2131 void Accion_S7_e8(void){
2132     // Hinchar globo Fuelle
2133     hinchar_globo(GLOBO2,tipica[GLOBO2]);
2134     ok=okey[GLOBO2];
2135     Estado_Actual=Estado_7;
```

```
2136 }
2137 // Acción = RETROCEDER; Ok = 1; Roto = 0;
2138 void Accion_S7_e9(void){
2139     transiccion(Estado_6);
2140 }
2141 // Acción = RETROCEDER; Ok = 0; Roto = 1;
2142 void Accion_S7_e10(void){
2143     detener();
2144     Estado_Actual=Estado_7;
2145 }
2146 // Acción = RETROCEDER; Ok = 1; Roto = 1;
2147 void Accion_S7_e11(void){
2148     Accion_S7_e10();
2149 }
2150 // Acción = FIJAR; Ok = 0; Roto = 0;
2151 void Accion_S7_e12(void){
2152     transiccion(Estado_3);
2153 }
2154 // Acción = FIJAR; Ok = 1; Roto = 0;
2155 void Accion_S7_e13(void){
2156     Accion_S7_e12();
2157 }
2158 // Acción = FIJAR; Ok = 0; Roto = 1;
2159 void Accion_S7_e14(void){
2160     detener();
2161     Estado_Actual=Estado_7;
2162 }
2163 // Acción = FIJAR; Ok = 1; Roto = 1;
2164 void Accion_S7_e15(void){
2165     Accion_S7_e14();
2166 }
2167 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 0; Roto = 0;
2168 void Accion_S7_e16(void){
2169     emergencia();
2170 }
2171 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 1; Roto = 0;
2172 void Accion_S7_e17(void){
2173     emergencia();
2174 }
2175 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 0; Roto = 1;
2176 void Accion_S7_e18(void){
2177     emergencia();
2178 }
2179 // Acción = EMERGENCIA; Ok = 1; Roto = 1;
2180 void Accion_S7_e19(void){
2181     emergencia();
2182 }
2183 // Acción = DX; Ok = 0; Roto = 0;
2184 void Accion_S7_e20(void){
2185 //     hinchar_globo(GLOBO1,tipica[GLOBO1]);           // Hincha el Fijo
2186 //     hinchar_globo(GLOBO2,tipica[GLOBO2]);           // Hincha el Fuelle
2187 //     hinchar_globo(GLOBO3,tipica[GLOBO3]);           // Hincha el Movil
2188 //     // Esta en este estado hasta que hincha las 3 cavidades
2189 //     ok=okey[GLOBO1]*okey[GLOBO2]*okey[GLOBO3];
2190 //     Estado_Actual = Estado_7;
2191 }
2192 // Acción = DX; Ok = 1; Roto = 0;
2193 void Accion_S7_e21(void){
2194 //     transiccion(Estado_0);
2195 }
2196 // Acción = DX; Ok = 0; Roto = 1;
2197 void Accion_S7_e22(void){
2198 //     detener();
2199 }
2200 // Acción = DX; Ok = 1; Roto = 1;
2201 void Accion_S7_e23(void){
2202 //     transiccion(Estado_0);
```

```
2203 }
2204 //#####
2205 //          FIN DEL CÓDIGO
2206 //#####
```

A.5.2 Librería timers virtuales (Timer.h)

```
1 #ifndef __TIMER1_H
2 #define __TIMER1_H
3
4 // Decalación de variables globales
5 typedef struct timer { uint16_t Contador;    uint16_t t_Actual;
6                       uint16_t interval;    uint8_t Activo_Timer; };
7 struct timer Tiempo_Extra_Aux, Tiempo_Extra_G1, Tiempo_Extra_G2, Tiempo_Extra_G3;
8
9 // Declaracion del prototipo de las funciones
10 uint16_t clock_time(struct timer *t);
11 uint8_t  Tiempo_Finalizado(struct timer *t);
12 void timer_set(struct timer *t, uint16_t msecs);
13
14 #endif
```

A.5.3 Funciones de la librería timers virtuales (Timer.c)

```
1 #include <stdint.h>
2 #include <plib/TIMER1.h> // Incluir fichero de cabecera de los TIMER's
3 #include <plib/timers.h> // Incluye registros de Timer's del PIC18F4550
4
5 // Función que devuelve el valor de la cuenta del Timer1 en el instante
6 // al que se accede a su lectura. Se debe de tener en cuenta que el
7 // valor de la cuenta se incrementa cada vez que se ejecuta la rutina
8 // de interrupción.
9 uint16_t clock_time(struct timer *t) {
10     return t->Contador;
11 }
12
13 // Función que devuelve un '1' si ha finalizado el tiempo y un '0' si
14 // no es así. Se ha de pasar una estructura de tipo "timer"
15 uint8_t Tiempo_Finalizado(struct timer *t) {
16     if(t->Activo_Timer == 1){
17         if((uint16_t)(clock_time(t) - t->t_Actual)>=(uint16_t)t->interval){
18             return(1);
19         }
20     } else { return(0); }
21 }
22 else { return(0); }
23 }
24
25 // Función que activa el timer virtual y le asigna el intervalo de
26 // cuentas deseado. Se le debe de pasar una estructura del tipo
27 // "timer" y un intervalo de cuenta.
28 void timer_set(struct timer *t, uint16_t intervalo) {
29     t->Contador = 0;
30     t->interval = intervalo;
31     t->t_Actual = clock_time(t);
32     t->Activo_Timer = 1;
33 }
```

A.5.4 Librería de la Máquina de Estados Finitos (MEF.h)

```

1 /*
2  * File: MEF.h
3  * Author: Zazo Manzanegue, Roberto
4  * Comments: Archivo de cabecera en el que se realizan las declaraciones de las
5  *           variables y funciones necesarias para la implementación de la
6  *           máquina de estados finita de tipo Mealy. En esta se definen los
7  *           estados posibles (8) y los eventos posibles (24). Estos dan un total
8  *           de 192 combinaciones distintas, éstas se traducen cada una función
9  *           que recoge las acciones a realizar cuando sucede un evento
10 *          determinado en un estado determinado. Cabe destacar que las
11 *          funciones correspondientes a las 192 combinaciones han sido
12 *          declaradas en el presente fichero, pero la implementación se ha
13 *          realizado el fichero "main.c" al final del mismo. Otra opción
14 *          asequible habría sido implementarlas en un fichero "MEF.c" asociado
15 *          al presente fichero (Similar a lo realizado con TIMER1), esto
16 *          ayudaría a compartimentalizar más el código y por lo tanto disminuir
17 *          el nº de líneas de código de "main.c".
18 *          Por último, conviene mencionar que las combinaciones de los
19 *          estados y los eventos se recogen en una matriz bidimensional en la
20 *          que las filas son los estados y las columnas los eventos. Cada uno
21 *          de los elementos de la matriz es una llamada a la función que
22 *          realiza las acciones correspondientes al evento sucedido en un
23 *          determinado estado.
24 *          La selección de la combinación se realiza mediante una función que
25 *          que según el estado en el que se encuentre el sistema y el evento
26 *          (entradas externa e internas) selecciona un elemento determinado de
27 *          la matriz que recoge las combinaciones.
28 */
29
30 #ifndef MEF_H
31 #define MEF_H
32
33 // Definición de los Estados y Eventos máximos
34 #define MAX_ESTADOS 8
35 #define MAX_EVENTOS 24
36
37 // Declaración de enumeraciones de los Estados y Eventos
38 typedef enum {
39     Estado_ERR=-1,    // Estado ERROR
40     Estado_0=0,      // Estado 111
41     Estado_1=1,      // Estado 110
42     Estado_2=2,      // Estado 010
43     Estado_3=3,      // Estado 011
44     Estado_4=4,      // Estado 001
45     Estado_5=5,      // Estado 101
46     Estado_6=6,      // Estado 100
47     Estado_7=7,      // Estado 000
48 }Estado;
49
50 typedef enum {
51     Null_Evento=100, // Todavía no ha ocurrido ningún evento
52     Evento_ERR=-1,   // Evento ERROR
53     Evento_0=0,      // Acción = DETENER;   OK = 0; Roto = 0
54     Evento_1=1,      // Acción = DETENER;   OK = 1; Roto = 0
55     Evento_2=2,      // Acción = DETENER;   OK = 0; Roto = 1
56     Evento_3=3,      // Acción = DETENER;   OK = 1; Roto = 1
57     Evento_4=4,      // Acción = AVNZAR;    OK = 0; Roto = 0
58     Evento_5=5,      // Acción = AVNZAR;    OK = 1; Roto = 0
59     Evento_6=6,      // Acción = AVNZAR;    OK = 0; Roto = 1
60     Evento_7=7,      // Acción = AVNZAR;    OK = 1; Roto = 1
61     Evento_8=8,      // Acción = RETROCEDER;OK = 0; Roto = 0
62     Evento_9=9,      // Acción = RETROCEDER;OK = 1; Roto = 0
63     Evento_10=10,    // Acción = RETROCEDER;OK = 0; Roto = 1
64     Evento_11=11,    // Acción = RETROCEDER;OK = 1; Roto = 1

```

```

65         Evento_12=12, // Acción = FIJAR; OK = 0; Roto = 0
66         Evento_13=13, // Acción = FIJAR; OK = 1; Roto = 0
67         Evento_14=14, // Acción = FIJAR; OK = 0; Roto = 1
68         Evento_15=15, // Acción = FIJAR; OK = 1; Roto = 1
69         Evento_16=16, // Acción = EMERGENCIA;OK = 0; Roto = 0
70         Evento_17=17, // Acción = EMERGENCIA;OK = 1; Roto = 0
71         Evento_18=18, // Acción = EMERGENCIA;OK = 0; Roto = 1
72         Evento_19=19, // Acción = EMERGENCIA;OK = 1; Roto = 1
73         Evento_20=20, // Acción = DIAGNÓSTIC;OK = 0; Roto = 0
74         Evento_21=21, // Acción = DIAGNÓSTIC;OK = 1; Roto = 0
75         Evento_22=22, // Acción = DIAGNÓSTIC;OK = 0; Roto = 1
76         Evento_23=23 // Acción = DIAGNÓSTIC;OK = 1; Roto = 1
77 }Evento;
78
79 // Declaración de funciones prototipos y variables
80 typedef void(*Accion)(); // Puntero a la función de la acción determinada
81 void decide_accion(Evento Ev); // Función que evalúa estado según el evento
82
83 // Declaración de funciones de las acciones a realizar según Estado y Evento
84 void Accion_S0_e0(void); // Función de la Acción del "estado_0" y "evento0"
85 void Accion_S0_e1(void); // Función de la Acción del "estado_0" y "evento1"
86 void Accion_S0_e2(void); // Función de la Acción del "estado_0" y "evento2"
87 void Accion_S0_e3(void); // Función de la Acción del "estado_0" y "evento3"
88 void Accion_S0_e4(void); // Función de la Acción del "estado_0" y "evento4"
89 void Accion_S0_e5(void); // Función de la Acción del "estado_0" y "evento5"
90 void Accion_S0_e6(void); // Función de la Acción del "estado_0" y "evento6"
91 void Accion_S0_e7(void); // Función de la Acción del "estado_0" y "evento7"
92 void Accion_S0_e8(void); // Función de la Acción del "estado_0" y "evento8"
93 void Accion_S0_e9(void); // Función de la Acción del "estado_0" y "evento9"
94 void Accion_S0_e10(void); // Función de la Acción del "estado_0" y "evento10"
95 void Accion_S0_e11(void); // Función de la Acción del "estado_0" y "evento11"
96 void Accion_S0_e12(void); // Función de la Acción del "estado_0" y "evento12"
97 void Accion_S0_e13(void); // Función de la Acción del "estado_0" y "evento13"
98 void Accion_S0_e14(void); // Función de la Acción del "estado_0" y "evento14"
99 void Accion_S0_e15(void); // Función de la Acción del "estado_0" y "evento15"
100 void Accion_S0_e16(void); // Función de la Acción del "estado_0" y "evento16"
101 void Accion_S0_e17(void); // Función de la Acción del "estado_0" y "evento17"
102 void Accion_S0_e18(void); // Función de la Acción del "estado_0" y "evento18"
103 void Accion_S0_e19(void); // Función de la Acción del "estado_0" y "evento19"
104 void Accion_S0_e20(void); // Función de la Acción del "estado_0" y "evento20"
105 void Accion_S0_e21(void); // Función de la Acción del "estado_0" y "evento21"
106 void Accion_S0_e22(void); // Función de la Acción del "estado_0" y "evento22"
107 void Accion_S0_e23(void); // Función de la Acción del "estado_0" y "evento23"
108
109 void Accion_S1_e0(void); // Función de la Acción del "estado_1" y "evento0"
110 void Accion_S1_e1(void); // Función de la Acción del "estado_1" y "evento1"
111 void Accion_S1_e2(void); // Función de la Acción del "estado_1" y "evento2"
112 void Accion_S1_e3(void); // Función de la Acción del "estado_1" y "evento3"
113 void Accion_S1_e4(void); // Función de la Acción del "estado_1" y "evento4"
114 void Accion_S1_e5(void); // Función de la Acción del "estado_1" y "evento5"
115 void Accion_S1_e6(void); // Función de la Acción del "estado_1" y "evento6"
116 void Accion_S1_e7(void); // Función de la Acción del "estado_1" y "evento7"
117 void Accion_S1_e8(void); // Función de la Acción del "estado_1" y "evento8"
118 void Accion_S1_e9(void); // Función de la Acción del "estado_1" y "evento9"
119 void Accion_S1_e10(void); // Función de la Acción del "estado_1" y "evento10"
120 void Accion_S1_e11(void); // Función de la Acción del "estado_1" y "evento11"
121 void Accion_S1_e12(void); // Función de la Acción del "estado_1" y "evento12"
122 void Accion_S1_e13(void); // Función de la Acción del "estado_1" y "evento13"
123 void Accion_S1_e14(void); // Función de la Acción del "estado_1" y "evento14"
124 void Accion_S1_e15(void); // Función de la Acción del "estado_1" y "evento15"
125 void Accion_S1_e16(void); // Función de la Acción del "estado_1" y "evento16"
126 void Accion_S1_e17(void); // Función de la Acción del "estado_1" y "evento17"
127 void Accion_S1_e18(void); // Función de la Acción del "estado_1" y "evento18"
128 void Accion_S1_e19(void); // Función de la Acción del "estado_1" y "evento19"
129 void Accion_S1_e20(void); // Función de la Acción del "estado_1" y "evento20"
130 void Accion_S1_e21(void); // Función de la Acción del "estado_1" y "evento21"
131 void Accion_S1_e22(void); // Función de la Acción del "estado_1" y "evento22"

```

```
132 void Accion_S1_e23(void); // Función de la Acción del "estado_1" y "evento23"
133
134 void Accion_S2_e0(void); // Función de la Acción del "estado_2" y "evento0"
135 void Accion_S2_e1(void); // Función de la Acción del "estado_2" y "evento1"
136 void Accion_S2_e2(void); // Función de la Acción del "estado_2" y "evento2"
137 void Accion_S2_e3(void); // Función de la Acción del "estado_2" y "evento3"
138 void Accion_S2_e4(void); // Función de la Acción del "estado_2" y "evento4"
139 void Accion_S2_e5(void); // Función de la Acción del "estado_2" y "evento5"
140 void Accion_S2_e6(void); // Función de la Acción del "estado_2" y "evento6"
141 void Accion_S2_e7(void); // Función de la Acción del "estado_2" y "evento7"
142 void Accion_S2_e8(void); // Función de la Acción del "estado_2" y "evento8"
143 void Accion_S2_e9(void); // Función de la Acción del "estado_2" y "evento9"
144 void Accion_S2_e10(void); // Función de la Acción del "estado_2" y "evento10"
145 void Accion_S2_e11(void); // Función de la Acción del "estado_2" y "evento11"
146 void Accion_S2_e12(void); // Función de la Acción del "estado_2" y "evento12"
147 void Accion_S2_e13(void); // Función de la Acción del "estado_2" y "evento13"
148 void Accion_S2_e14(void); // Función de la Acción del "estado_2" y "evento14"
149 void Accion_S2_e15(void); // Función de la Acción del "estado_2" y "evento15"
150 void Accion_S2_e16(void); // Función de la Acción del "estado_2" y "evento16"
151 void Accion_S2_e17(void); // Función de la Acción del "estado_2" y "evento17"
152 void Accion_S2_e18(void); // Función de la Acción del "estado_2" y "evento18"
153 void Accion_S2_e19(void); // Función de la Acción del "estado_2" y "evento19"
154 void Accion_S2_e20(void); // Función de la Acción del "estado_2" y "evento20"
155 void Accion_S2_e21(void); // Función de la Acción del "estado_2" y "evento21"
156 void Accion_S2_e22(void); // Función de la Acción del "estado_2" y "evento22"
157 void Accion_S2_e23(void); // Función de la Acción del "estado_2" y "evento23"
158
159 void Accion_S3_e0(void); // Función de la Acción del "estado_3" y "evento0"
160 void Accion_S3_e1(void); // Función de la Acción del "estado_3" y "evento1"
161 void Accion_S3_e2(void); // Función de la Acción del "estado_3" y "evento2"
162 void Accion_S3_e3(void); // Función de la Acción del "estado_3" y "evento3"
163 void Accion_S3_e4(void); // Función de la Acción del "estado_3" y "evento4"
164 void Accion_S3_e5(void); // Función de la Acción del "estado_3" y "evento5"
165 void Accion_S3_e6(void); // Función de la Acción del "estado_3" y "evento6"
166 void Accion_S3_e7(void); // Función de la Acción del "estado_3" y "evento7"
167 void Accion_S3_e8(void); // Función de la Acción del "estado_3" y "evento8"
168 void Accion_S3_e9(void); // Función de la Acción del "estado_3" y "evento9"
169 void Accion_S3_e10(void); // Función de la Acción del "estado_3" y "evento10"
170 void Accion_S3_e11(void); // Función de la Acción del "estado_3" y "evento11"
171 void Accion_S3_e12(void); // Función de la Acción del "estado_3" y "evento12"
172 void Accion_S3_e13(void); // Función de la Acción del "estado_3" y "evento13"
173 void Accion_S3_e14(void); // Función de la Acción del "estado_3" y "evento14"
174 void Accion_S3_e15(void); // Función de la Acción del "estado_3" y "evento15"
175 void Accion_S3_e16(void); // Función de la Acción del "estado_3" y "evento16"
176 void Accion_S3_e17(void); // Función de la Acción del "estado_3" y "evento17"
177 void Accion_S3_e18(void); // Función de la Acción del "estado_3" y "evento18"
178 void Accion_S3_e19(void); // Función de la Acción del "estado_3" y "evento19"
179 void Accion_S3_e20(void); // Función de la Acción del "estado_3" y "evento20"
180 void Accion_S3_e21(void); // Función de la Acción del "estado_3" y "evento21"
181 void Accion_S3_e22(void); // Función de la Acción del "estado_3" y "evento22"
182 void Accion_S3_e23(void); // Función de la Acción del "estado_3" y "evento23"
183
184 void Accion_S4_e0(void); // Función de la Acción del "estado_4" y "evento0"
185 void Accion_S4_e1(void); // Función de la Acción del "estado_4" y "evento1"
186 void Accion_S4_e2(void); // Función de la Acción del "estado_4" y "evento2"
187 void Accion_S4_e3(void); // Función de la Acción del "estado_4" y "evento3"
188 void Accion_S4_e4(void); // Función de la Acción del "estado_4" y "evento4"
189 void Accion_S4_e5(void); // Función de la Acción del "estado_4" y "evento5"
190 void Accion_S4_e6(void); // Función de la Acción del "estado_4" y "evento6"
191 void Accion_S4_e7(void); // Función de la Acción del "estado_4" y "evento7"
192 void Accion_S4_e8(void); // Función de la Acción del "estado_4" y "evento8"
193 void Accion_S4_e9(void); // Función de la Acción del "estado_4" y "evento9"
194 void Accion_S4_e10(void); // Función de la Acción del "estado_4" y "evento10"
195 void Accion_S4_e11(void); // Función de la Acción del "estado_4" y "evento11"
196 void Accion_S4_e12(void); // Función de la Acción del "estado_4" y "evento12"
197 void Accion_S4_e13(void); // Función de la Acción del "estado_4" y "evento13"
198 void Accion_S4_e14(void); // Función de la Acción del "estado_4" y "evento14"
```

```
199 void Accion_S4_e15(void); // Función de la Acción del "estado_4" y "evento15"
200 void Accion_S4_e16(void); // Función de la Acción del "estado_4" y "evento16"
201 void Accion_S4_e17(void); // Función de la Acción del "estado_4" y "evento17"
202 void Accion_S4_e18(void); // Función de la Acción del "estado_4" y "evento18"
203 void Accion_S4_e19(void); // Función de la Acción del "estado_4" y "evento19"
204 void Accion_S4_e20(void); // Función de la Acción del "estado_4" y "evento20"
205 void Accion_S4_e21(void); // Función de la Acción del "estado_4" y "evento21"
206 void Accion_S4_e22(void); // Función de la Acción del "estado_4" y "evento22"
207 void Accion_S4_e23(void); // Función de la Acción del "estado_4" y "evento23"
208
209 void Accion_S5_e0(void); // Función de la Acción del "estado_5" y "evento0"
210 void Accion_S5_e1(void); // Función de la Acción del "estado_5" y "evento1"
211 void Accion_S5_e2(void); // Función de la Acción del "estado_5" y "evento2"
212 void Accion_S5_e3(void); // Función de la Acción del "estado_5" y "evento3"
213 void Accion_S5_e4(void); // Función de la Acción del "estado_5" y "evento4"
214 void Accion_S5_e5(void); // Función de la Acción del "estado_5" y "evento5"
215 void Accion_S5_e6(void); // Función de la Acción del "estado_5" y "evento6"
216 void Accion_S5_e7(void); // Función de la Acción del "estado_5" y "evento7"
217 void Accion_S5_e8(void); // Función de la Acción del "estado_5" y "evento8"
218 void Accion_S5_e9(void); // Función de la Acción del "estado_5" y "evento9"
219 void Accion_S5_e10(void); // Función de la Acción del "estado_5" y "evento10"
220 void Accion_S5_e11(void); // Función de la Acción del "estado_5" y "evento11"
221 void Accion_S5_e12(void); // Función de la Acción del "estado_5" y "evento12"
222 void Accion_S5_e13(void); // Función de la Acción del "estado_5" y "evento13"
223 void Accion_S5_e14(void); // Función de la Acción del "estado_5" y "evento14"
224 void Accion_S5_e15(void); // Función de la Acción del "estado_5" y "evento15"
225 void Accion_S5_e16(void); // Función de la Acción del "estado_5" y "evento16"
226 void Accion_S5_e17(void); // Función de la Acción del "estado_5" y "evento17"
227 void Accion_S5_e18(void); // Función de la Acción del "estado_5" y "evento18"
228 void Accion_S5_e19(void); // Función de la Acción del "estado_5" y "evento19"
229 void Accion_S5_e20(void); // Función de la Acción del "estado_5" y "evento20"
230 void Accion_S5_e21(void); // Función de la Acción del "estado_5" y "evento21"
231 void Accion_S5_e22(void); // Función de la Acción del "estado_5" y "evento22"
232 void Accion_S5_e23(void); // Función de la Acción del "estado_5" y "evento23"
233
234 void Accion_S6_e0(void); // Función de la Acción del "estado_6" y "evento0"
235 void Accion_S6_e1(void); // Función de la Acción del "estado_6" y "evento1"
236 void Accion_S6_e2(void); // Función de la Acción del "estado_6" y "evento2"
237 void Accion_S6_e3(void); // Función de la Acción del "estado_6" y "evento3"
238 void Accion_S6_e4(void); // Función de la Acción del "estado_6" y "evento4"
239 void Accion_S6_e5(void); // Función de la Acción del "estado_6" y "evento5"
240 void Accion_S6_e6(void); // Función de la Acción del "estado_6" y "evento6"
241 void Accion_S6_e7(void); // Función de la Acción del "estado_6" y "evento7"
242 void Accion_S6_e8(void); // Función de la Acción del "estado_6" y "evento8"
243 void Accion_S6_e9(void); // Función de la Acción del "estado_6" y "evento9"
244 void Accion_S6_e10(void); // Función de la Acción del "estado_6" y "evento10"
245 void Accion_S6_e11(void); // Función de la Acción del "estado_6" y "evento11"
246 void Accion_S6_e12(void); // Función de la Acción del "estado_6" y "evento12"
247 void Accion_S6_e13(void); // Función de la Acción del "estado_6" y "evento13"
248 void Accion_S6_e14(void); // Función de la Acción del "estado_6" y "evento14"
249 void Accion_S6_e15(void); // Función de la Acción del "estado_6" y "evento15"
250 void Accion_S6_e16(void); // Función de la Acción del "estado_6" y "evento16"
251 void Accion_S6_e17(void); // Función de la Acción del "estado_6" y "evento17"
252 void Accion_S6_e18(void); // Función de la Acción del "estado_6" y "evento18"
253 void Accion_S6_e19(void); // Función de la Acción del "estado_6" y "evento19"
254 void Accion_S6_e20(void); // Función de la Acción del "estado_6" y "evento20"
255 void Accion_S6_e21(void); // Función de la Acción del "estado_6" y "evento21"
256 void Accion_S6_e22(void); // Función de la Acción del "estado_6" y "evento22"
257 void Accion_S6_e23(void); // Función de la Acción del "estado_6" y "evento23"
258
259 void Accion_S7_e0(void); // Función de la Acción del "estado_7" y "evento0"
260 void Accion_S7_e1(void); // Función de la Acción del "estado_7" y "evento1"
261 void Accion_S7_e2(void); // Función de la Acción del "estado_7" y "evento2"
262 void Accion_S7_e3(void); // Función de la Acción del "estado_7" y "evento3"
263 void Accion_S7_e4(void); // Función de la Acción del "estado_7" y "evento4"
264 void Accion_S7_e5(void); // Función de la Acción del "estado_7" y "evento5"
265 void Accion_S7_e6(void); // Función de la Acción del "estado_7" y "evento6"
```

```
266 void Accion_S7_e7(void); // Función de la Acción del "estado_7" y "evento7"
267 void Accion_S7_e8(void); // Función de la Acción del "estado_7" y "evento8"
268 void Accion_S7_e9(void); // Función de la Acción del "estado_7" y "evento9"
269 void Accion_S7_e10(void); // Función de la Acción del "estado_7" y "evento10"
270 void Accion_S7_e11(void); // Función de la Acción del "estado_7" y "evento11"
271 void Accion_S7_e12(void); // Función de la Acción del "estado_7" y "evento12"
272 void Accion_S7_e13(void); // Función de la Acción del "estado_7" y "evento13"
273 void Accion_S7_e14(void); // Función de la Acción del "estado_7" y "evento14"
274 void Accion_S7_e15(void); // Función de la Acción del "estado_7" y "evento15"
275 void Accion_S7_e16(void); // Función de la Acción del "estado_7" y "evento16"
276 void Accion_S7_e17(void); // Función de la Acción del "estado_7" y "evento17"
277 void Accion_S7_e18(void); // Función de la Acción del "estado_7" y "evento18"
278 void Accion_S7_e19(void); // Función de la Acción del "estado_7" y "evento19"
279 void Accion_S7_e20(void); // Función de la Acción del "estado_7" y "evento20"
280 void Accion_S7_e21(void); // Función de la Acción del "estado_7" y "evento21"
281 void Accion_S7_e22(void); // Función de la Acción del "estado_7" y "evento22"
282 void Accion_S7_e23(void); // Función de la Acción del "estado_7" y "evento23"
283
284 // Declaración de Estructura para la matriz de elementos Estado-Evento
285 typedef struct {
286     Estado Next_Estado; // Enumera el siguiente estado
287     Accion Accion_hacer; // Puntero a la función a realizar
288 }Planifica_Estado;
289
290 // Definición de la tabla Estado-Evento del MEF
291 Planifica_Estado TABLA_ESTADOS_EV[MAX_ESTADOS][MAX_EVENTOS]=
292 {
293     {{Estado_0, (void *)Accion_S0_e0}, {Estado_0, (void *)Accion_S0_e1},
294     {Estado_0, (void*)Accion_S0_e2}, {Estado_0, (void *)Accion_S0_e3},
295     {Estado_0, (void *)Accion_S0_e4}, {Estado_0, (void *)Accion_S0_e5},
296     {Estado_0, (void *)Accion_S0_e6}, {Estado_0, (void *)Accion_S0_e7},
297     {Estado_0, (void *)Accion_S0_e8}, {Estado_0, (void *)Accion_S0_e9},
298     {Estado_0, (void *)Accion_S0_e10}, {Estado_0, (void *)Accion_S0_e11},
299     {Estado_0, (void *)Accion_S0_e12}, {Estado_0, (void *)Accion_S0_e13},
300     {Estado_0, (void *)Accion_S0_e14}, {Estado_0, (void *)Accion_S0_e15},
301     {Estado_0, (void *)Accion_S0_e16}, {Estado_0, (void *)Accion_S0_e17},
302     {Estado_0, (void *)Accion_S0_e18}, {Estado_0, (void *)Accion_S0_e19},
303     {Estado_0, (void *)Accion_S0_e20}, {Estado_0, (void *)Accion_S0_e21},
304     {Estado_0, (void *)Accion_S0_e22}, {Estado_0, (void *)Accion_S0_e23}},
305
306     {{Estado_1, (void *)Accion_S1_e0}, {Estado_1, (void *)Accion_S1_e1},
307     {Estado_1, (void *)Accion_S1_e2}, {Estado_1, (void *)Accion_S1_e3},
308     {Estado_1, (void *)Accion_S1_e4}, {Estado_1, (void *)Accion_S1_e5},
309     {Estado_1, (void *)Accion_S1_e6}, {Estado_1, (void *)Accion_S1_e7},
310     {Estado_1, (void *)Accion_S1_e8}, {Estado_1, (void *)Accion_S1_e9},
311     {Estado_1, (void *)Accion_S1_e10}, {Estado_1, (void *)Accion_S1_e11},
312     {Estado_1, (void *)Accion_S1_e12}, {Estado_1, (void *)Accion_S1_e13},
313     {Estado_1, (void *)Accion_S1_e14}, {Estado_1, (void *)Accion_S1_e15},
314     {Estado_1, (void *)Accion_S1_e16}, {Estado_1, (void *)Accion_S1_e17},
315     {Estado_1, (void *)Accion_S1_e18}, {Estado_1, (void *)Accion_S1_e19},
316     {Estado_1, (void *)Accion_S1_e20}, {Estado_1, (void *)Accion_S1_e21},
317     {Estado_1, (void *)Accion_S1_e22}, {Estado_1, (void *)Accion_S1_e23}},
318
319     {{Estado_2, (void *)Accion_S2_e0}, {Estado_2, (void *)Accion_S2_e1},
320     {Estado_2, (void *)Accion_S2_e2}, {Estado_2, (void *)Accion_S2_e3},
321     {Estado_2, (void *)Accion_S2_e4}, {Estado_2, (void *)Accion_S2_e5},
322     {Estado_2, (void *)Accion_S2_e6}, {Estado_2, (void *)Accion_S2_e7},
323     {Estado_2, (void *)Accion_S2_e8}, {Estado_2, (void *)Accion_S2_e9},
324     {Estado_2, (void *)Accion_S2_e10}, {Estado_2, (void *)Accion_S2_e11},
325     {Estado_2, (void *)Accion_S2_e12}, {Estado_2, (void *)Accion_S2_e13},
326     {Estado_2, (void *)Accion_S2_e14}, {Estado_2, (void *)Accion_S2_e15},
327     {Estado_2, (void *)Accion_S2_e16}, {Estado_2, (void *)Accion_S2_e17},
328     {Estado_2, (void *)Accion_S2_e18}, {Estado_2, (void *)Accion_S2_e19},
329     {Estado_2, (void *)Accion_S2_e20}, {Estado_2, (void *)Accion_S2_e21},
330     {Estado_2, (void *)Accion_S2_e22}, {Estado_2, (void *)Accion_S2_e23}},
331
332     {{Estado_3, (void *)Accion_S3_e0}, {Estado_3, (void *)Accion_S3_e1},
```

```
315     {Estado_3, (void *)Accion_S3_e2}, {Estado_3, (void *)Accion_S3_e3},
316     {Estado_3, (void *)Accion_S3_e4}, {Estado_3, (void *)Accion_S3_e5},
317     {Estado_3, (void *)Accion_S3_e6}, {Estado_3, (void *)Accion_S3_e7},
318     {Estado_3, (void *)Accion_S3_e8}, {Estado_3, (void *)Accion_S3_e9},
319     {Estado_3, (void *)Accion_S3_e10}, {Estado_3, (void *)Accion_S3_e11},
320     {Estado_3, (void *)Accion_S3_e12}, {Estado_3, (void *)Accion_S3_e13},
321     {Estado_3, (void *)Accion_S3_e14}, {Estado_3, (void *)Accion_S3_e15},
322     {Estado_3, (void *)Accion_S3_e16}, {Estado_3, (void *)Accion_S3_e17},
323     {Estado_3, (void *)Accion_S3_e18}, {Estado_3, (void *)Accion_S3_e19},
324     {Estado_3, (void *)Accion_S3_e20}, {Estado_3, (void *)Accion_S3_e21},
325     {Estado_3, (void *)Accion_S3_e22}, {Estado_3, (void *)Accion_S3_e23}},
326
327     {{Estado_4, (void *)Accion_S4_e0}, {Estado_4, (void *)Accion_S4_e1},
328     {Estado_4, (void *)Accion_S4_e2}, {Estado_4, (void *)Accion_S4_e3},
329     {Estado_4, (void *)Accion_S4_e4}, {Estado_4, (void *)Accion_S4_e5},
330     {Estado_4, (void *)Accion_S4_e6}, {Estado_4, (void *)Accion_S4_e7},
331     {Estado_4, (void *)Accion_S4_e8}, {Estado_4, (void *)Accion_S4_e9},
332     {Estado_4, (void *)Accion_S4_e10}, {Estado_4, (void *)Accion_S4_e11},
333     {Estado_4, (void *)Accion_S4_e12}, {Estado_4, (void *)Accion_S4_e13},
334     {Estado_4, (void *)Accion_S4_e14}, {Estado_4, (void *)Accion_S4_e15},
335     {Estado_4, (void *)Accion_S4_e16}, {Estado_4, (void *)Accion_S4_e17},
336     {Estado_4, (void *)Accion_S4_e18}, {Estado_4, (void *)Accion_S4_e19},
337     {Estado_4, (void *)Accion_S4_e20}, {Estado_4, (void *)Accion_S4_e21},
338     {Estado_4, (void *)Accion_S4_e22}, {Estado_4, (void *)Accion_S4_e23}},
339
340     {{Estado_5, (void *)Accion_S5_e0}, {Estado_5, (void *)Accion_S5_e1},
341     {Estado_5, (void *)Accion_S5_e2}, {Estado_5, (void *)Accion_S5_e3},
342     {Estado_5, (void *)Accion_S5_e4}, {Estado_5, (void *)Accion_S5_e5},
343     {Estado_5, (void *)Accion_S5_e6}, {Estado_5, (void *)Accion_S5_e7},
344     {Estado_5, (void *)Accion_S5_e8}, {Estado_5, (void *)Accion_S5_e9},
345     {Estado_5, (void *)Accion_S5_e10}, {Estado_5, (void *)Accion_S5_e11},
346     {Estado_5, (void *)Accion_S5_e12}, {Estado_5, (void *)Accion_S5_e13},
347     {Estado_5, (void *)Accion_S5_e14}, {Estado_5, (void *)Accion_S5_e15},
348     {Estado_5, (void *)Accion_S5_e16}, {Estado_5, (void *)Accion_S5_e17},
349     {Estado_5, (void *)Accion_S5_e18}, {Estado_5, (void *)Accion_S5_e19},
350     {Estado_5, (void *)Accion_S5_e20}, {Estado_5, (void *)Accion_S5_e21},
351     {Estado_5, (void *)Accion_S5_e22}, {Estado_5, (void *)Accion_S5_e23}},
352
353     {{Estado_6, (void *)Accion_S6_e0}, {Estado_6, (void *)Accion_S6_e1},
354     {Estado_6, (void *)Accion_S6_e2}, {Estado_6, (void *)Accion_S6_e3},
355     {Estado_6, (void *)Accion_S6_e4}, {Estado_6, (void *)Accion_S6_e5},
356     {Estado_6, (void *)Accion_S6_e6}, {Estado_6, (void *)Accion_S6_e7},
357     {Estado_6, (void *)Accion_S6_e8}, {Estado_6, (void *)Accion_S6_e9},
358     {Estado_6, (void *)Accion_S6_e10}, {Estado_6, (void *)Accion_S6_e11},
359     {Estado_6, (void *)Accion_S6_e12}, {Estado_6, (void *)Accion_S6_e13},
360     {Estado_6, (void *)Accion_S6_e14}, {Estado_6, (void *)Accion_S6_e15},
361     {Estado_6, (void *)Accion_S6_e16}, {Estado_6, (void *)Accion_S6_e17},
362     {Estado_6, (void *)Accion_S6_e18}, {Estado_6, (void *)Accion_S6_e19},
363     {Estado_6, (void *)Accion_S6_e20}, {Estado_6, (void *)Accion_S6_e21},
364     {Estado_6, (void *)Accion_S6_e22}, {Estado_6, (void *)Accion_S6_e23}},
365
366     {{Estado_7, (void *)Accion_S7_e0}, {Estado_7, (void *)Accion_S7_e1},
367     {Estado_7, (void *)Accion_S7_e2}, {Estado_7, (void *)Accion_S7_e3},
368     {Estado_7, (void *)Accion_S7_e4}, {Estado_7, (void *)Accion_S7_e5},
369     {Estado_7, (void *)Accion_S7_e6}, {Estado_7, (void *)Accion_S7_e7},
370     {Estado_7, (void *)Accion_S7_e8}, {Estado_7, (void *)Accion_S7_e9},
371     {Estado_7, (void *)Accion_S7_e10}, {Estado_7, (void *)Accion_S7_e11},
372     {Estado_7, (void *)Accion_S7_e12}, {Estado_7, (void *)Accion_S7_e13},
373     {Estado_7, (void *)Accion_S7_e14}, {Estado_7, (void *)Accion_S7_e15},
374     {Estado_7, (void *)Accion_S7_e16}, {Estado_7, (void *)Accion_S7_e17},
375     {Estado_7, (void *)Accion_S7_e18}, {Estado_7, (void *)Accion_S7_e19},
376     {Estado_7, (void *)Accion_S7_e20}, {Estado_7, (void *)Accion_S7_e21},
377     {Estado_7, (void *)Accion_S7_e22}, {Estado_7, (void *)Accion_S7_e23}}
378 };
379
380 // Declarar e Inicializar Valores de Arranque de la MEF
381 Estado Estado_Actual=Estado_7;
```



```
352 Evento Ev_ocurrido=NULL_Evento;  
353 Accion Accion_exe=(void *)Accion_S0_e0;  
354 Planifica_Estado Eval_Plan_Estado = {Estado_7, (void *)Accion_S0_e0};  
355  
356 #endif
```

A.6 Manual de usuario de programación del microcontrolador

A.6.1 Introducción

En este documento del anexo de la memoria se exponen las principales pautas a seguir para realizar la programación del microcontrolador y desenvolverse con facilidad en el entorno de desarrollo “*MPLAB X IDE v3.10*” empleado para la programación del *PIC18F4550* de la placa de control.

La descripción que se ofrece a continuación es relativa a la última versión, vigente en la fecha de redacción del presente documento. La información relativa a la pantalla táctil, está vinculada con el diseño archivado como “*Disseny3_3_200kPa.prx*”

A.6.2 Instalación del software

En primer lugar, se hará una explicación sobre la instalación del software necesario para la programación del Endoworm. Debido a que el hardware del mismo dispone del microcontrolador *PIC18F4550* perteneciente a la empresa MICROCHIP, se deberá de emplear una plataforma de programación compatible con el microcontrolador. En este caso, se ha optado por “*MPLAB X IDE v3.10*” y como compilador el “*XC8 v1.20*”.

A continuación, se va a proceder a explicar paso a paso y apoyado con imágenes el proceso de instalación con la finalidad de evitar ambigüedades.

Lo primero de todo, es acceder a la página oficial de MICROCHIP y descargarse las versiones de programador y compilador mencionadas. Además, dichas versiones se pueden encontrar en la siguiente ruta del ordenador del proyecto: “*Endoworm_V3_3_200kPa*”.

Una vez que se hallan localizado los dos ejecutables, se procede a la instalación de MPLAB X IDE v 3.10. Para ello se siguen los siguientes pasos:

Se conceden los permisos de administrador para la instalación de programa y seguidamente aparece la ventana que se muestra en la *Figura A.1*. A la cual se le dará a siguiente “*Next >*”. Posteriormente aparece la ventana de le *Figura 2.2* en la que se marca “*I accept the agreement*” y se da a “*Next >*”. La siguiente ventana (*Figura 2.3*) nos pide que introduzcamos la ruta en la que se desea que se instale el programa, esta es muy importante que sea correctamente seleccionada. En el caso del PC del proyecto se ha seleccionado la siguiente ruta “*C:\Microchip\MPLABX\v3.10*”. En raíz del disco duro C.



Figura A.1. Primera ventana que aparece en la instalación de MPLAB X IDE v3.10.

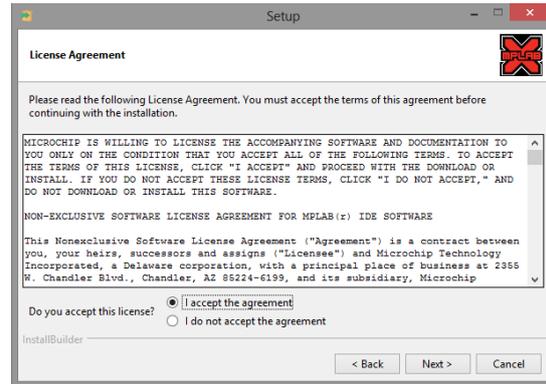


Figura A.2. Ventana de aceptación de los términos de utilización del programa MPLAB X IDE v3.10.

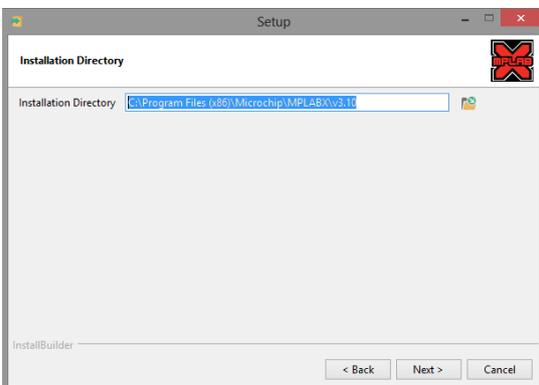


Figura A.3. Ventana de selección de directorio de instalación de MPLAB X IDE v3.10.

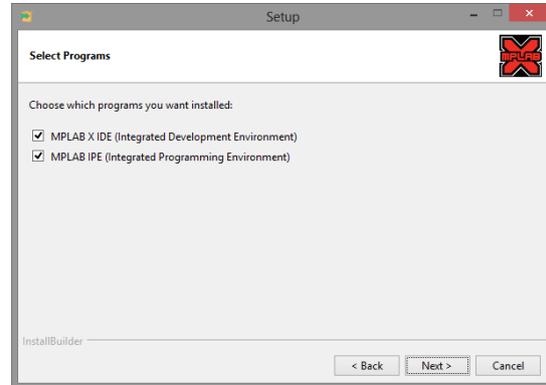


Figura A.1. Ventana de selección de los ítems a instalar del programa MPLAB X IDE v3.10.

Una vez elegido el directorio correctamente se da a “Next >”, lo que nos lleva a la ventana de la Figura A.4 y en la cual deben de quedar marcadas las dos casillas tal y como aparece y se da a “Next >”. La siguiente ventana que aparece es la de confirmación de la instalación (Figura A.5) a la que se le dará a “Next >” y empezará el proceso de instalación según se muestra en la Figura A.6. Una vez la instalación ha finalizado correctamente, habrá que darle a “Next >” apareciendo la ventana de finalización de instalación (Figura A.7) en la cual se deberán desmarcar las 3 casillas y pulsar “Finish” para evitar que nos salte el explorador de internet redireccionándonos a la página de Microchip para la adquisición de herramientas software complementarias.

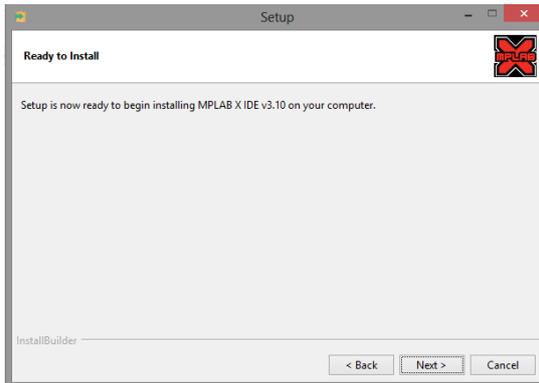


Figura A.5. Ventana de confirmación de instalación del programa MPLAB X IDE v3.10.

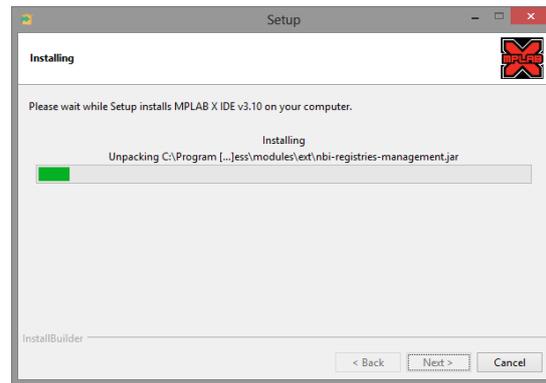


Figura A.6. Ventana de visualización del progreso de instalación del MPLAB X IDE v3.10.

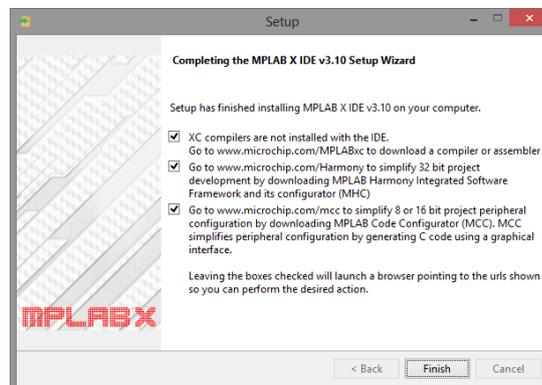


Figura A.2. Ventana final de instalación del programa.

Una vez se haya instalado correctamente MPLAB X IDE v 3.10, se pasará a la instalación del compilador que se va a emplear para la programación del microcontrolador válido para la familia de los MCU's de 8 bits. Dicho compilador es el XC8 v1.20, siendo su proceso de instalación el que se expone a continuación:

Se conceden los permisos de administrador para la instalación de programa y seguidamente aparece la ventana que se muestra en la Figura A.8. A la cual se le dará a siguiente "Next >". Posteriormente aparece la ventana de la Figura A.9 en la que se marca "I accept the agreement" y se da a "Next >". Las siguientes ventanas (Figura A.10 y Figura A.11) son sobre la selección del tipo de instalación, en estas se seleccionará instalar el compilador tal y como se muestra. Posteriormente nos salta la ventana en la que nos pide que introduzcamos la ruta en la que se desea que se instale el programa, esta es muy importante que sea correctamente seleccionada. En el caso del PC del proyecto se ha seleccionado la siguiente ruta "C:\Microchip\xc8\v1.20". En raíz del disco duro C.

El siguiente paso es el más importante de todos en la instalación. Cuando aparezca la ventana que se muestra en la *Figura A.13* (Configuración del compilador), se deben de seleccionar todos los ítems. Esto es de vital importancia para que se puedan emplear las librerías del anterior compilador C18.

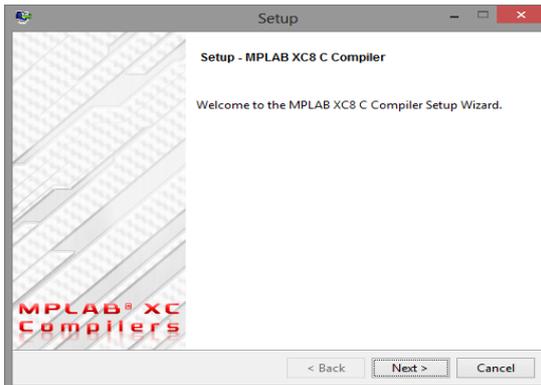


Figura A.8 Primera ventana que aparece en la instalación de MPLAB XC8 v1.20.

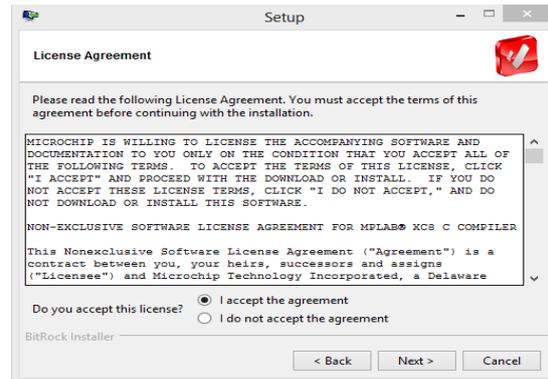


Figura A.9 Ventana de aceptación de los términos de utilización del compilador XC8 v1.20.

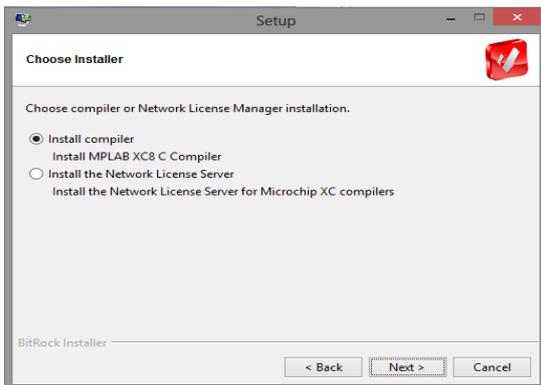


Figura A.10 Ventana de selección del instalador deseado para el compilador XC8 v1.20.

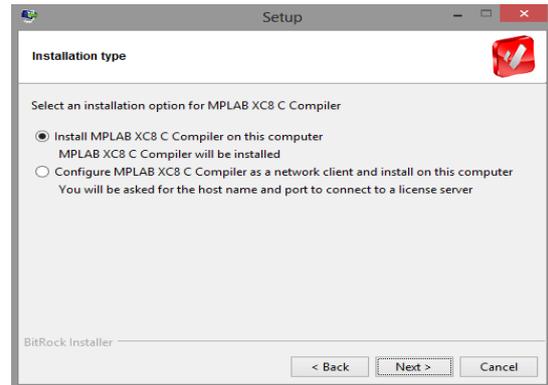


Figura A.11 Ventana de selección del tipo de instalación deseado para el compilador XC8 v1.20.

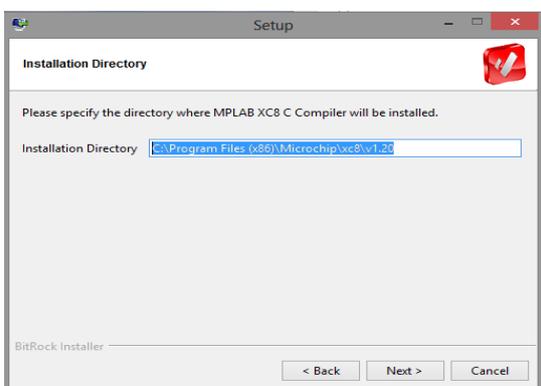


Figura A.12 Ventana de selección de directorio de instalación de compilador XC8 v1.20.

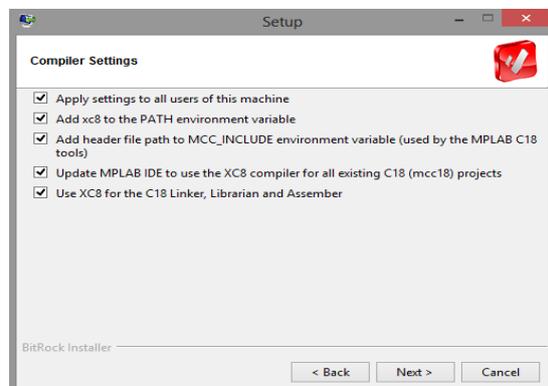


Figura A.3 Ventana de selección de la configuración deseada para el compilador XC8 v1.20.

Posteriormente sale una ventana de confirmación de instalación (*Figura A.14*) a la cual daremos a “Next >” y nos aparecerá la ventana del proceso de instalación (*Figura A.15*). Una vez terminada la instalación nos aparecerá una ventana de selección del tipo de licencia deseado (*Figura A.16*), en nuestro caso se seleccionará la Estándar. En futuras modificaciones a s deberá de valorar la necesidad de adquirir la licencia PRO con la finalidad de que el compilador optimice más la programación del microcontrolador, aunque de momento con la estándar es más que suficiente.

Una vez seleccionado el tipo de licencia se dará a “Next >” y se pasará a la ventana de finalización de la instalación (*Figura A.17*) con la que se concluye todo el proceso. Con los dos programas instalados, ya se puede proceder a programar el microcontrolador.

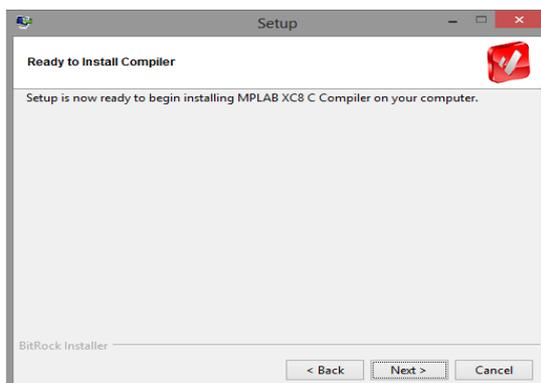


Figura A.7. Ventana de confirmación de la instalación del compilador XC8 v1.20.

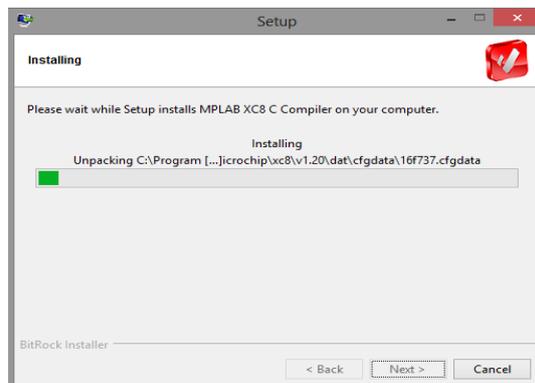


Figura A.7. Ventana de progreso de la instalación de compilador XC8 v1.20.

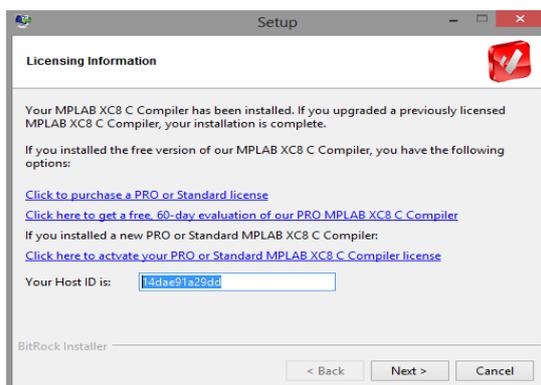


Figura A.7. Ventana de selección de tipo de licencia para el compilador XC8 v1.20.

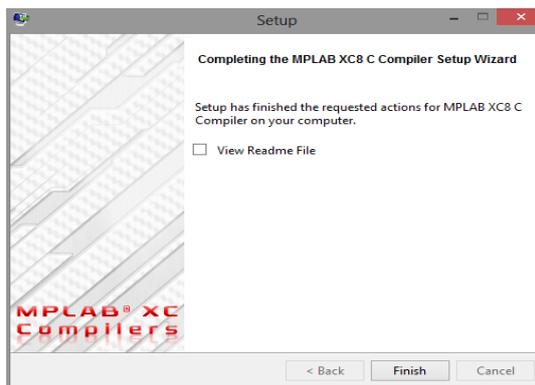


Figura A.7. Ventana final de instalación del programa.

A.6.3 ¿Cómo abrir un proyecto?

Para abrir un proyecto anteriormente realizado, basta con ir al menú “File” de la ventana principal y dar a “Open Project” o simplemente teclear “Ctrl+Mayús+O”. Seguidamente se abrirá una ventana que tiene el aspecto que se muestra en la *Figura A.18*.

En la que se deberá buscar la ruta en la que se almacenan los proyectos en el ordenador, anteriormente mencionada. Una vez seleccionado el proyecto se le dará al botón “Open Project” y se abrirá el proyecto, apareciendo los ficheros que lo componen a la izquierda de la ventana principal de MPLAB X IDE.

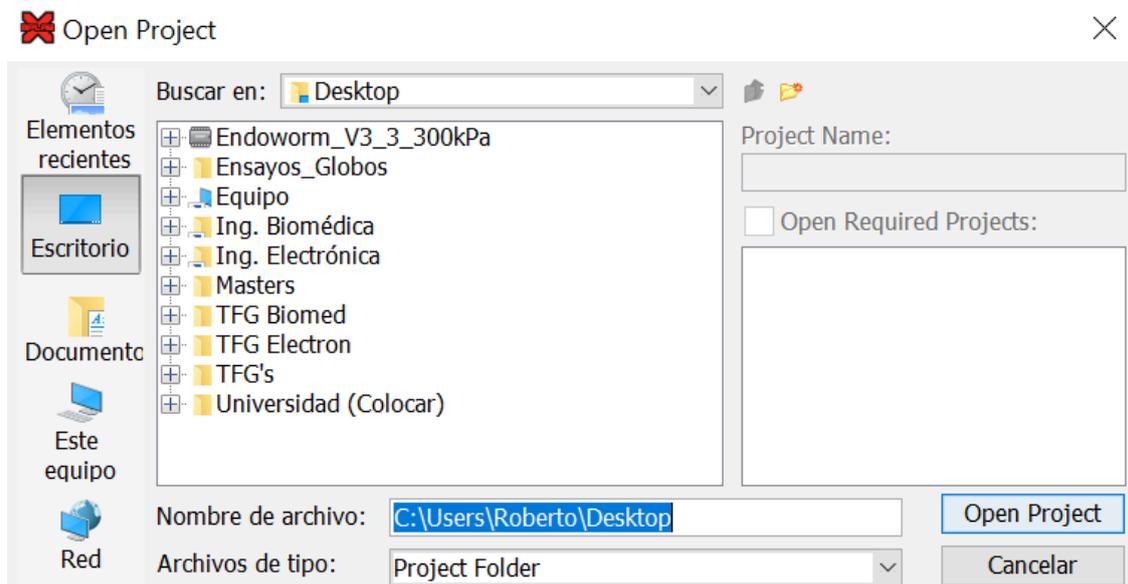


Figura A.18. Ventana para la apertura de un proyecto ya existente.

En el directorio en el que se deben de poner las librerías implementadas es “C:\Microchip\xc8\v1.20\include\plib”. En dicha ruta es dónde se podrán encontrar los ficheros de cabecera de las librerías implementadas: “TIMER1.h” y MEF.h”.

Para seleccionar la ejecución de un proyecto u otro de los que están cargados en el programa se deberán de realizar los siguientes pasos:

1. Ir al menú de la ventana principal y dar clic en la pestaña “Run”.
2. En la ventana desplegable que sale, poner el ratón encima de “Set Main Project”.
3. Seleccionar el proyecto deseado de los que hay cargados en el software de programación.

En la *Figura A.19* se puede ver una imagen de los tres pasos anteriores a realizar.

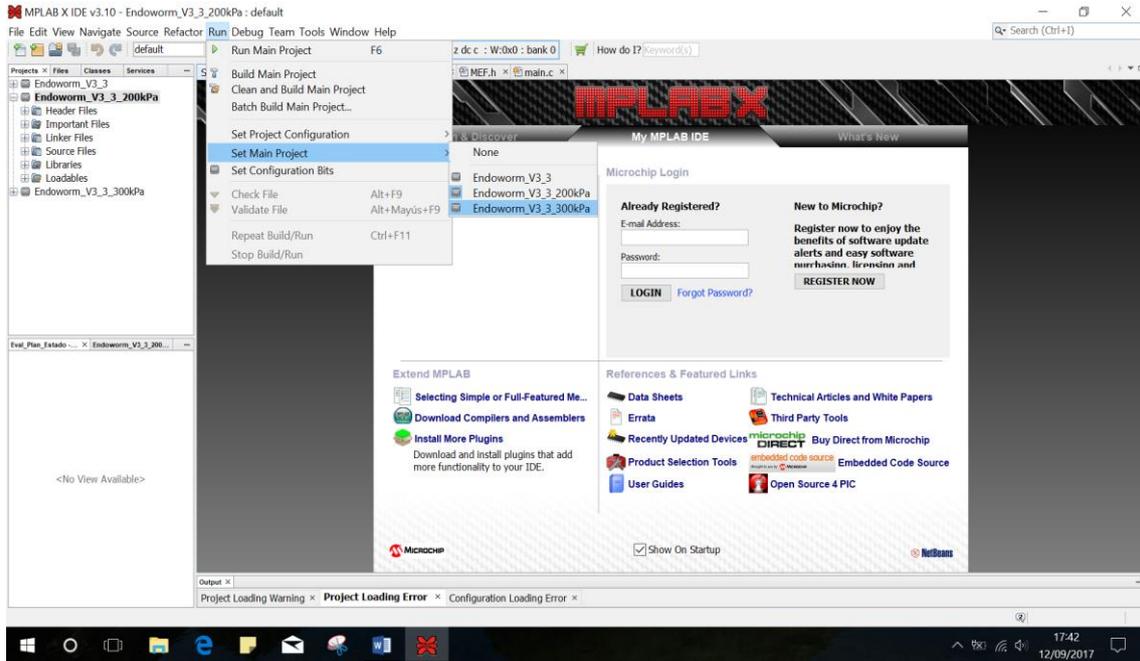


Figura A.19. Captura de pantalla de la selección de la ejecución de un proyecto u otro de los cargados en el software de programación.

A.6.4 Proceso de programación del microcontrolador

Una vez se tiene cargado el proyecto, se puede proceder a cargar el mismo en el microcontrolador, para ello se han de seguir los pasos enumerados a continuación:

1. Lo primero de todo y más importante es comprobar que el interruptor de programación-ejecución, situado en la parte trasera del prototipo *Endoworm 3.0* (componente 6 del plano del *plano del N°1*) está posicionado hacia arriba, si no lo está deberá ponerse en dicha posición. Cuando el interruptor esta hacia arriba el dispositivo se encuentra en modo programación y por lo tanto se puede cargar el código, por el contrario, si esta hacia abajo el dispositivo se encuentra en ejecución y no podrá cargarse código.
2. Conectar el programador y depurador de código “*ICD3*” a uno de los puertos USB de ordenador.
3. Conectar mediante un cable *RJ11* macho-macho el “*ICD3*” al conector hembra *RJ11* de la parte trasera del prototipo *Endoworm 3.0*.

4. Hacer clic sobre el símbolo  que se encuentra en la barra de herramientas principal del programa. Cuando se le da a dicho símbolo se realizar una comprobación del código del proyecto y durante el compilado del mismo no da

problemas se procede a cargar el código del proyecto en el microcontrolador de la placa de control (se programa el *PIC18F4550*).

5. Una vez la ventana “output” (situada en la parte inferior de la venta principal del programa) indica que la programación ha finalizado correctamente, se puede proceder a la desconexión del ICD3 del prototipo.
6. Una vez desconectado el ICD3 se debe de bajar hacia abajo el interruptor de programación-ejecución para permitir que el microcontrolador pueda iniciar la ejecución del programa del microcontrolador.

A.7 Manual de usuario de programación de la pantalla táctil

A.7.1 Descripción del entorno de programación (GP-Pro EX)

En este documento se va a explicar de forma básica el entorno de trabajo del software “GP-Pro Ex v 4.04” que da soporte al desarrollo de programas para una amplia gama de pantallas de distintas familias pertenecientes a la casa comercial Pro-face.

Lo primero de todo es realizar una correcta instalación del software, este se encuentra en formato CD. El CD del GP-Pro Ex v 4.04 lo tiene en posesión Carlos Sánchez Díaz o bien lo podemos encontrar en el armario destinado al proyecto que se encuentra en el aula Mestral de la ETSID. Se deberá instalar con los credenciales que se muestran en la Figura A.1.

Product Version: V4.04.000
User Name: VPons
Company Name: Gusano Endoscópico
Serial Code: 31404010186
Key Code: 7891-7743-7592

Figura A.A Datos o credenciales asociados a la licencia del software “GP-Pro Ex v4.04”.

Se ha de seleccionar, preferentemente, como localización de la instalación la raíz de la unidad C del PC del proyecto. Actualmente esto no hace falta hacerlo, ya que el programa se encuentra instalando y funcionando correctamente en el ordenador portátil del proyecto.

Una vez instalado, se deberá de descomprimir la última versión disponible del programa de la pantalla, en la siguiente ruta del ordenador del proyecto: “C:\Pantalla\xxx”. Donde “xxx” será el nombre de la versión del programa que se le quiera dar. Actualmente la versión más reciente es la que se encuentra en la ruta: “C:\Pantalla\Ultima_Version_Pantalla”.

Posteriormente se procede a la ejecución del programa, concediéndole permisos de administrador, y aparecerá la ventana que se muestra en la Figura A.2. Esta ventana es la que nos dará posibilidad de genera un proyecto nuevo, crear un proyecto desde un ejemplo o abrir un proyecto existente. Si es la primera

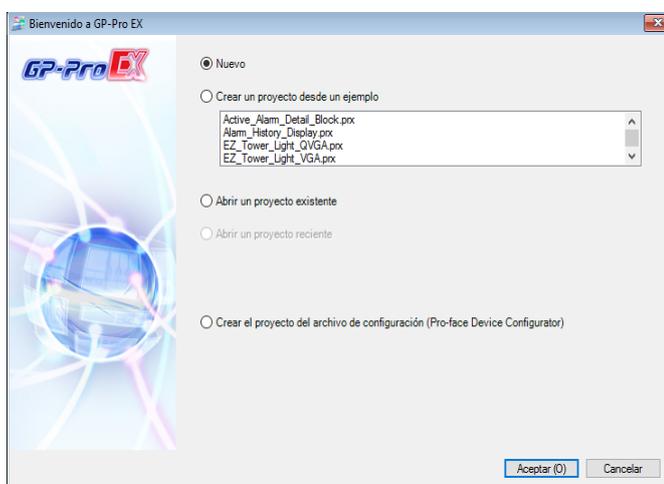


Figura A.2. Primera ventana emergente que aparece tras la inicialización del “GP-Pro Ex v4.04”.

vez que se abre el programa seleccionaremos la de abrir un proyecto existente y se abrirá una ventana de navegación en la que se deberá buscar el archivo con extensión “.prx” dentro de las carpetas de la última versión del programa. El caso de la última versión programada tiene el siguiente nombre “Dissey3_3_200kPa.prx”. En el caso de que ya lo hayamos abierto más veces se puede seleccionar el proyecto que se desea abrir en la ventana de abrir un proyecto reciente. Una vez seleccionado se da a aceptar y seguidamente se abrirá la ventana principal de trabajo sobre la que se ira programando la interfaz gráfica que se puede ver en la *Figura A.3*.

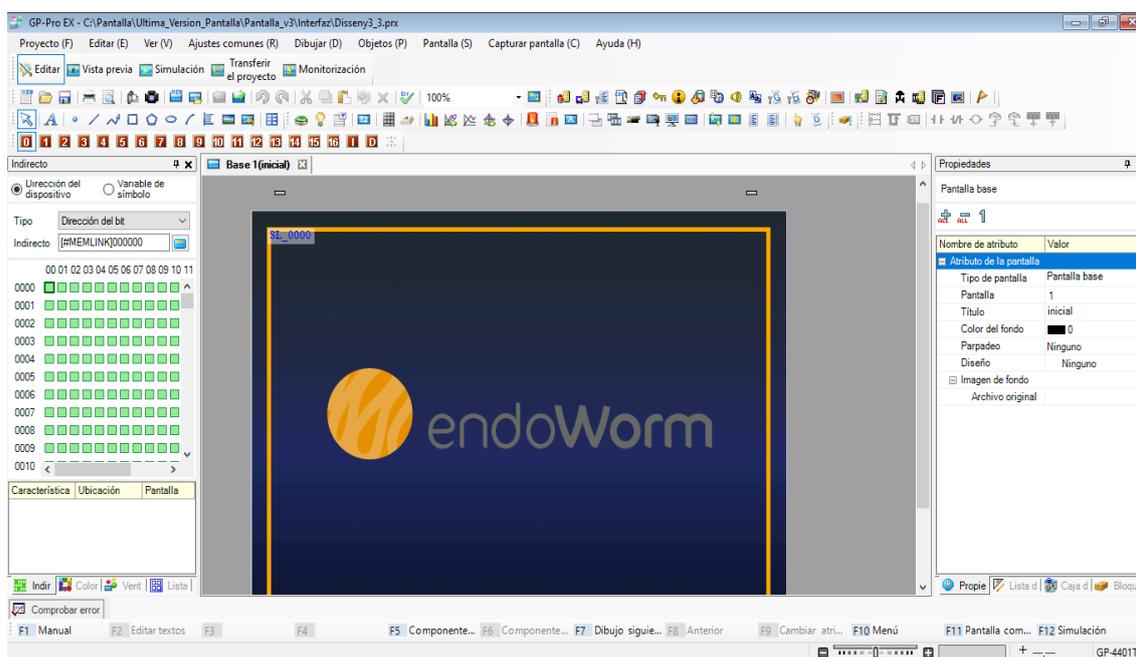


Figura A.3. Ventana principal de trabajo del “GP-Pro Ex v4.04”.

En esta ventana se encuentran la mayoría de las herramientas necesarias para la generación de un interfaz gráfico para la pantalla.

A continuación, se va a proceder a explicar las herramientas principales que podemos encontrar sobre esta ventana, así como los distintos métodos de navegación sobre las ventanas y pantallas del proyecto sobre el que se esté trabajando.

En primer lugar, se van a explicar las herramientas que nos encontramos en la parte superior de la ventana principal del programa, posteriormente las herramientas que se encuentran a la izquierda y a la derecha de la ventana y se culminará con las herramientas de debajo de la ventana.

En la *Figura A.4* se pueden observar las principales herramientas de la parte superior de la ventana principal del programa. Esta, a su vez, la dividiremos en 3 grupos: Herramientas Generales (**A**), Modo de Trabajo (**B**) y Acceso Directo a Herramientas más Utilizadas (**C**).



Figura A.4. Herramientas de la parte superior de la ventana principal del software “GP-Pro Ex v4.04”. ‘A’ corresponde con el grupo de “Herramientas Generales”, ‘B’ con el grupo de “Modo de Trabajo” y ‘C’ con el grupo de “Acceso Directo a Herramientas más Utilizadas”

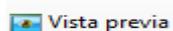
Las herramientas generales (A) dan la posibilidad de acceder a cualquiera de las herramientas y configuraciones disponibles en el programa. Las principales opciones que nos encontramos son:

- **Proyecto:** Menú desplegable que posibilita acciones básicas como generar un nuevo proyecto, abrir uno ya existente, guardarlo, modificar las propiedades del proyecto, ajustes del sistema...
- **Editar:** Menú desplegable que posibilita acceder a las distintas opciones posibles en la edición del proyecto. Algunas de las opciones disponibles son: cortar, pegar, copiar, eliminar, seleccionar todo, rotar, cambiar atributos del objeto seleccionado o cambiar direcciones de memoria.
- **Ver:** Menú desplegable que permite seleccionar distintos modos de visualización del proyecto, así como configurar las herramientas visibles en la ventana principal.
- **Ajustes comunes:** Menú desplegable que permite realizar ajustes comunes a varios objetos o comunes a todo el proyecto. Algunas de las opciones posibles son: alarma, registro de operaciones, programación horaria, sonido, actualización del reloj, registro de imagen, registro de texto...
- **Dibujar:** Menú desplegable que da acceso a la selección de las distintas herramientas que se pueden emplear para generar dibujos de figuras geométricas. Algunas de las herramientas que se pueden seleccionar son: texto, punto, línea, rectángulo, polígono, ubicar imagen, llamada de pantalla...

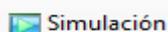
- **Objetos:** Menú desplegable en el que se muestran los distintos objetos que se pueden emplear para la generación del interfaz. Algunos del objeto que podemos encontrar son: Interruptor piloto, Display de datos, grafico, alarma, visualizador de mensaje, visualizador de imagen...
- **Pantalla:** Menú desplegable en el que se encuentran las principales funciones que están relacionadas con el uso de las pantallas. Algunas de las funciones son: nueva pantalla, abrir pantalla, abrir pantalla siguiente/anterior, información de la pantalla...
- **Capturar Pantalla:** Permite hacer capturas de pantalla de la pantalla actual en la que se está trabajando en el programa. Dicha captura de pantalla la almacena en el portapapeles.
- **Ayuda:** Da acceso a las distintas ayudas disponibles del programa. Sin duda, la herramienta más usada de todo el programa, ya que en ella se puede encontrar el manual del *GP-Pro EX v4.04*. En este se explica para que sirven cada uno de los objetos y cómo se han de configurar y usar. Se accede de la siguiente forma: “Ayuda\Manual\Manual de referencia”.

El modo de trabajo (B) sirve para seleccionar entre las siguientes formas de trabajo:

- **Editar:** Modo de funcionamiento que permite editar y generar nuevas pantallas, ventanas u objetos. Este modo es el que se deberá de tener seleccionado cuando se esté implementando una interfaz y es el más utilizado. 
- **Vista previa:** Modo de funcionamiento que permite visualizar el resultado final de la pantalla o venta generada en condiciones iniciales. Conviene destacar que este modo de funcionamiento no permite la interacción con la interfaz.

 Vista previa

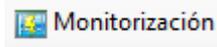
- **Simulación:** Modo de funcionamiento que permite visualizar el resultado final de la interfaz gráfica y permite la interacción con la interfaz gráfica, es decir con los distintos objetos, ventanas, pantallas... Esto posibilita ver cuál es el resultado final de la interfaz programada y de los valores de las direcciones de memoria relacionadas a un objeto y cómo evolucionan según las interacciones del usuario con el interfaz. Es decir, se trata de una simulación que permite hacer un depurado del proyecto antes de ser transferido a la unidad de visualización (pantalla táctil).

 Simulación

- **Transferir proyecto:** Este modo permite transferir el proyecto que se ha diseñado a la unidad de visualización, es decir permite pasar el proyecto del PC a la pantalla táctil. Este es uno de los modos fundamentales de funcionamiento que se emplean y que en apartados posteriores se tratará con mayor detalle.



- **Monitorización:** Este modo de funcionamiento se ha empleado poco, pero puede ser de gran utilidad a la hora de depurar el código de la pantalla durante el funcionamiento del dispositivo. Este consiste en visualizar la evolución de las variables de la interfaz gráfica (direcciones de memoria asociados los objetos). Para ello es preciso que se encuentren conectados la pantalla táctil con el PC mediante el cable de programación.



Por último, los accesos directos a las herramientas más utilizadas (C) para la generación de interfaces. Solamente se van a proceder a comentar las que se han empleado principalmente para la generación del interfaz del Endoworm v3.0, estas son:

- **Guardar:** Sirve para guardar en cualquier momento el proyecto en la carpeta en la que se encuentra. En el caso de que se quiera guardar en otra carpeta se deberá de recurrir a “*Guardar como...*” en lugar  de “*Guardar*”.
- **Nueva pantalla:** Sirve para crear una pantalla nueva. 
- **Pantalla anterior/siguiente:** Sirve para pasar de una pantalla a otra de forma rápida y sencilla. Es muy útil cuando en el proyecto sobre el que está trabajando tiene varias pantallas y se quiere pasar de una a otra de forma rápida para hacer modificaciones. 
- **Comprobar error:** Se emplea para comprobar si el proyecto tiene algún error de programación, en caso afirmativo te indicara los errores existentes que  hay.
- **Alarma:** Da acceso a la ventana de administración de alarmas. En apartados posteriores se explicará cómo funcionan las alarmas y como se han configurado en el proyecto “*Disseny3_3*”. 
- **Sonido:** Da acceso a la ventana de administración de sonidos del proyecto. 

- **Tabla de texto:** Da acceso a la ventana de administración de Tabla de texto del proyecto. 
- **Registro de imagen:** Da acceso a la ventana de administración de registro de imagen del proyecto. En secciones de posteriores se explicará cómo funciona esto, ya que es lo que se emplea para la generación de las  animaciones de la pantalla.
- **Seleccionar rango:** Herramienta que permite poner el puntero del ratón en modo normal de modo que permita seleccionar objetos para poder  modificarlos. 
- **Texto:** Herramienta empleada para generar un cuadro de texto sobre la pantalla.
- **Interruptor:** Herramienta que permite colocar un interruptor o piloto sobre la pantalla. Esta herramienta es de las más empleadas, ya que prácticamente casi todos los objetos que nos podemos encontrar en cualquier proyecto son de este tipo. 
- **Display de datos:** Herramienta que permite seleccionar un display de datos para poder colocarlo sobre una de las pantallas del proyecto. Este tipo de herramienta es muy empleada, ya que posibilita mostrar al usuario los datos de tipo  numérico.
- **Visualizador de mensaje:** Herramienta que permite seleccionar un visualizador de mensaje para poder disponerlo sobre una de las pantallas del proyecto. Generalmente se pone para mostrar al usuario  datos de tipo texto.
- **Ventanas emergentes:** Sirve para crear una nueva ventana emergente en el proyecto y disponerla sobre una de  las pantallas.
- **Selección de estado:** Se trata de una herramienta compuesta por un conjunto de opciones que permite seleccionar únicamente un estado. Sirve para poder visualizar como se han configurado de forma visual cada uno de los interruptores y pilotos en los 16  estados posibles.

Se va a procederá ahora a explicar las herramientas que se encuentran a la derecha y a la izquierda sobre la ventana principal.

Las herramientas que nos encontramos en la izquierda sirven para poder navegar en los principales ajustes del proyecto. Las opciones de navegación son: Indirecto, Color,

Ventana del proyecto y Lista de pantallas. A continuación, se explicarán las cuatro opciones:

- **Indirecto:** Ventana en la que se puede ver de forma visual la ocupación de las distintas direcciones de las distintas memorias de la pantalla táctil. Permite visualizarlo mediante dirección del bit o dirección de la palabra. En nuestro caso emplearemos visualización de palabra. Las direcciones de memoria libres se muestran de color verde, mientras que las ocupadas de color rojo. Cuando se da “clic” a alguna de las direcciones de memoria ocupadas aparece debajo los objetos asociados a la misma. En la *Figura A.5* se puede observar un ejemplo con la ID 2110 de la “Memory Link”.
- **Color:** No usada hasta la fecha por desconocimiento de su funcionalidad, por lo tanto, se omitirá su explicación.
- **Ventana del proyecto:** Ventana en la que se visualiza y da acceso de forma esquemática a los principales ajustes del sistema y a los ajustes comunes del proyecto. En la *Figura A.5* se puede observar la apariencia del mismo y los principales ajustes a los que da acceso.
- **Lista de pantallas:** Ventana en la que se visualizan y dan acceso de forma esquemática a cada una de las pantallas base y ventanas emergentes que se han generado en el proyecto para la realización de la interfaz gráfica. En la *Figura A.5* se puede observar la apariencia de la ventana.

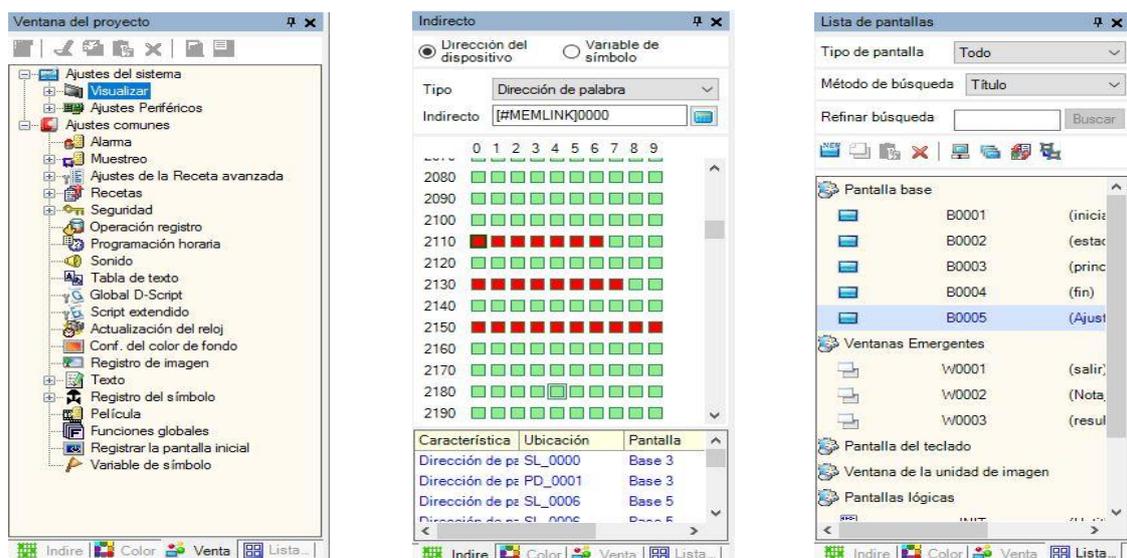


Figura A.5. Herramientas de la parte izquierda de la ventana principal del software “GP-Pro Ex v4.04”. La imagen de la izquierda corresponde con la “Ventana del proyecto”, la central con la ventana “Indirecto” y la de la derecha con la ventana “Lista de pantallas”

Mientras que las herramientas que nos encontramos la derecha sirven para poder navegar en las principales propiedades del objeto, pantalla, imagen... que se haya seleccionado haciendo clic sobre la misma. Al igual que la herramienta de la izquierda esa posee de cuatro posibles opciones de navegación. Pero en este caso la que principalmente usaremos en la de “Propiedades” y por lo tanto es la que se va a explicar.

En la pestaña de “Propiedades” cuando se selecciona un objeto aparecen de forma esquemática las principales propiedades. Por motivo de simplicidad a la hora de explicar cómo se trabaja se va a coger como ejemplo un objeto de tipo “Interrupción/Piloto”. Cuando este es seleccionado en la ventana se muestra información básica del objeto como su ID, sus dimensiones y las coordenadas en las que se sitúa. También aparecen las funciones de las que está dotado el tipo de objeto, si las tiene habilitadas o deshabilitadas y los detalles de las mismas. En la *Figura A.6* se puede ver un ejemplo de lo explicado.

El manejo de esto es de vital importancia debido a que a la hora de repasar las funciones de los objetos se suele recurrir con frecuencia a esta herramienta.

Para finalizar la explicación de la ventana principal del programa se explicarán las herramientas que nos encontramos en la parte inferior. Estas herramientas principalmente se encargan de proporcionar información del nombre y la posición del objeto que tenemos seleccionado, visualización de los comandos de acceso rápido por teclado, las coordenadas de la posición del puntero del ratón y un navegador de la historia de construcción de la pantalla. Esta última herramienta es bastante importante para poder seleccionar los objetos que se han ido poniendo sobre la pantalla. Se puede visualizar en la *Figura A.7* la distribución de las principales herramientas mencionadas.

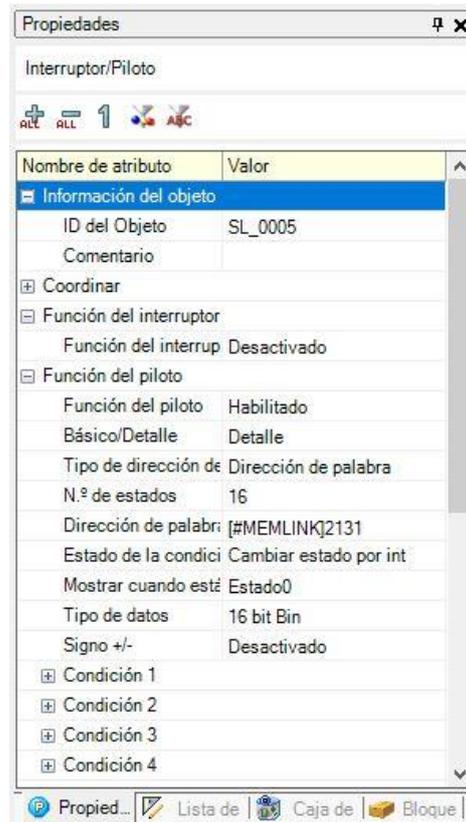


Figura A.6. Herramientas de la parte derecha de la ventana principal del software “GP-Pro Ex v4.04”. La imagen corresponde con la “Ventana del Propiedades”.

La herramienta de del navegador de la historia de construcción de la pantalla sirve para ir poniendo o quitando objetos de la pantalla base sobre la que se está. Para ello se le debe de hacer clic en los botones “más” y “menos”. Con el menos se va hacia atrás, es decir quitando objetos por orden cronológico, de modo que el primero en quitarse es el último que se ha puesto sobre la pantalla. Con el más se consigue el efecto contrario que con el menos, es decir añadiendo objetos por orden cronológico, siendo los primeros en añadirse los primeros en haberse puesto sobre la pantalla base.

Anteriormente se ha mencionado que es de vital importancia el uso de esta herramienta y esto se debe a un pequeño fallo de diseño del software *GP-Pro Ex v4.04*. Este fallo consiste en que en muchas ocasiones al estar sobre una de las pantallas base no permite seleccionar los objetos mediante el puntero del ratón haciendo clic sobre estos. Para solucionar esto y que se puedan seleccionar los objetos ha de darse una vez sobre el “menos” y otra sobre el “más”, pudiendo ahora si seleccionar los objetos de la pantalla.



Figura A.7. Herramienta de la parte inferior de la ventana principal del software “GP-Pro Ex v4.04”. Sobre la imagen se representan las principales opciones que brinda la herramienta.

También aparece en esta parte inferior un cuadro con los informes de error de compilación que se han producido en el proyecto cuando este se compila previamente antes de ser transferido a la GP.

A.7.2 Proceso de transferencia de un proyecto a la pantalla

Una vez se tiene el programa de la pantalla táctil desarrollado, se puede proceder a la transferencia del mismo a la pantalla táctil, para ello se han de seguir los siguientes pasos:

1. En primer lugar, se ha de conectar el PC con la pantalla táctil, para ello se empleará un cable USB (tipo A para el PC, tipo mini-B para la pantalla).
2. Posteriormente, desde la ventana principal del software de programación se le ha de dar al botón “Transferir el proyecto”.

3. Seguidamente saldrá una ventana como la que se muestra en la *Figura A.8*. En dicha pantalla se ha de seleccionar la opción que dice “Enviar el proyecto”
4. Una vez se esté enviando el proyecto aparece una barra que indica el porcentaje de envío del proyecto. Cuando llegue al 100 %, el programa te indicará que se ha enviado el programa a la pantalla correctamente.
5. Una vez se tenga el programa cargado en la pantalla táctil, se procede a cerrar la ventana de transferencia de proyecto y a desconectar el cable USB de comunicación entre el PC y la pantalla táctil.

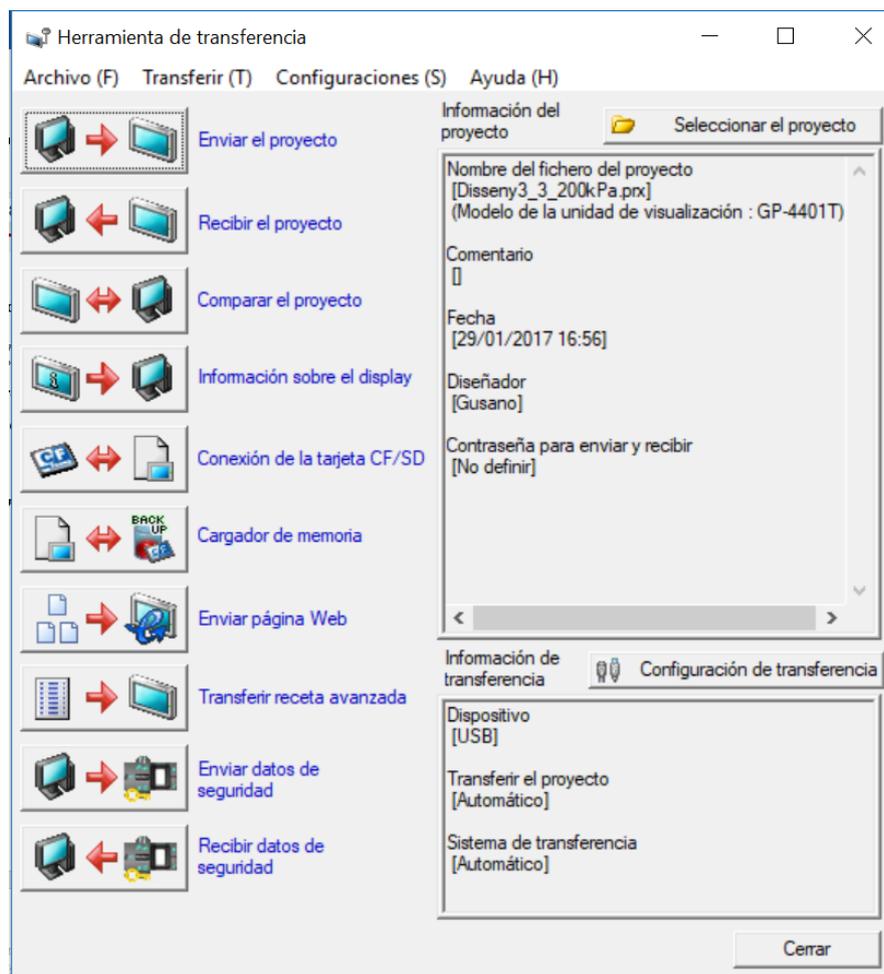


Figura A.8. Herramienta de transferencia de los proyectos. Esta es la ventana emergente principal que permitirá el envío de proyectos desde el PC a la pantalla táctil y viceversa.

A.8 Manual de usuario del prototipo Endoworm 3.0.

En este documento se explicarán los principales pasos a seguir para poner en funcionamiento el prototipo de control Endoworm 3.0.

Lo primero de todo es asegurarse de que está conectado el dispositivo a la red eléctrica. Para ello se comprobará que el cable que conecta el filtro IEC con la toma de corriente está conectado.

Lo segundo es asegurarse de que el interruptor de programación-ejecución está en la posición de ejecución (hacia abajo). Véase *Figura A.1*.

Para encender el dispositivo hay que dar al interruptor de encendido. Este se encuentra en la parte trasera del dispositivo (en el filtro IEC), Interruptor ON/OFF. En la *Figura A.1*, se indica la posición del mismo.

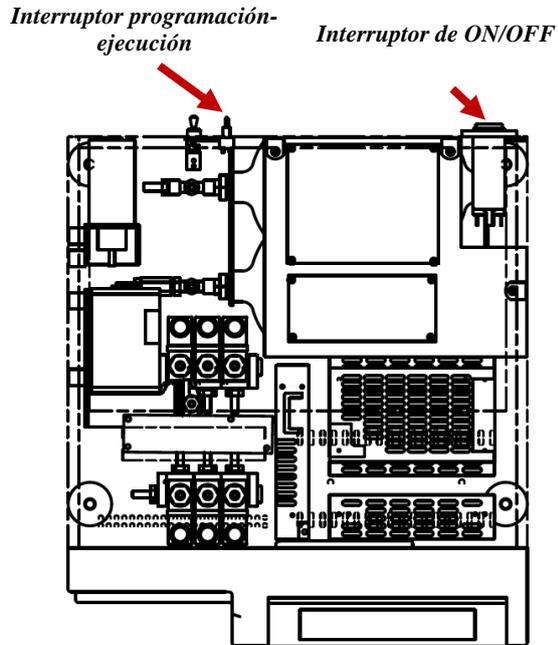


Figura A.1. Croquis de la posición de los interruptores.

Una vez posicionado de encendido del Interruptor ON/OFF, se realizará el arranque del dispositivo. Durante el arranque la pantalla está cargando la interfaz gráfica y no responde a las instrucciones del usuario durante unos 12 segundos (tiempo de arranque de la pantalla táctil).

NOTA: *En el caso de que arranque la pantalla y el dispositivo haga caso omiso de las instrucciones pautadas por pantalla. Se recomienda realizar un “reset” del programa del microcontrolador. Para ello se ha de pulsar el botón de “reset” de la placa de control. Cuando este se pulsa, NO DEBE DE ESTAR CONECTADO EL SISTEMA DE TRANSLACIÓN, ya que el aire contenido en el calderín de llenado pasa a las cavidades hinchables del sistema de translación neumático. Esto se debe a que cuando la placa de control es reseteada se produce una apertura de todas las electroválvulas del dispositivo. (Véase *Figura A.2*)*

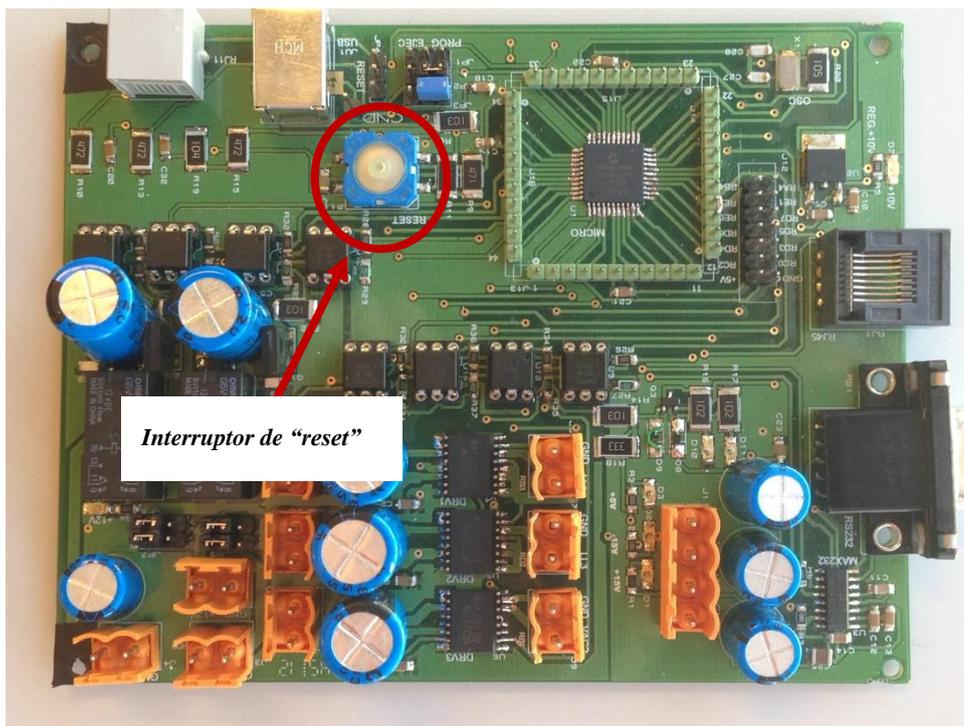


Figura A.2. Imagen de la placa de control sobre la que se indica la posición del botón de “reset” del programa del microcontrolador.

En el caso de que el dispositivo termine de arrancar la pantalla táctil y esta responda a las instrucciones introducidas en la misma, se puede conectar el sistema de translación.

Una vez este esté conectado, se puede proceder a la realización de los ensayos.

El control del sistema de translación se realiza a través de la pantalla principal, cuyo aspecto se muestra en la Figura A.3

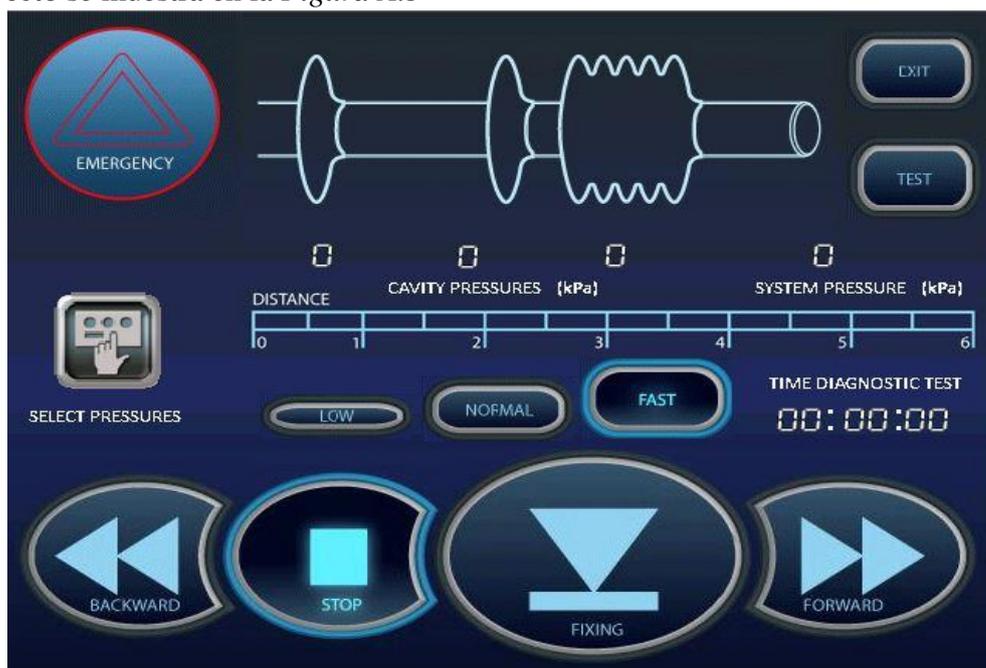


Figura A.3. Pantalla principal de la interfaz gráfica de la pantalla táctil para controlar el sistema de translación neumático.

A.9 Tabla de direcciones de memoria de la pantalla táctil

ID MEMLINK (Dec)	ID MEMLINK (Hex)	#define	Aparece	Función	W	R	Uso Normal (W o R)	ID MEMLINK Anterior (Dec)
2110	0x83E	LEE_ACC	Micro y Pantalla	Almacena la acción que debe de realizar el dispositivo	SI	SI	R	2116
2111	0x83F	LEE_VEL	Micro y Pantalla	Seleccionar velocidad	SI	SI	R	2124
2112	0x840	LEE_SYS	Micro y Pantalla	Presión del Sistema a la que se debe de ponerse el calderín de llenado	SI	SI	R	2107
2113	0x841	LEE_AXI	Micro y Pantalla	Presión CEA a la que se debe de hinchar	SI	SI	R	2109
2114	0x842	LEE_MOV	Micro y Pantalla	Presión CER móvil a la que se debe de hinchar	SI	SI	R	2108
2115	0x843	LEE_FIX	Micro y Pantalla	Presión CER fijo a la que se debe de hinchar	SI	SI	R	2108
2130	0x852	ANIMACION	Micro y Pantalla	Mostrar animación del estado motor neumático	SI	NO	W	2110
2131	0x853	INFO_P SIS	Micro y Pantalla	Presión del sistema (Display)	SI	NO	W	2120
2132	0x854	INFO_P1	Micro y Pantalla	Presión CER fijo (Display)	SI	NO	W	2121
2133	0x855	INFO_P2	Micro y Pantalla	Presión CEA (Display)	SI	NO	W	2122
2134	0x856	INFO_P3	Micro y Pantalla	Presión CER móvil (Display)	SI	NO	W	2123
2135	0x857	MENS_HORA	Micro y Pantalla	Mostrar horas desde que se ha iniciado la exploración	SI	NO	W	2111
2136	0x858	MENS_MINUTO	Micro y Pantalla	Mostrar los minutos desde que se ha iniciado la exploración	SI	NO	W	2112
2137	0x859	MENS_SEGUNDO	Micro y Pantalla	Mostrar los segundos desde que se ha iniciado la exploración	SI	NO	W	2113

2150	0x866	INFO_DX01	Micro y Pantalla	Muestra el diagnóstico de la presión del Calderín y del CER fijo	xx	xx	U	2114
2151	0x867	INFO_DX23	Micro y Pantalla	Muestra el diagnóstico de la presión del CER móvil y el CEA	xx	xx	U	2115
2152	0x868	INFO_VEL	Micro y Pantalla	Velocidad Media (final)	SI	NO	U	2188
2153	0x869	INFO_REC	Micro y Pantalla	Recorrido Total (final)	SI	NO	U	2196
2154	0x86A	----	Pantalla	Horas (final)	SI	NO	U	2198
2155	0x86B	----	Pantalla	Minutos (final)	SI	NO	U	2199
2156	0x86C	----	Pantalla	Segundos (final)	SI	NO	U	2200
2157	0x86D	----	Pantalla	Presión media total (final)	SI	NO	U	2188
2158	0x86E	----	Pantalla	No tengo clara su función	xx	xx	U	2117
2159	0x86F	----	Pantalla	No tengo clara su función	xx	xx	U	2118

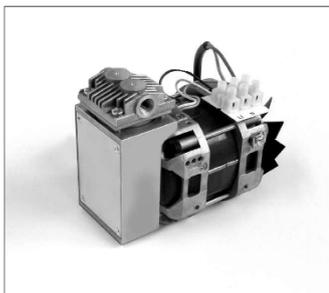
A.10 Hojas de características componentes más relevantes

A.10.1 Bomba de pistón KNF-NPK09DC (Bomba de llenado)



SWING PISTON VACUUM PUMPS AND COMPRESSORS FOR AIR

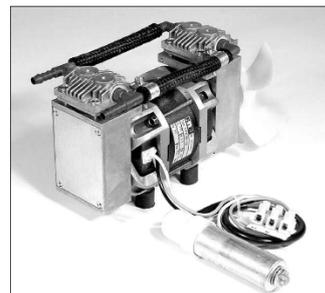
DATA SHEET E 308



NPK 09 AC



NPK 09 DC



NPK 09.1.2 AC

Concept

The Swing Piston Pumps from KNF are based on a simple principal: As it rises and falls the piston tilts first to one side, then the other. The compression forces act along the axis of the connecting rod, so that there is no component of force acting against the cylinder wall to cause wear. Thanks to the sealing lip on the piston seal the swing piston pump runs dry, and 100% oil-free. They will evacuate, transfer and compress air without contamination.

For customers with unusual requirements the KNF Project Team produces specially tailored solutions. Use our experience to your advantage and talk to our applications engineers.

Features

No contamination of the air due to oil-free operation

Maintenance-free

High level of flow-rate

Excellent ultimate vacuum

Very quiet and little vibration

Ready for installation

Can operate in any installed position

Areas of use

The Swing Piston Pumps offer a high level of performance despite their small size, as well as an excellent price performance ratio. They are used especially in the fields of medicine, environmental and production technology.

These pumps are used for transferring, compressing and evacuation air, taking samples, evacuating vessels and compressing air in process systems and vessels.

PERFORMANCE DATA

Type	Delivery (l/min)	Vacuum (mbar absolute)	atm. Press.	Pressure (bar g)	Weight (kg)
NPK 09 AC	12	100		7	1.8
NPK 09 DC	15	100		7	1.6
NPK 09 .1.2 AC	24	100		7	2.4

NPK 09 AC

PERFORMANCE DATA

Type and Order No. ²⁾	Delivery at atm. pressure (l/min) ¹⁾	Max. operating pressure (bar g) ³⁾	Ultimate vacuum (mbar abs.)
NPK 09 AC	12	7	100

¹⁾ Litre at STP ³⁾ continuous running

MOTOR DATA⁴⁾

Protection class	IP 00		
Voltage/Frequencies (V/Hz)	230/50		
Power P ₁ (W)	100		
Operating current (A)	0.6		

²⁾ See also „MODEL CODES FOR EASY ORDERING“

⁴⁾ Motors with other voltages, frequencies and protection classes on request.

NPK 09 DC

PERFORMANCE DATA

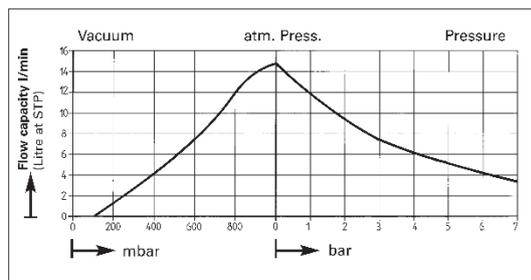
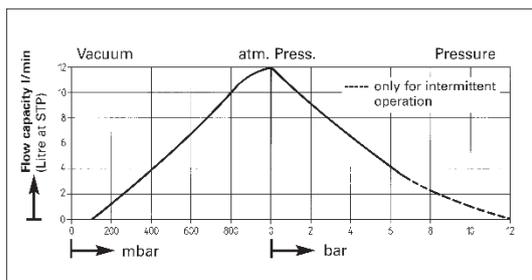
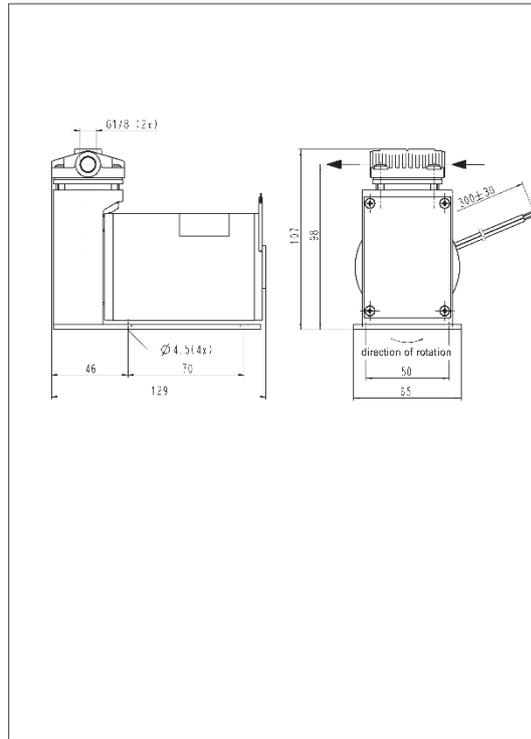
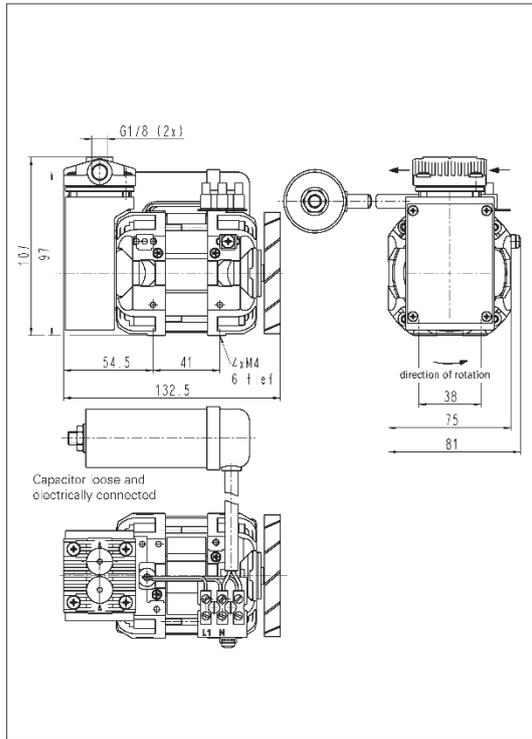
Type and Order No. ²⁾	Delivery at atm. pressure (l/min) ¹⁾	Max. operating pressure (bar g)	Ultimate vacuum (mbar abs.)
NPK 09 DC	15	7	100

¹⁾ Litre at STP

MOTOR DATA⁴⁾

DC Motor	12 V	24 V	
Operating current (A)	5.2	2.6	

Dimensions mm (All dimensional tolerances conform to DIN ISO 2768-1, Tolerance Class V)

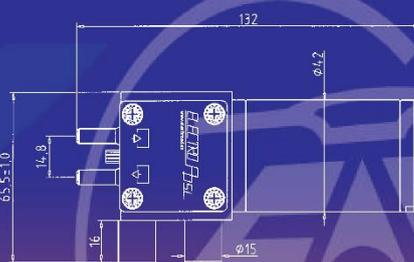
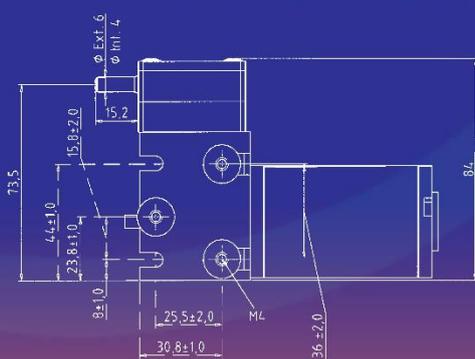


A.10.2 Bomba de diafragma (Bomba de vaciado)



TECHNICAL DATA SHEET • MODEL **MR**

Diaphragm vacuum pumps
Microbombas de membrana para vacío y presión

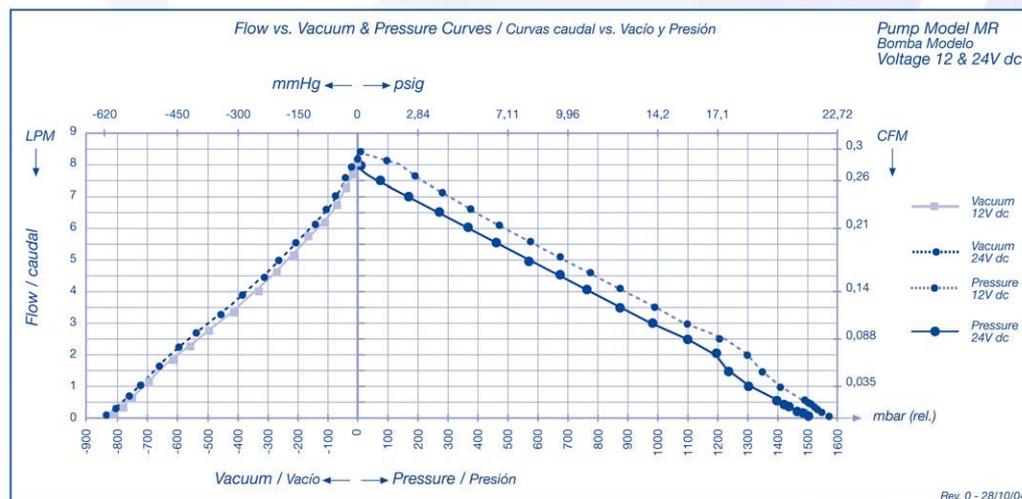


EAD high performance vacuum • EAD un vacío lleno de prestaciones

ELECTRO A.D., S.L., como fabricante que es de las microbombas, se reserva el derecho de modificar, variar o cambiar cualquier pieza o conjunto de piezas de nuestros fabricados sin previo aviso ni autorización. Siempre para la mejora continua de nuestros productos.

MODEL: MR / Modelo MR		S.I.	Euro	U.S.A.
Attainable Vacuum / Vacío Máximo		-81,3 kPa (-610 mmHg)	-813 mbar	-24 in.Hg
Free Air Flow / Caudal Máximo		7 LMP 12Vdc / 7,5 LPM 24Vdc		0,24/0,26 cfm
Maximum Pressure / Presión Máxima		150 kPa (1,5 Kgf/cm ²)	1,55 bar	22 PSIG
Working Pressure Range / Rango Presión de Trabajo		from -81,3 to 150 kPa		from -11,5 to 21,3 PSIG
Special Connection Rod provides a pressure beyond 2 bar (on request) / Disponible biela especial para obtener más de 2 bar				
Start Up Vacuum / Arranque con Vacío		-610 mmHg (on request / consultar)		
Electrical Data Información Eléctrica	Motor Type Tipo de Motor	Direct Current / Corriente continua		
	Rated Voltage Voltajes disponibles	12 V dc	24 V dc	
	Start (Amps) Consumo Arranque	1,2 A	0,7 A	
	Run (Amps) Consumo Trabajo	0,7 A	0,4 A	
	IP Protection Protección IP	IP 20		
	Insulation Class Aislamiento Clase	Class E		
Available motors with EMC filters (on request) / Disponibles motores con filtros EMC				
Motor Life Expectancy / Tiempo de vida del Motor		3000 hours		
The motor life expectancy always depends on the application. / El tiempo de vida del motor siempre depende de la aplicación.				
Inlet and Exhaust Port / Entrada y Salida		One Inlet Port and one Exhaust Port Ø 6mm, this measure allows to use Push-In Fittings / Una boquilla de entrada y una de salida de Ø ext. 6 mm, esta medida permite usar conexiones rápidas		
Dimensions L x W x H (mm) Dimensiones Long. x Anch. x Alt. (mm)		132 x 65,5 x 84		
Mounting Dimensions L x H (mm) Dimensiones Montaje Long. x Alt. (mm)		25,5 x 36		
Leadwire Length / Longitud cable conexión		300 mm	11,8 in	
Gross Weight / Peso		0,58 Kg	1,27 Lbs	

Available two standard Head configurations: P & N Disponibles dos configuraciones estándar para los cabezales: P & N	Materials of P configuration	Materials of N configuration
Head Pump / Cabezal de la bomba	PPS	Poliamide
Diaphragm / Membrana	FPM	FPM
Valves / Válvulas	FPM	FPM
O-Rings / Juntas Tóricas	SILICONE	SILICONE
Both Head Pump configurations have an integrated filter (400µm) / Ambas configuraciones llevan un filtro incorporado		
Other materials for specific applications on request / Consultar otros materiales para aplicaciones específicas		



A.10.3 Calderines de llenado y vaciado (1SBCV2)

Air-reservoirs

According to EC Directive 97/23



Version	Symbol	Type
In azure painted steel		SBCV

Litres	0,5	1	2,5	5	7	10	12	15	24	50	100
Code	05	1	2	5	7	10	12	15	24	50	100

N° of connection	2	4
Code	2	4



Keep to the use and maintenance manual supplied together with each reservoir.

Series of air-reservoirs for compressed air built according to EC directive 97/23 about plants under pressure.

* How to order: 24SBCV4

24	SBCV	4
Litres code	Type	Code of the number of connections

* For standard models, codes and dimensions see tables from page 4.70.2.

II 2GDc IIC TX

On request, they can be supplied according to 94/9/EC - ATEX

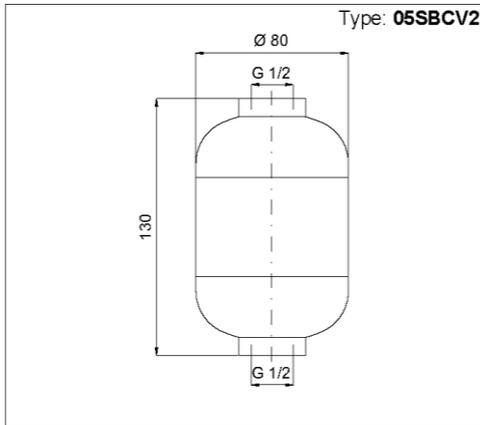
For accessories see page 4.70.11.
For safety valves see page 2.390.1.
For pressure-gauges see page 3.50.1.

Technical data	
	SBCV
Fluid	Compressed air
Pressure	11 bar
Hydrostatic test pressure	16,5 bar
Temperature range	-10 °C + +60 °C
Threads	Parallel UNI - ISO 228/1 (BSP)
Materials	Bottom: Steel Fe PO4 Shell: Steel Fe PO4 Socket joint: Fe 45.1
External treatments	Epoxide power painting RAL 5015-110
Weldings	Between the bottom and the shell: Wire welding Between the bottom and the socket joint: Submerged arc welding Between the shell and the socket joint: Submerged arc welding

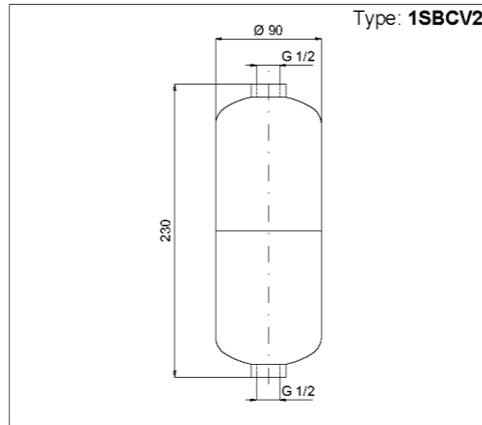
Air-reservoirs

According to EC Directive 97/23

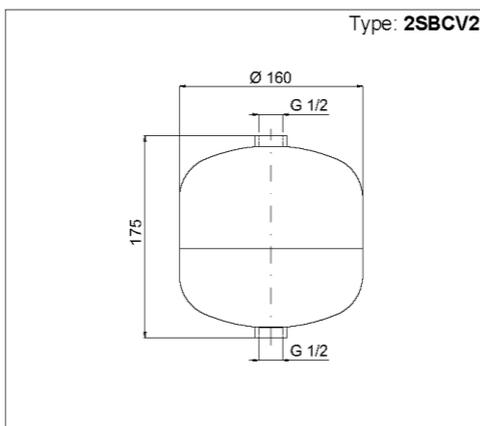
2 connections



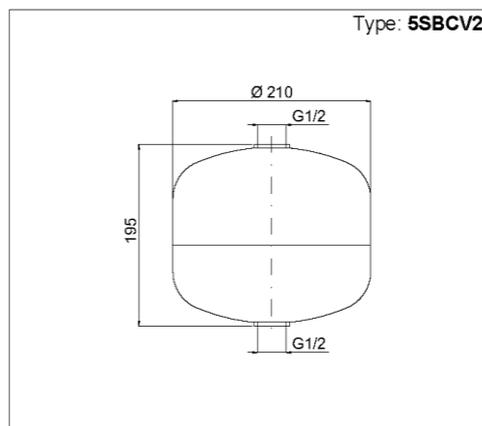
Code	Item	Number of connections
050000	05SBCV2	2



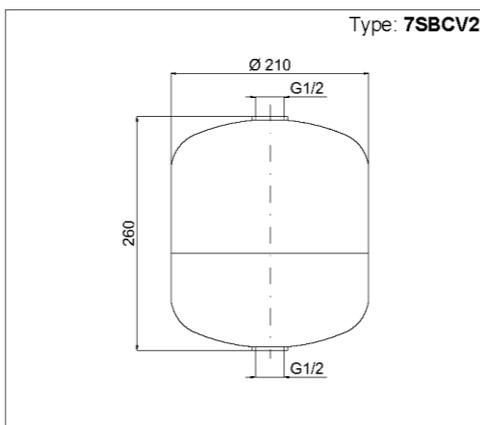
Code	Item	Number of connections
050001	1SBCV2	2



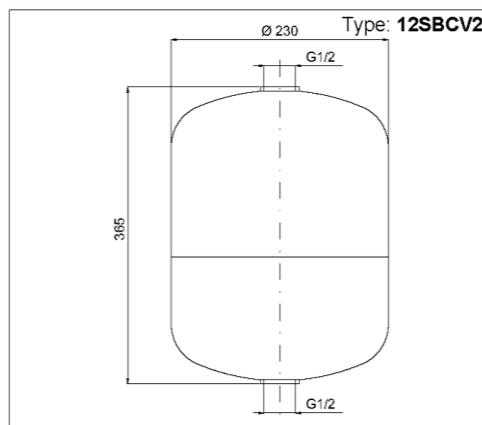
Code	Item	Number of connections
050002	2SBCV2	2



Code	Item	Number of connections
050005	5SBCV2	2



Code	Item	Number of connections
050007	7SBCV2	2



Code	Item	Number of connections
050012	12SBCV2	2

A.10.4 Soporte de los calderines

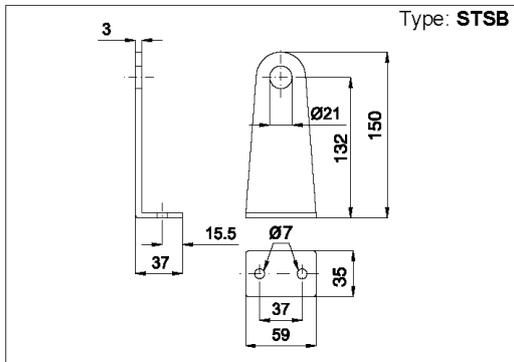
Air-reservoirs Accessories



Version	Symbol	Type
Mounting bracket		STSB
Bracket/tank connection fitting		PRSB
Semi-automatic condense drain valve		VCSB

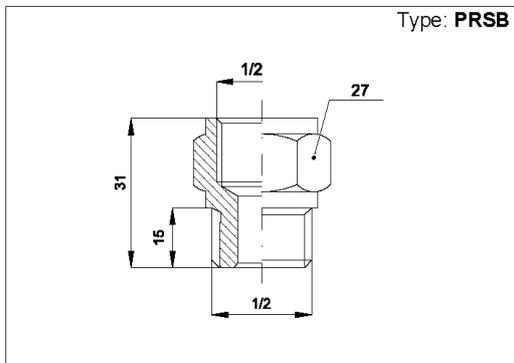


Series of accessories for the mounting (bracket and fitting) and the use (condense drain valve) of the reservoirs.



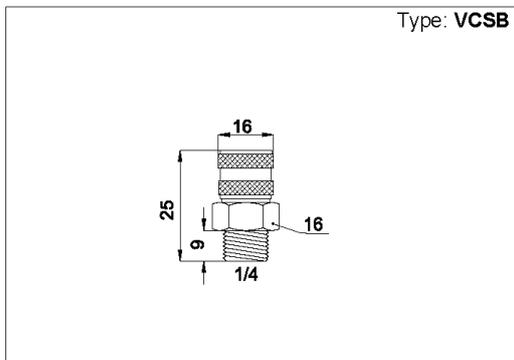
Code	Item
050601	STSB

Material: Zinc plated steel



Code	Item
050603	PRSB

Material: Nickel plated brass



Code	Item
050602	VCSB

Material: Acetal resin

A.10.5 Electroválvulas (Serie NxS 3/2 NC a 12 V)

Electroválvula mando directo 2/2 y 3/2 modular

Serie N (mini)-pistón



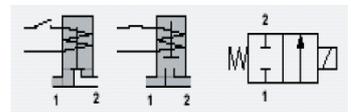
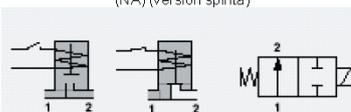
Características

- x Construcción: Pistón
- x Aplicaciones industriales
- x Cuerpo en Aluminio, latón, AISI303.
- x Fluidos neutros, líquidos o gaseosos
- x Presión de 0 hasta 13bar
- x Tª ambiente : hasta +35°C
- x Tª fluido: -10 a + 80°C
- x Conexiones montaje modular
- x Orificio de 1,2 hasta 2,4mm.
- x Viscosidad : 22csT
- x Tolerancias : +10% / -10%
- x Montaje : En cualquier posición
- x Opciones : mando manual, libre de grasas, ejecuciones especiales, etc..



Prestaciones

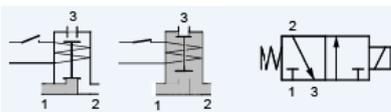
Electroválvula mando directo serie N

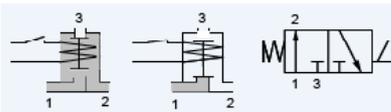
función	símbolo	orif. mm.	Kv*	presiones (bar)			potencia			código
				min.	máx. DC	máx. AC	Watt. DC	VA. AC		
								inr.	hol.	
2/2 normalmente cerrada (NC) 		1,2	0,5	0	10	10	5	9	7,5	N2S112
		1,6	1,1	0	7	7	5	9	7,5	N2S116
		2,0	1,5	0	5	5	5	9	7,5	N2S120
		2,4	2,0	0	4	4	5	9	7,5	N2S124
2/2 normalmente abierta (NA) (versión spinta) 		1,2	0,5	0	13	13	5	9	7,5	N6S212
		1,6	1,1	0	10	10	5	9	7,5	N6S216
		2,0	1,5	0	7	7	5	9	7,5	N6S220
		2,4	2,0	0	5	5	5	9	7,5	N6S224

Electroválvula mando directo 2/2 y 3/2 modular **Serie N (mini)-pistón**



Prestaciones (cont.) *Electroválvula mando directo serie N*

función	símbolo	orif. mm.	Kv*	presiones (bar)			potencia			código
				min.	máx.	máx.	Watt. DC	VA. AC		
					DC	AC		inr.	hol.	
3/2 normalmente cerrada (NC) 	1,2	0,5	0	10	10	5	9	7,5	N3S112	
	1,6	1,1	0	7	7	5	9	7,5	N3S116	
	2,0	1,5	0	5	5	5	9	7,5	N3S120	
	2,4	2,0	0	4	4	5	9	7,5	N3S124	

función	símbolo	orif. mm.	Kv*	presiones (bar)			potencia			código
				min.	máx.	máx.	Watt. DC	VA. AC		
					DC	AC		inr.	hol.	
3/2 normalmente abierta (NA) (versión spinta) 	1,2	0,5	0	13	13	5	9	7,5	N7S212	
	1,6	1,1	0	10	10	5	9	7,5	N7S216	
	2,0	1,5	0	7	7	5	9	7,5	N7S220	
	2,4	2,0	0	5	5	5	9	7,5	N7S224	

Codificación *Electroválvula mando directo serie N*

N	2	S	1	12	B	B	0	431
Serie	Vías	Conexión	Función	Orificio	Material cuerpo	Material juntas	Mando manual	Voltaje
	2 = 2/2 3 = 3/2 6 = 2/2 spinta 7 = 3/2 spinta	S = Modular	1 = NC 2 = NA	12 = 1,2mm 16 = 1,6mm 20 = 2,0mm 24 = 2,4mm	A = aluminio B = latón (tubo inox) C = latón (tubo latón) S = AISI303	B = NBR V = FPM E = EPDM T = PTFE*	0 = sin mando	Vertablas bobinas

* = bajo demanda

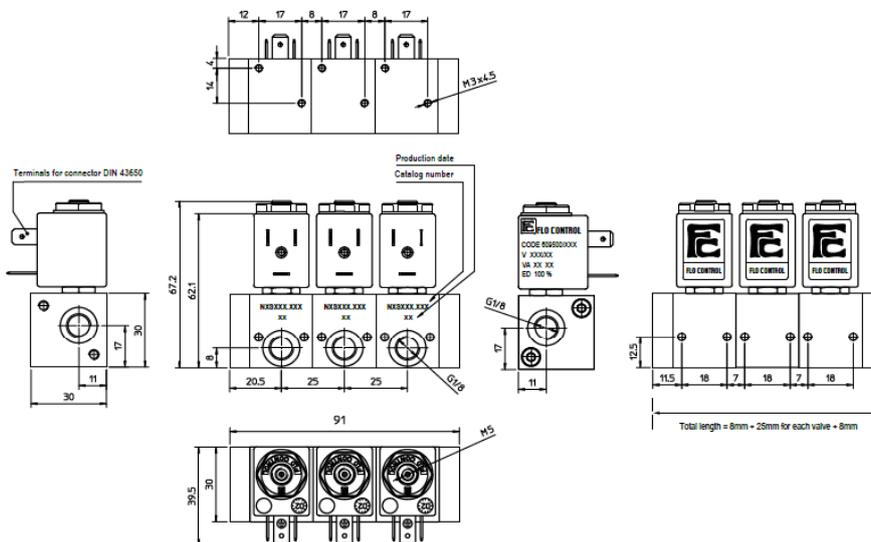
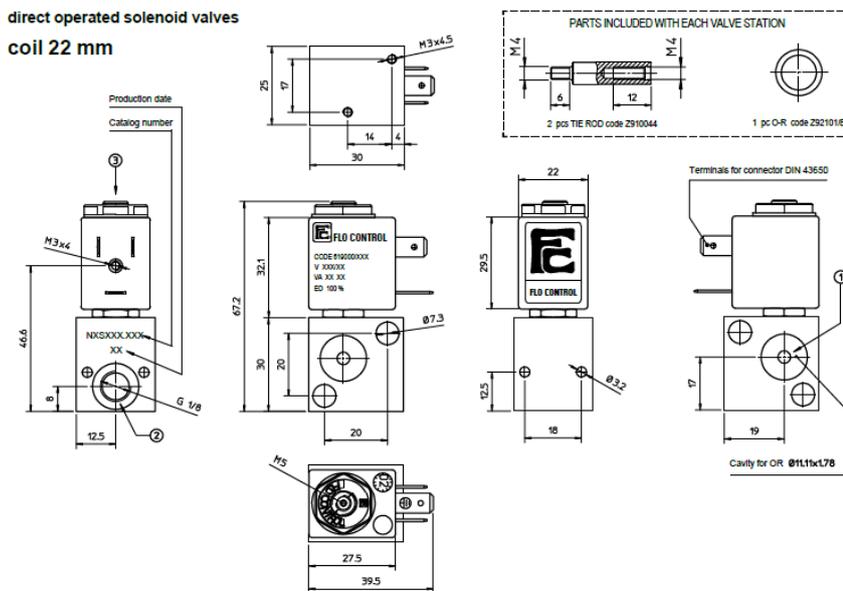
Opciones *Electroválvula mando directo serie N*

- ✓ Libre de grasas y aceites.
- ✓ Bobina con cable.
- ✓ Ejecuciones especiales según exigencias de la aplicación.
- ✓ Voltajes especiales.

Electroválvula mando directo 2/2 y 3/2 modular Serie N (mini)-pistón



Dimensiones Electroválvula mando directo serie N



Electroválvula mando directo 2/2 y 3/2 modular

Serie N (mini)-pistón



Bobinas y accesorios *Electroválvula mando directo serie N*

CODIGOS BOBINAS				
 FLO CONTROL CODE 619000/XXX V XXX/XX VA XX XX ED 100 %	Voltajes *	Código		
		~ 50Hz	~ 60Hz	= DC
	6	-	-	461
	12	-	-	466
	24	411	444	471
	48	416	-	476
	110	421	-	481
	115	-	453	-
	220	431	-	491
	230	457	459	-

* = otros voltajes bajo demanda.

Kit de montaje, compuesto por dos terminales + 2 bulones + 1 junta tórica + 2 tornillos.				
Código	Material			
	Terminales	Tórica	Bulones	Tornillos
Z11250.B	Aluminio	NBR	Aluminio	Hierro
Z11250.E	Aluminio	EPDM	Aluminio	Hierro
Z11250.V	Aluminio	FKM	Aluminio	Hierro
Z11251.B	AISI303	NBR	AISI303	AISI303
Z11251.E	AISI303	EPDM	AISI303	AISI303
Z11251.V	AISI303	FKM	AISI303	AISI303
Z11252.B	Latón	NBR	Aluminio	Hierro
Z11252.E	Latón	EPDM	Aluminio	Hierro
Z11252.V	Latón	FKM	Aluminio	Hierro

Nota importante: Lasber, S.A. declina cualquier responsabilidad por imprecisiones en la información detallada en este catálogo.

A.10.6 Conectores eléctricos de las electroválvulas (Serie KB negro)

Conectores eléctricos

Serie K



Características



Todos los conectores cumplen la normativa RhOS

- × Conexiones : 2 ò 3 P + T
- × Cuerpo en Poliamida
- × Cable : PG7, PG9, PG11 ò 1/2NPT
- × Voltaje : Hasta 250 vac ò 300vdc
- × Protección : IP65, NEMA IV
- × Capacidad : 16A/40°C (10A KC y KD)
- × Capacidad nominal : 10A (6A KC y KD)
- × Material Juntas : NBR
- × Fijación : Tornillo central
- × Tipo de terminales : lengüeta
- × Tratamiento contactos : Baño de plata
- × Material contactos : Cu Sn

KA	KB	KC	KD
Conector clase A	Conector clase B	Conector clase C	Conector clase D

Codificación

Conectores eléctricos

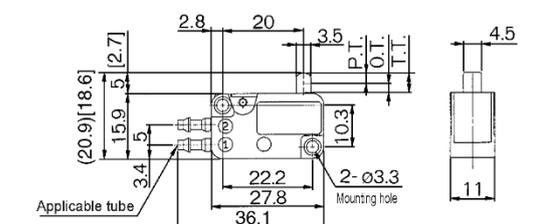
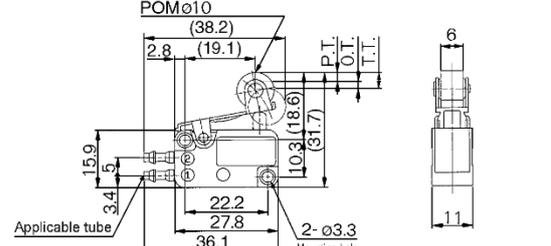
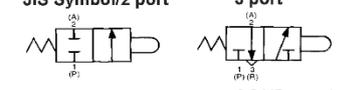
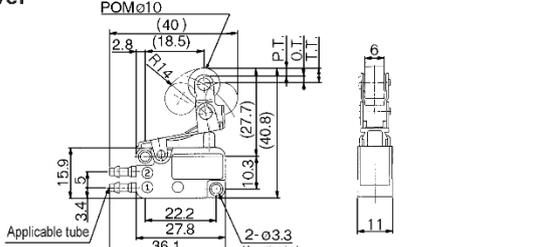
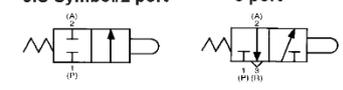
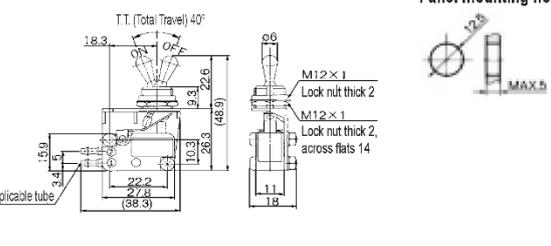
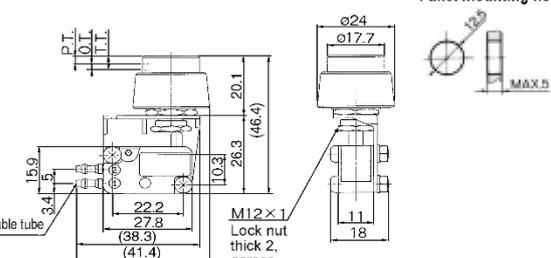
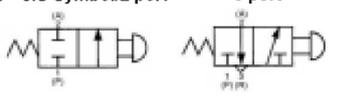
K	A	V5	7	T	9	
Serie	Clase	Circuito	Voltaje	Carcasa	PG	
		00 = sin circuito L0 = lámpara L3 = LED V5 = Varistor + LED	R0 = rectificador R5 = rectific + LED	0 = sin circuito 7 = 24V (LED rojo) 8 = 115V (LED rojo) 9 = 230V (LED rojo)	B = negro opaco A = gris claro T = transparente	7 = PG7 9 = PG9 1 = PG11 3 = 1/2NPT

Nota importante: Lasber, S.A. declina cualquier responsabilidad por imprecisiones en la información detallada en este catálogo.

A.10.7 Válvula de accionamiento manual (VM1000-4N-02)

Series VM1000

Series VM1000/Side Ported

<p>Basic VM1000-4N-00 VM1000-4NU-00 VM1100-4N-00 VM1100-4NU-00</p>  <p>[]: T.T. = 2.5 mm</p>	 <p>Dimensions: 2.8, 20, 3.5, P.T., O.T., 4.5, 11, 10.3, 2-Ø3.3 Mounting hole, 22.2, 27.8, 36.1, 15.9, 5, 3.4, (20.9)[18.6], 2.8, 19.1, 10.3, 36.1, 27.8, 22.2, 2-Ø3.3 Mounting hole, POMØ10, 38.2, 15.9, 5, 3.4, 6, 11.</p>	<p>JIS Symbol/2 port 3 port</p>  <p>* 0.5 MPa supply</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="2">Applicable tubing</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>T0425</th> <th>TU0425, T0403, TS0425</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Side ported</td> <td>3 port</td> <td>VM1000-4N-00</td> <td>VM1000-4NU-00</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2 port</td> <td>VM1100-4N-00</td> <td>VM1100-4NU-00</td> </tr> <tr> <td colspan="2">F.O.F. *</td> <td colspan="2">6 N</td> </tr> <tr> <td colspan="2">P.T.</td> <td colspan="2">2.5 mm [2.0 mm]</td> </tr> <tr> <td colspan="2">O.T.</td> <td colspan="2">2.3 mm [0.5 mm]</td> </tr> <tr> <td colspan="2">T.T.</td> <td colspan="2">4.8 mm [2.5 mm]</td> </tr> </tbody> </table>			Applicable tubing				T0425	TU0425, T0403, TS0425	Side ported	3 port	VM1000-4N-00	VM1000-4NU-00		2 port	VM1100-4N-00	VM1100-4NU-00	F.O.F. *		6 N		P.T.		2.5 mm [2.0 mm]		O.T.		2.3 mm [0.5 mm]		T.T.		4.8 mm [2.5 mm]	
		Applicable tubing																																
		T0425	TU0425, T0403, TS0425																															
Side ported	3 port	VM1000-4N-00	VM1000-4NU-00																															
	2 port	VM1100-4N-00	VM1100-4NU-00																															
F.O.F. *		6 N																																
P.T.		2.5 mm [2.0 mm]																																
O.T.		2.3 mm [0.5 mm]																																
T.T.		4.8 mm [2.5 mm]																																
<p>Roller lever VM1000-4N-01 VM1000-4NU-01 VM1100-4N-01 VM1100-4NU-01</p> 	 <p>Dimensions: 2.8, 19.1, 10.3, 36.1, 27.8, 22.2, 2-Ø3.3 Mounting hole, POMØ10, 38.2, 15.9, 5, 3.4, 6, 11, 10.3, 36.1, 27.8, 22.2, 2-Ø3.3 Mounting hole, POMØ10, 38.2, 15.9, 5, 3.4, 6, 11.</p>	<p>JIS Symbol/2 port 3 port</p>  <p>* 0.5 MPa supply</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="2">Applicable tubing</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>T0425</th> <th>TU0425, T0403, TS0425</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Side ported</td> <td>3 port</td> <td>VM1000-4N-01</td> <td>VM1000-4NU-01</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2 port</td> <td>VM1100-4N-01</td> <td>VM1100-4NU-01</td> </tr> <tr> <td colspan="2">F.O.F. *</td> <td colspan="2">6 N</td> </tr> <tr> <td colspan="2">P.T.</td> <td colspan="2">2.5 mm</td> </tr> <tr> <td colspan="2">O.T.</td> <td colspan="2">2.0 mm</td> </tr> <tr> <td colspan="2">T.T.</td> <td colspan="2">4.5 mm</td> </tr> </tbody> </table>			Applicable tubing				T0425	TU0425, T0403, TS0425	Side ported	3 port	VM1000-4N-01	VM1000-4NU-01		2 port	VM1100-4N-01	VM1100-4NU-01	F.O.F. *		6 N		P.T.		2.5 mm		O.T.		2.0 mm		T.T.		4.5 mm	
		Applicable tubing																																
		T0425	TU0425, T0403, TS0425																															
Side ported	3 port	VM1000-4N-01	VM1000-4NU-01																															
	2 port	VM1100-4N-01	VM1100-4NU-01																															
F.O.F. *		6 N																																
P.T.		2.5 mm																																
O.T.		2.0 mm																																
T.T.		4.5 mm																																
<p>One way roller lever VM1000-4N-02 VM1000-4NU-02 VM1100-4N-02 VM1100-4NU-02</p> 	 <p>Dimensions: 2.8, 18.5, 10.3, 36.1, 27.8, 22.2, 2-Ø3.3 Mounting hole, POMØ10, 40, 15.9, 5, 3.4, 6, 11, 10.3, 36.1, 27.8, 22.2, 2-Ø3.3 Mounting hole, POMØ10, 40, 15.9, 5, 3.4, 6, 11.</p>	<p>JIS Symbol/2 port 3 port</p>  <p>* 0.5 MPa supply</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="2">Applicable tubing</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>T0425</th> <th>TU0425, T0403, TS0425</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Side ported</td> <td>3 port</td> <td>VM1000-4N-02</td> <td>VM1000-4NU-02</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2 port</td> <td>VM1100-4N-02</td> <td>VM1100-4NU-02</td> </tr> <tr> <td colspan="2">F.O.F. *</td> <td colspan="2">6 N</td> </tr> <tr> <td colspan="2">P.T.</td> <td colspan="2">2.5 mm</td> </tr> <tr> <td colspan="2">O.T.</td> <td colspan="2">2.0 mm</td> </tr> <tr> <td colspan="2">T.T.</td> <td colspan="2">4.5 mm</td> </tr> </tbody> </table>			Applicable tubing				T0425	TU0425, T0403, TS0425	Side ported	3 port	VM1000-4N-02	VM1000-4NU-02		2 port	VM1100-4N-02	VM1100-4NU-02	F.O.F. *		6 N		P.T.		2.5 mm		O.T.		2.0 mm		T.T.		4.5 mm	
		Applicable tubing																																
		T0425	TU0425, T0403, TS0425																															
Side ported	3 port	VM1000-4N-02	VM1000-4NU-02																															
	2 port	VM1100-4N-02	VM1100-4NU-02																															
F.O.F. *		6 N																																
P.T.		2.5 mm																																
O.T.		2.0 mm																																
T.T.		4.5 mm																																
<p>Toggle lever VM1000-4N-08 VM1000-4NU-08 VM1100-4N-08 VM1100-4NU-08</p> 	 <p>Dimensions: 18.3, 22.6, 9.3, 26.3, 10.3, 36.1, 27.8, 22.2, 2-Ø3.3 Mounting hole, T.T. (Total Travel) 40°, Ø6, M12×1 Lock nut thick 2, M12×1 Lock nut thick 2, across flats 14, 15.9, 5, 3.4, 18, 11, 10.3, 36.1, 27.8, 22.2, 2-Ø3.3 Mounting hole, T.T. (Total Travel) 40°, Ø6, M12×1 Lock nut thick 2, M12×1 Lock nut thick 2, across flats 14, 15.9, 5, 3.4, 18, 11.</p>	<p>Panel mounting hole JIS Symbol/2 port 3 port</p>  <p>* 0.5 MPa supply</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="2">Applicable tubing</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>T0425</th> <th>TU0425, T0403, TS0425</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Side ported</td> <td>3 port</td> <td>VM1000-4N-08</td> <td>VM1000-4NU-08</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2 port</td> <td>VM1100-4N-08</td> <td>VM1100-4NU-08</td> </tr> <tr> <td colspan="2">F.O.F. *</td> <td colspan="2">4 N</td> </tr> <tr> <td colspan="2">P.T.</td> <td colspan="2">40°</td> </tr> </tbody> </table>			Applicable tubing				T0425	TU0425, T0403, TS0425	Side ported	3 port	VM1000-4N-08	VM1000-4NU-08		2 port	VM1100-4N-08	VM1100-4NU-08	F.O.F. *		4 N		P.T.		40°									
		Applicable tubing																																
		T0425	TU0425, T0403, TS0425																															
Side ported	3 port	VM1000-4N-08	VM1000-4NU-08																															
	2 port	VM1100-4N-08	VM1100-4NU-08																															
F.O.F. *		4 N																																
P.T.		40°																																
<p>Push button VM1000-4N-32 VM1000-4NU-32 VM1100-4N-32 VM1100-4NU-32</p> 	 <p>Dimensions: 20.1, 46.4, 11, 18, 10.3, 36.1, 27.8, 22.2, 2-Ø3.3 Mounting hole, P.T., 15.9, 5, 3.4, 11, 18, 10.3, 36.1, 27.8, 22.2, 2-Ø3.3 Mounting hole, P.T., 15.9, 5, 3.4, 11, 18.</p>	<p>Panel mounting hole JIS Symbol/2 port 3 port</p>  <p>* 0.5 MPa supply</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="2">Applicable tubing</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>T0425</th> <th>TU0425, T0403, TS0425</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Side ported</td> <td>3 port</td> <td>VM1000-4N-32</td> <td>VM1000-4NU-32</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2 port</td> <td>VM1100-4N-32</td> <td>VM1100-4NU-32</td> </tr> <tr> <td colspan="2">F.O.F. *</td> <td colspan="2">6 N</td> </tr> <tr> <td colspan="2">P.T.</td> <td colspan="2">2.5 mm</td> </tr> <tr> <td colspan="2">O.T.</td> <td colspan="2">2.0 mm</td> </tr> <tr> <td colspan="2">T.T.</td> <td colspan="2">4.5 mm</td> </tr> </tbody> </table>			Applicable tubing				T0425	TU0425, T0403, TS0425	Side ported	3 port	VM1000-4N-32	VM1000-4NU-32		2 port	VM1100-4N-32	VM1100-4NU-32	F.O.F. *		6 N		P.T.		2.5 mm		O.T.		2.0 mm		T.T.		4.5 mm	
		Applicable tubing																																
		T0425	TU0425, T0403, TS0425																															
Side ported	3 port	VM1000-4N-32	VM1000-4NU-32																															
	2 port	VM1100-4N-32	VM1100-4NU-32																															
F.O.F. *		6 N																																
P.T.		2.5 mm																																
O.T.		2.0 mm																																
T.T.		4.5 mm																																

A.10.8 Interruptor de programación-ejecución (IMDIT1B1M1QES-1)



ENGLISH

Datasheet

Stock No: 394-475

RS Pro Toggle Switch DPDT On-On, 5 A, Panel Mount



Product Details

Miniature Panel Mount Toggle Switches

- Epoxy sealed terminals prevent contamination during soldering
- Chrome Plated Brass actuator
- Diallyl Phthalate (DAP) case (UL94V-0)
- Silver contacts

Approvals

UL E187490

Toggle Switches

Momentary function (spring-loaded return):	The switch or contact breaker returns to its original position when the load is removed. E.g. bell push)
Stay-put function:	The switch or contact breaker remains (stop) in the new position after the load has been removed.



ENGLISH

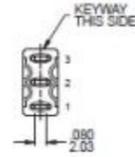
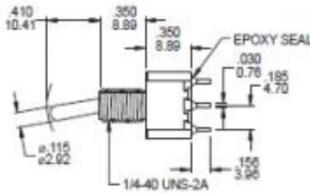
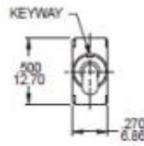
Switch Function

NO. POLES	UL/CSA MODEL NO.	MODEL NO.	SWITCH FUNCTION			CONNECTED TERMINALS / SCHEMATIC		
			POS.1	POS.2	POS.3	POS.1	POS.2	POS.3
SP	Q1111	1MS1	ON	NONE	ON	2-3 	N/A	2-1
	Q1112	1MS2	ON	NONE	MOM			
	Q1113	1MS3	ON	OFF	ON			
	Q1114	1MS4	MOM	OFF	MOM			
	Q1115	1MS5	ON	OFF	MOM			
DP	Q1121	1MD1	ON	NONE	ON	2-3,5-6 	N/A	2-1,5-4
	Q1122	1MD2	ON	NONE	MOM			
	Q1123	1MD3	ON	OFF	ON			
	Q1124	1MD4	MOM	OFF	MOM			
	Q1125	1MD5	ON	OFF	MOM			
	Q1126	1MD6	ON	ON	ON			
	Q1127	1MD7	MOM	ON	MOM			
	Q1128	1MD8	ON	ON	MOM			
3P	Q1131	1M31	ON	NONE	ON	2-3,5-6,8-9 	N/A	2-1,5-4,8-7
	Q1132	1M32	ON	NONE	MOM			
	Q1133	1M33	ON	OFF	ON			
	Q1134	1M34	MOM	OFF	MOM			
	Q1135	1M35	ON	OFF	MOM			
4P	Q1141	1M41	ON	NONE	ON	2-3,5-6,8-9,11-12 	N/A	2-1,5-4,8-7,11-10
	Q1142	1M42	ON	NONE	MOM			
	Q1143	1M43	ON	OFF	ON			
	Q1144	1M44	MOM	OFF	MOM			
	Q1145	1M45	ON	OFF	MOM			
	Q1146	1M46	ON	ON	ON			
	Q1147	1M47	MOM	ON	MOM			
	Q1148	1M48	ON	ON	MOM			



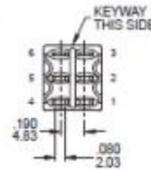
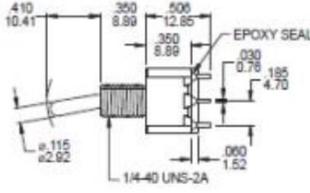
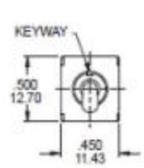
ENGLISH

Pole Options



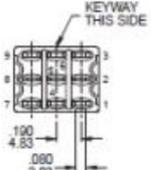
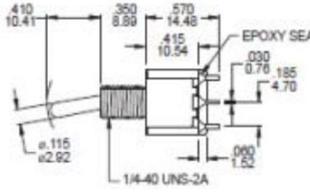
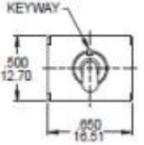
3PDT

Part No. Shown : 1MS1T1B1M1QE



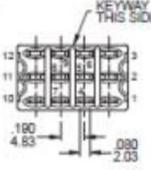
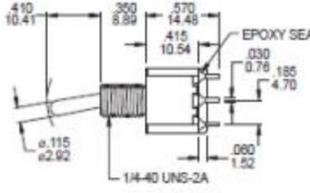
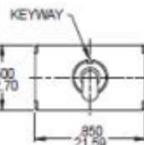
4PDT

Part No. Shown : 1MD1T1B1M1QE



5PDT

Part No. Shown : 1M31T1B1M1QE



6PDT

Part No. Shown : 1M41T1B1M1QE

A.10.9 Ventilador (SF23080A/2083HSL.GN)

SUNON.

80x80x38 mm

23~31 CFM



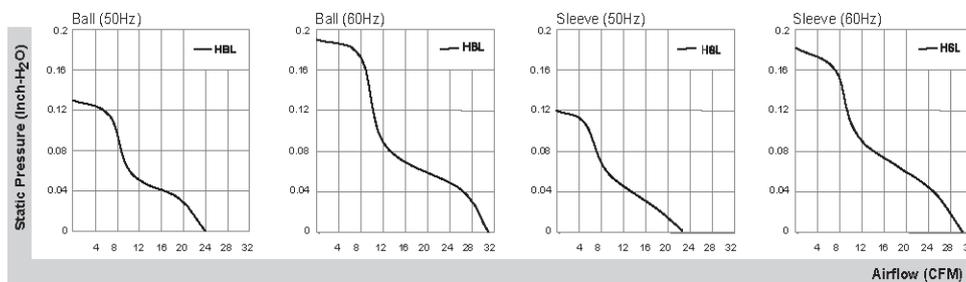
■ Specifications

Model	P/N	Bearing	Rating Voltage (VAC)	Freq. (Hz)	Power Current (AMP)	Power Consumption (WATTS)	Speed (RPM)	Air Flow (CFM)	Static Pressure (Inch-H ₂ O)	Noise (dB(A))	Weight (g)
SF11580A	1083HSL.GN	⊙	115	50/60	0.15/0.13	14/12	2300/2750	23/30	0.12/0.18	31/35	340
SF11580A	1083HBL.GN	⊙	115	50/60	0.15/0.13	14/12	2400/2850	24/31	0.13/0.19	32/36.5	340
SF23080A	2083HSL.GN	⊙	220-240	50/60	0.09/0.08	18/16	2300/2750	23/30	0.12/0.18	31/35	340
SF23080A	2083HBL.GN	○	220-240	50/60	0.09/0.08	18/16	2400/2850	24/31	0.13/0.19	32/36.5	340

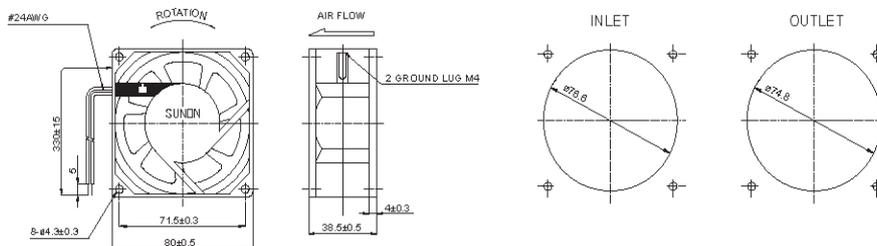
Frame : Aluminum alloy

Safety : UL-CUL/TUV NORD/CE/CCC/BSMI

■ Air Flow-Static Pressure Characteristics



■ External dimensions(mm)



*All model could be customized. Please contact with Sunon Sales.

*Specifications are subject to change without notice. Please Visit SUNON website at <http://www.sunon.com> for update information.

A.10.10 Patas ajustables (A040/004)

Product Specification

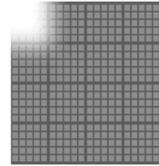
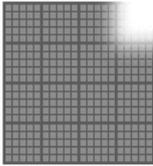
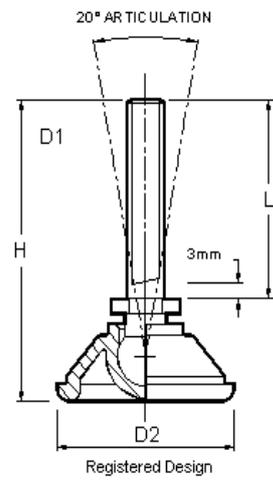
A040/ ... **Plastic Base / Mild Steel Plated Stud**
... **Levelling Foot Range**

Materials ... **Base** -Polyamide Reinforced Nylon
Stud - Mild Steel, Plated



Part No.	Thread Size D1 (mm)	Thread Length L (mm)	Base Diameter D2 (mm)	Overall Height H (mm)	Max Load (kg)
A040 / 001	M6	20	40	41	300
A040 / 009	M6	20	50	43	300
A040 / 002	M6	40	40	61	300
A040 / 010	M6	40	50	63	300
A040 / 003	M8	25	40	46	450
A040 / 011	M8	25	50	48	450
A040 / 004	M8	40	40	61	450
A040 / 012	M8	40	50	63	450
A040 / 005	M8	60	40	81	450
A040 / 013	M8	60	50	83	450
A040 / 006	M10	38	40	59	500
A040 / 014	M10	38	50	61	500
A040 / 017	M10	60	40	81	500
A040 / 015	M10	60	50	83	500
A040 / 008	M10	75	40	96	500
A040 / 016	M10	75	50	98	500
A040 / 021	M12	50	40	76	600
A040 / 017	M12	50	50	75	600
A040 / 022	M12	75	40	98	600
A040 / 018	M12	75	50	100	600
A040 / 023	M12	100	40	123	600
A040 / 019	M12	100	50	125	600
A040 / 024	M12	125	40	148	600
A040 / 020	M12	125	50	150	600

Dimensions are approximate

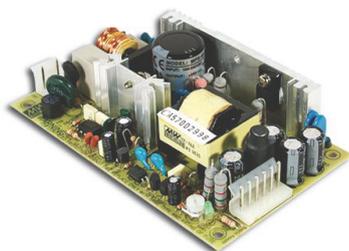


A.10.11 Fuente de alimentación MPT-45C



45W Triple Output Medical Type

MPT-45 series


■ Features :

- Universal AC input / Full range
- Low leakage current <250 μ A
- Protections: Short circuit / Overload / Over voltage
- Cooling by free air convection
- Medical safety approved (2 x MOPP between primary to secondary)
- 100% full load burn-in test
- Fixed switching frequency at 45KHz
- 3 years warranty


SPECIFICATION

MODEL		MPT-45A			MPT-45B			MPT-45C			
OUTPUT	OUTPUT NUMBER	CH1	CH2	CH3	CH1	CH2	CH3	CH1	CH2	CH3	
	DC VOLTAGE	5V	12V	-5V	5V	12V	-12V	5V	15V	-15V	
	RATED CURRENT	3A	2A	0.3A	3A	2A	0.3A	3A	1.6A	0.3A	
	CURRENT RANGE	0.4 ~ 5A	0.2 ~ 2.5A	0 ~ 0.5A	0.4 ~ 5A	0.2 ~ 2.5A	0 ~ 0.5A	0.4 ~ 5A	0.2 ~ 2.3A	0 ~ 0.5A	
	RATED POWER	40.5W			42.6W			43.5W			
	OUTPUT POWER (m ax.)	52W with 18CFM min. Forced air convection									
	RIPPLE & NOISE (m ax.) Note.2	60mVp-p	120mVp-p	60mVp-p	60mVp-p	120mVp-p	100mVp-p	60mVp-p	120mVp-p	100mVp-p	
	VOLTAGE ADJ. RANGE	CH1: 4.5 ~ 5.5V									
	VOLTAGE TOLERANCE Note.3	$\pm 4.0\%$	$\pm 7.0\%$	$\pm 5.0\%$	$\pm 4.0\%$	$\pm 7.0\%$	$\pm 5.0\%$	$\pm 4.0\%$	$\pm 7.0\%$	$\pm 5.0\%$	
	LINE REGULATION	$\pm 1.0\%$	$\pm 2.0\%$	$\pm 1.0\%$	$\pm 1.0\%$	$\pm 2.0\%$	$\pm 1.0\%$	$\pm 1.0\%$	$\pm 2.0\%$	$\pm 1.0\%$	
LOAD REGULATION	$\pm 3.0\%$	$\pm 4.0\%$	$\pm 1.0\%$	$\pm 3.0\%$	$\pm 4.0\%$	$\pm 1.0\%$	$\pm 3.0\%$	$\pm 4.0\%$	$\pm 1.0\%$		
SETUP, RISE TIME	800ms, 20ms/230VAC			800ms, 20ms/115VAC at full load							
HOLD UP TIME (Typ.)	80ms/230VAC		12ms/115VAC at full load								
INPUT	VOLTAGE RANGE	90 ~ 264VAC		127 ~ 370VDC							
	FREQUENCY RANGE	47 ~ 440Hz									
	EFFICIENCY(Typ.)	73%			75%			75%			
	AC CURRENT (Typ.)	1.2A/115VAC		0.7A/230VAC							
	INRUSH CURRENT (Typ.)	COLD START 20A/115VAC			40A/230VAC						
LEAKAGE CURRENT Note.7	Earth leakage current < 250 μ A/264VAC , Touch current < 60 μ A/264VAC										
PROTECTION	OVERLOAD	53 ~ 75W rated output power									
	OVER VOLTAGE	5.75 ~ 6.75VDC on CH1									
ENVIRONMENT	WORKING TEMP.	-10 ~ +60 $^{\circ}$ C (Refer to "Derating Curve")									
	WORKING HUMIDITY	20 ~ 90%RH non-condensing									
	STORAGE TEMP., HUMIDITY	-20 ~ +85 $^{\circ}$ C, 10 ~ 95%RH									
	TEMP. COEFFICIENT	$\pm 0.04\%/^{\circ}$ C (0 ~ 50 $^{\circ}$ C) on +5V output									
	VIBRATION	10 ~ 500Hz, 2G 10min./1cycle, period for 60min. each along X, Y, Z axes									
SAFETY & EMC (Note 4)	SAFETY STANDARDS	ANSI/AAMI ES60601-1, TUV EN60601-1, IEC60601-1 approved									
	WITHSTAND VOLTAGE	I/P-O/P:4KVAC		I/P-FG:2KVAC		O/P-FG:0.5KVAC 1min.					
	ISOLATION RESISTANCE	I/P-O/P, I/P-FG:100M Ohms / 500VDC / 25 $^{\circ}$ C / 70%RH									
	EMC EMISSION	Compliance to EN55011 (CISPR11) Class B, EN61000-3-2,-3									
OTHERS	EMC IMMUNITY	Compliance to EN61000-4-2,3,4,5,6,8,11, EN60601-1-2, medical level, criteria A									
	MTBF	271.5Khrs min. MIL-HDBK-217F (25 $^{\circ}$ C)									
	DIMENSION	127*76*28mm (L*W*H)									
NOTE	PACKING	0.21Kg, 72pcs/18Kg/1.35CUFT									
		1. All parameters NOT specially mentioned are measured at 230VAC input, rated load and 25 $^{\circ}$ C of ambient temperature. 2. Ripple & noise are measured at 20MHz of bandwidth by using a 12" twisted pair-wire terminated with a 0.1 μ f & 47 μ f parallel capacitor. 3. Tolerance : includes set up tolerance, line regulation and load regulation. 4. The power supply is considered a component which will be installed into a final equipment. The final equipment must be re-confirmed that it still meets EMC directives. For guidance on how to perform these EMC tests, please refer to "EMI testing of component power supplies." (as available on http://www.meanwell.com) 5. Mounting holes M1 and M2 should be grounded for EMI purposes. 6. Heat Sink HS1,HS2 can not be shorted. 7. Touch current was measured from primary input to DC output.									

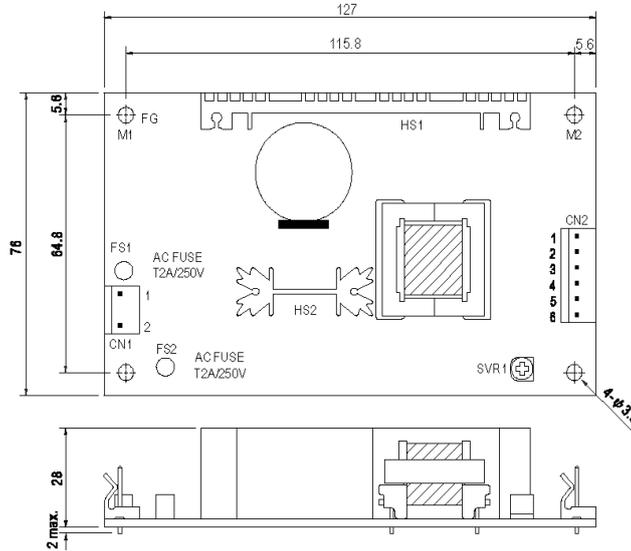


45W Triple Output Medical Type

MPT-45 series

Mechanical Specification

Unit:mm



AC Input Connector (CN1) : Molex 5277-02 or equivalent

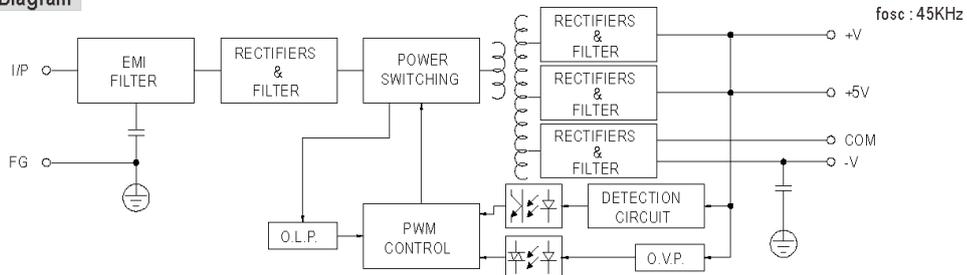
Pin No.	Assignment	Mating Housing	Terminal
1	AC/L	Molex 5195 or equivalent	Molex 5194 or equivalent
2	AC/N		

⚠ HS1,HS2 can not be shorted

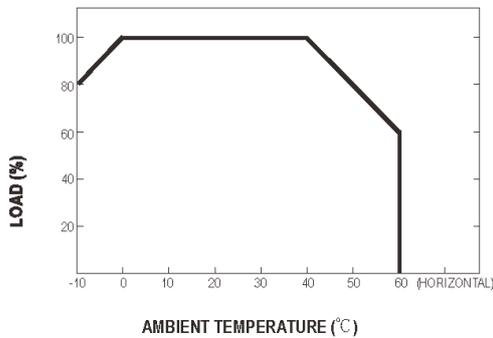
DC Output Connector (CN2) : Molex 5273-06 or equivalent

Pin No.	Assignment	Mating Housing	Terminal
1	+V	Molex 5195 or equivalent	Molex 5194 or equivalent
2,3	+5V		
4,5	COM		
6	-V		

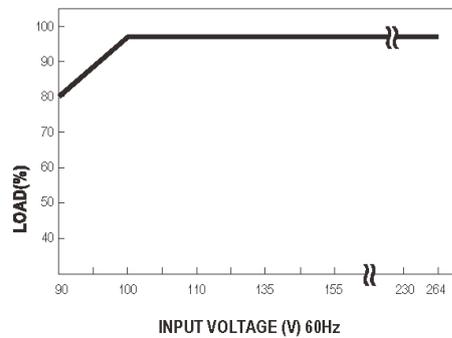
Block Diagram



Derating Curve



Static Characteristics



A.10.12 Fuente de alimentación MPS-30-24



30W Single Output for Medical Type

MPS-30 series


■ Features :

- Universal AC input / Full range
- Low leakage current $\leq 0.3\text{mA}$
- Protections: Short circuit / Overload / Over voltage / Over temperature
- Fixed switching frequency at 100KHz
- Low cost
- High reliability
- 3 years warranty


SPECIFICATION

MODEL	MPS-30-5	MPS-30-12	MPS-30-15	MPS-30-24	MPS-30-27	MPS-30-48	
OUTPUT	DC VOLTAGE	5V	12V	15V	24V	27V	48V
	RATED CURRENT	5A	2.5A	2A	1.2A	1.1A	0.6A
	CURRENT RANGE	0 ~ 5A	0 ~ 2.5A	0 ~ 2A	0 ~ 1.2A	0 ~ 1.1A	0 ~ 0.6A
	RATED POWER	25W	30W	30W	28.8W	29.7W	28.8W
	RIPPLE & NOISE (max.) Note.2	80mVp-p	120mVp-p	150mVp-p	240mVp-p	240mVp-p	240mVp-p
	VOLTAGE TOLERANCE Note.3	$\pm 3.0\%$	$\pm 3.0\%$	$\pm 3.0\%$	$\pm 3.0\%$	$\pm 3.0\%$	$\pm 2.0\%$
	LINE REGULATION	$\pm 1.0\%$	$\pm 1.0\%$	$\pm 0.5\%$	$\pm 0.5\%$	$\pm 0.5\%$	$\pm 0.5\%$
	LOAD REGULATION	$\pm 2.0\%$	$\pm 1.0\%$	$\pm 1.0\%$	$\pm 1.0\%$	$\pm 1.0\%$	$\pm 1.0\%$
	SETUP, RISE TIME	500ms, 30ms/230VAC 500ms, 30ms/115VAC at full load					
HOLD UP TIME (Typ.)	70ms/230VAC 12ms/115VAC at full load						
INPUT	VOLTAGE RANGE	88 ~ 264VAC auto switch		120 ~ 370VDC			
	FREQUENCY RANGE	47 ~ 63Hz					
	EFFICIENCY (Typ.)	72%	75%	76%	77%	78%	78%
	AC CURRENT (Typ.)	0.8A/115VAC 0.5A/230VAC					
	INRUSH CURRENT (Typ.)	COLD START 30A/230VAC					
LEAKAGE CURRENT	<0.3mA / 264VAC						
PROTECTION	OVERLOAD	Above 105% rated output power Protection type : Hiccup mode, recovers automatically after fault condition is removed					
	OVER VOLTAGE	5.5 ~ 6.75V	13.2 ~ 16.2V	16.5 ~ 20.25V	26.4 ~ 32.4V	29.7 ~ 36.45V	52.8 ~ 64.8V
	OVER TEMPERATURE	Tj 135°C typically (U1) detect on main control IC Protection type : Shut down o/p voltage, re-power on to recover					
ENVIRONMENT	WORKING TEMP.	-10 ~ +60°C (Refer to "Derating Curve")					
	WORKING HUMIDITY	20 ~ 90% RH non-condensing					
	STORAGE TEMP., HUMIDITY	-20 ~ +85°C, 10 ~ 95% RH					
	TEMP. COEFFICIENT	$\pm 0.03\%/^{\circ}\text{C}$ (0 ~ 50°C)					
SAFETY & EMC (Note 4)	VIBRATION	10 ~ 500Hz, 2G 10min./1cycle, period for 60min. each along X, Y, Z axes					
	SAFETY STANDARDS	UL2601-1, TUV EN60601-1, IEC60601-1 approved					
	WITHSTAND VOLTAGE	I/P-O/P:4KVAC I/P-FG:1.5KVAC O/P-FG:SHORT					
	ISOLATION RESISTANCE	I/P-O/P, I/P-FG:100M Ohms / 500VDC / 25°C / 70% RH					
	EMC EMISSION	Compliance to EN55011 (CISPR11) Class B, EN61000-3-2,-3					
EMC IMMUNITY	Compliance to EN61000-4-2,3,4,5,6,8,11, EN55024, EN60601-1-2, medical level, criteria A						
OTHERS	MTBF	547Khrs min. MIL-HDBK-217F (25°C)					
	DIMENSION	101.6*65.8*23.5mm (L*W*H)					
	PACKING	0.16Kg; 90pcs/15.8Kg/1.02CUFT					
NOTE	1. All parameters NOT specially mentioned are measured at 230VAC input, rated load and 25°C of ambient temperature. 2. Ripple & noise are measured at 20MHz of bandwidth by using a 12" twisted pair-wire terminated with a 0.1uf & 47uf parallel capacitor. 3. Tolerance : includes set up tolerance, line regulation and load regulation. 4. The power supply is considered a component which will be installed into a final equipment. The final equipment must be re-confirmed that it still meets EMC directives. For guidance on how to perform these EMC tests, please refer to "EMI testing of component power supplies." (as available on http://www.meanwell.com)						

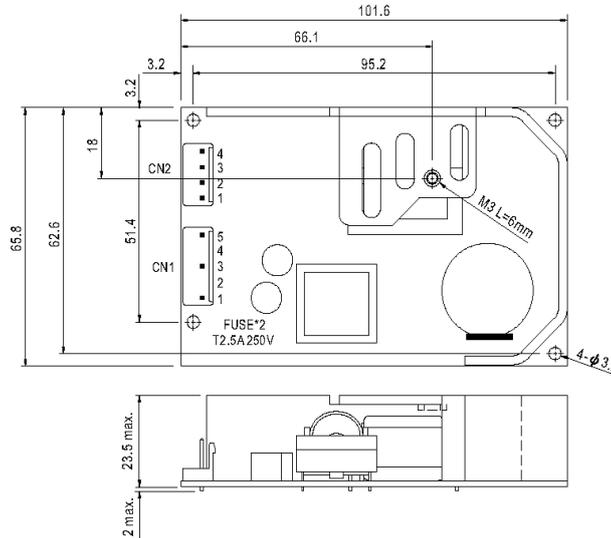


30W Single Output for Medical Type

MPS-30 series

Mechanical Specification

Unit:mm



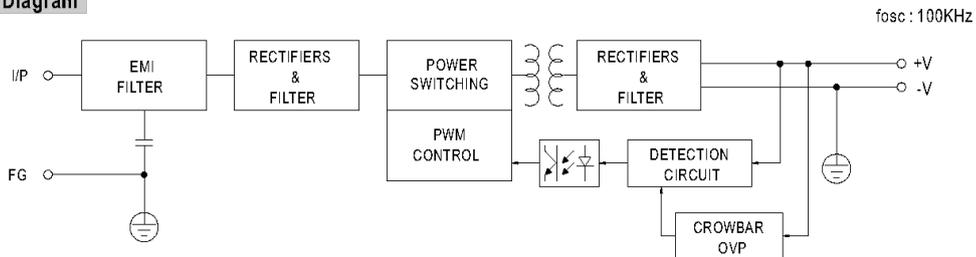
AC Input Connector (CN1) : Molex 41791-5 or equivalent

Pin No.	Assignment	Mating Housing	Terminal
1	FG \perp		
2,4	No Pin	Molex 2139 or equivalent	Molex 2478 or equivalent
3	AC/N		
5	AC/L		

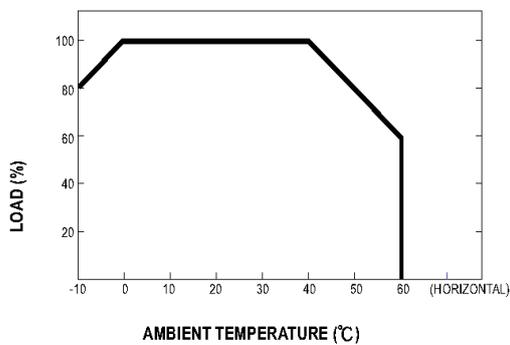
DC Output Connector (CN2) : Molex 41791-4 or equivalent

Pin No.	Assignment	Mating Housing	Terminal
1,2	-V	Molex 2139 or equivalent	Molex 2478 or equivalent
3,4	+V		

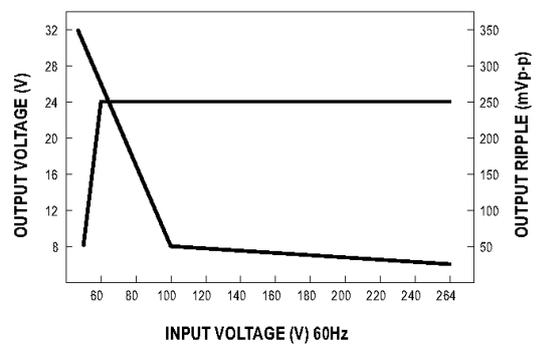
Block Diagram



Derating Curve



Static Characteristics



A.10.13 Fuente de alimentación MPS-45-12



45W Single Output Medical Type

MPS-45 series


■ Features :

- Universal AC input / Full range
- Low leakage current <250 μ A
- Protections: Short circuit / Overload / Over voltage
- Cooling by free air convection
- Medical safety approved (2 x MOPP between primary to secondary)
- 100% full load burn-in test
- Fixed switching frequency at 45KHz
- 3 years warranty


SPECIFICATION

MODEL	MPS-45-3.3	MPS-45-5	MPS-45-7.5	MPS-45-12	MPS-45-13.5	MPS-45-15	MPS-45-24	MPS-45-27	MPS-45-48		
OUTPUT	DC VOLTAGE	3.3V	5V	7.5V	12V	13.5V	15V	24V	27V	48V	
	RATED CURRENT	8A	8A	5.4A	3.7A	3.3A	3A	1.9A	1.7A	1A	
	CURRENT RANGE	0 ~ 10.7A	0 ~ 10.5A	0 ~ 7A	0 ~ 4.4A	0 ~ 3.9A	0 ~ 3.5A	0 ~ 2.2A	0 ~ 1.95A	0 ~ 1.1A	
	RATED POWER	26.4W	40W	40.5W	44.4W	44.55W	45W	45.6W	45.9W	48W	
	OUTPUT POWER (m ax.)	52W(+3.3V:35W)with 18CFM min. Forced air convection									
	RIPPLE & NOISE (m ax.) Note.2	80mVp-p	100mVp-p	100mVp-p	100mVp-p	100mVp-p	100mVp-p	100mVp-p	100mVp-p	100mVp-p	
	VOLTAGE ADJ. RANGE	2.97 ~ 3.63V	4.5 ~ 5.5V	6.75 ~ 8.25V	10.8 ~ 13.2V	12.2 ~ 14.85V	13.5 ~ 16.5V	21.6 ~ 26.4V	24.3 ~ 29.7V	43.2 ~ 52.8V	
	VOLTAGE TOLERANCE Note.3	±3.0%	±3.0%	±3.0%	±2.0%	±2.0%	±2.0%	±2.0%	±2.0%	±2.0%	
	LINE REGULATION	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	
	LOAD REGULATION	±3.0%	±3.0%	±3.0%	±2.0%	±2.0%	±2.0%	±2.0%	±2.0%	±2.0%	
INPUT	SETUP, RISE TIME	800ms, 30ms/230VAC 1200ms, 30ms/115VAC at full load									
	HOLD UP TIME (Typ.)	50ms/230VAC 16ms/115VAC at full load									
	VOLTAGE RANGE	90 ~ 264VAC		127 ~ 370VDC							
	FREQUENCY RANGE	47 ~ 440Hz									
	EFFICIENCY(Typ.)	65%	72%	75%	76%	76%	77%	78%	78%	78%	
	AC CURRENT (Typ.)	1.2A/115VAC		0.7A/230VAC							
PROTECTION	INRUSH CURRENT (Typ.)	COLD START 17A/115VAC		35A/230VAC							
	LEAKAGE CURRENT Note.7	Earth leakage current < 250 μ A/264VAC , Touch current < 60 μ A/264VAC									
	OVERLOAD	53 ~ 75W (3.3V:36 ~ 55W) rated output power Protection type : Hiccup mode, recovers automatically after fault condition is removed									
	OVER VOLTAGE	3.8 ~ 4.46V 5.75 ~ 6.75V 8.63 ~ 10.1V 13.8 ~ 16.2V 15.5 ~ 18.2V 17.25 ~ 20.25V 27.6 ~ 32.4V 31 ~ 36.45V 55.2 ~ 64.8V Protection type : Hiccup mode, recovers automatically after fault condition is removed									
ENVIRONMENT	WORKING TEMP.	-10 ~ +60 $^{\circ}$ C (Refer to "Derating Curve")									
	WORKING HUMIDITY	20 ~ 90%RH non-condensing									
	STORAGE TEMP., HUMIDITY	-20 ~ +85 $^{\circ}$ C, 10 ~ 95%RH									
	TEMP. COEFFICIENT	±0.04%/ $^{\circ}$ C (0 ~ 50 $^{\circ}$ C)									
SAFETY & EMC (Note 4)	VIBRATION	10 ~ 500Hz, 2G 10min./1cycle, period for 60min. each along X, Y, Z axes									
	SAFETY STANDARDS	ANSI/AAMI ES60601-1, TUV EN60601-1, IEC60601-1 approved									
	WITHSTAND VOLTAGE	I/P-O/P:4KVAC		I/P-FG:2KVAC			O/P-FG:0.5KVAC				
	ISOLATION RESISTANCE	I/P-O/P, I/P-FG:100M Ohms / 500VDC / 25 $^{\circ}$ C / 70%RH									
	EMC EMISSION	Compliance to EN55011 (CISPR11) Class B, EN61000-3-2,-3									
OTHERS	EMC IMMUNITY	Compliance to EN61000-4-2,3,4,5,6,8,11, EN60601-1-2, medical level, criteria A									
	MTBF	366.1Khrs min. MIL-HDBK-217F (25 $^{\circ}$ C)									
	DIMENSION	127*76*28mm (L*W*H)									
PACKING	0.18Kg; 72pcs/15.1Kg/1.35CUFT										
NOTE	1. All parameters NOT specially mentioned are measured at 230VAC input, rated load and 25 $^{\circ}$ C of ambient temperature. 2. Ripple & noise are measured at 20MHz of bandwidth by using a 12" twisted pair-wire terminated with a 0.1 μ f & 47 μ f parallel capacitor. 3. Tolerance : includes set up tolerance, line regulation and load regulation. 4. The power supply is considered a component which will be installed into a final equipment. The final equipment must be re-confirmed that it still meets EMC directives. For guidance on how to perform these EMC tests, please refer to "EMI testing of component power supplies." (as available on http://www.meanwell.com) 5. Mounting holes M1 and M2 should be grounded for EMI purposes. 6. Heat Sink HS1,HS2 can not be shorted. 7. Touch current was measured from primary input to DC output.										



45W Single Output Medical Type

MPS-45 series

Mechanical Specification Unit:mm

AC Input Connector (CN1) : Molex 5277-02 or equivalent

Pin No.	Assignment	Mating Housing	Terminal
1	AC/L	Molex 5195 or equivalent	Molex 5194 or equivalent
2	AC/N		

DC Output Connector (CN2) : Molex 5273-06 or equivalent

Pin No.	Assignment	Mating Housing	Terminal
1,2,3	+V	Molex 5195 or equivalent	Molex 5194 or equivalent
4,5,6	-V		

⚠ HS1,HS2 can not be shorted

Block Diagram fosc : 45KHz

Derating Curve Static Characteristics

A.10.14 Fuente de alimentación RSP-75-24



75W Single Output with PFC Function

RSP-75 series


Features :

- Universal AC input / Full range
- Built-in active PFC function
- Protections: Short circuit / Overload / Over voltage
- Cooling by free air convection
- Built-in constant current limiting circuit
- 1U low profile 30mm
- Remote ON-OFF control
- LED indicator for power on
- 100% full load burn-in test
- 3 years warranty


SPECIFICATION

MODEL	RSP-75-3.3	RSP-75-5	RSP-75-7.5	RSP-75-12	RSP-75-13.5	RSP-75-15	RSP-75-24	RSP-75-27	RSP-75-48	
OUTPUT	DC VOLTAGE	3.3V	5V	7.5V	12V	13.5V	15V	24V	27V	48V
	RATED CURRENT	15A	15A	10A	6.3A	5.6A	5A	3.2A	2.8A	1.6A
	CURRENT RANGE	0 ~ 15A	0 ~ 15A	0 ~ 10A	0 ~ 6.3A	0 ~ 5.6A	0 ~ 5A	0 ~ 3.2A	0 ~ 2.8A	0 ~ 1.6A
	RATED POWER	49.5W	75W	75W	75.6W	75.6W	75W	76.8W	75.6W	76.8W
	RIPPLE & NOISE (max.) Note.2	80mVp-p	80mVp-p	80mVp-p	120mVp-p	120mVp-p	120mVp-p	120mVp-p	120mVp-p	200mVp-p
	VOLTAGE ADJ. RANGE	3.14 ~ 3.63V	4.75 ~ 5.5V	7.13 ~ 8.25V	11.4 ~ 13.2V	12.8 ~ 14.9V	14.3 ~ 16.5V	22.8 ~ 26.4V	25.7 ~ 29.7V	45.6 ~ 52.8V
	VOLTAGE TOLERANCE Note.3	±2.0%	±2.0%	±2.0%	±2.0%	±2.0%	±2.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%
	LINE REGULATION	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%
	LOAD REGULATION	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%
	SETUP, RISE TIME	600ms, 30ms at full load								
HOLD UP TIME (Typ.)	16ms at full load									
INPUT	VOLTAGE RANGE	85 ~ 264VAC		120 ~ 370VDC						
	FREQUENCY RANGE	47 ~ 63Hz								
	POWER FACTOR (Typ.)	PF>0.93/230VAC		PF>0.98/115VAC at full load						
	EFFICIENCY (Typ.)	76%	82%	84%	85%	85%	86%	87%	88%	89%
	AC CURRENT (Typ.)	0.9A/115VAC		0.5A/230VAC						
	INRUSH CURRENT (Typ.)	COLD START 35A/230VAC								
LEAKAGE CURRENT	<2mA / 240VAC									
PROTECTION	OVERLOAD	105 ~ 135% rated output power Protection type : Constant current limiting, recovers automatically after fault condition is removed								
	OVER VOLTAGE	3.63 ~ 4.46V	5.5 ~ 6.75V	8.25 ~ 10.13V	13.2 ~ 16.2V	14.85 ~ 18.23V	16.5 ~ 20.25V	26.4 ~ 32.4V	29.7 ~ 36.45V	52.8 ~ 64.8V
	OVER TEMPERATURE	Shut down o/p voltage, recovers automatically after temperature goes down								
FUNCTION	REMOTE CONTROL	CN1: < 0~0.8VDC POWER ON, 4~10VDC POWER OFF								
ENVIRONMENT	WORKING TEMP.	-25 ~ +70°C (Refer to "Derating Curve")								
	WORKING HUMIDITY	20 ~ 90% RH non-condensing								
	STORAGE TEMP., HUMIDITY	-40 ~ +85°C, 10 ~ 95% RH								
	TEMP. COEFFICIENT	±0.05%/°C (0 ~ 50°C)								
	VIBRATION	10 ~ 500Hz, 2G 10min./1cycle, 60min. each along X, Y, Z axes								
SAFETY & EMC (Note 4)	SAFETY STANDARDS	UL60950-1, TUV EN60950-1, EN61558-1, EN61558-2-16, CCC GB4943 approved								
	WITHSTAND VOLTAGE	I/P-O/P:3.75KVAC			I/P-FG:2KVAC		O/P-FG:0.5KVAC			
	ISOLATION RESISTANCE	I/P-O/P, I/P-FG, O/P-FG:100M Ohms / 500VDC / 25°C / 70% RH								
	EMC EMISSION	Compliance to EN55022 (CISPR22) Class B, EN61000-3-2,-3, GB9254 class B								
EMC IMMUNITY	Compliance to EN61000-4-2,3,4,5,6,8,11, EN55024, light industry level, criteria A									
OTHERS	MTBF	298.7K hrs min. MIL-HDBK-217F (25°C)								
	DIMENSION	159*97*30mm (L*W*H)								
	PACKING	0.44Kg; 30pcs/14.2Kg/0.91CUFT								
NOTE	1. All parameters NOT specially mentioned are measured at 230VAC input, rated load and 25°C of ambient temperature. 2. Ripple & noise are measured at 20MHz of bandwidth by using a 12" twisted pair-wire terminated with a 0.1uF & 47uF parallel capacitor. 3. Tolerance : includes set up tolerance, line regulation and load regulation. 4. The power supply is considered a component which will be installed into a final equipment. The final equipment must be re-confirmed that it still meets EMC directives. For guidance on how to perform these EMC tests, please refer to "EMI testing of component power supplies." (as available on http://www.meanwell.com)									



75W Single Output with PFC Function

RSP-75 series

Mechanical Specification

Case No.227A Unit:mm

Dimensions: 159mm total length, 49.75mm to LED, 65mm to output terminals, 152.5mm to mounting holes, 48.5mm to bottom edge, 90.2mm height, 97mm total height including mounting holes, 3.5mm mounting hole diameter, 2-M3 L=4mm mounting holes.

Terminal locations: +VADJ., R.C., CN1 (pins 1, 2), pins 3, 4, 5, 8, 9.5.

Terminal Pin No. Assignment

Pin No.	Assignment	Pin No.	Assignment
1	AC/L	4	DC OUTPUT -V
2	AC/N	5	DC OUTPUT +V
3	FG		

Remote ON/OFF (CN1): JST S2B-XH or equivalent(optional)

Pin No.	Assignment	Mating Housing	Terminal
1	RC+	JST XHP or equivalent	JST SXH-001T-P0.6 or equivalent
2	RC-		

Block Diagram

Components: I/P, EMI FILTER & RECTIFIERS, PFC CIRCUIT, ACTIVE START CIRCUIT, POWER SWITCHING, PWM & PFC CONTROL, RECTIFIERS & FILTER, CONSTANT CURRENT & DETECTION CIRCUIT, O.V.P., REMOTE CONTROL, CN1.

Switching frequencies: PFC fosc : 65KHz, PWM fosc : 80KHz

Derating Curve

Output Derating VS Input Voltage

Graph 1: Load (%) vs Ambient Temperature (°C). RSP-75-3.3-7.5 derates from 100% at 40°C to 60% at 70°C. RSP-75-12-48 derates from 100% at 50°C to 60% at 70°C. Note: 230V Input only.

Graph 2: Load (%) vs Input Voltage (VAC) 60Hz. Load is constant at 100% from 100V to 264V. Derating begins at 85V, reaching 100% at 100V.

A.10.15 Carcasa fuentes de alimentación

Embedded Power for
Business-Critical Continuity

TLP150CJ Enclosure

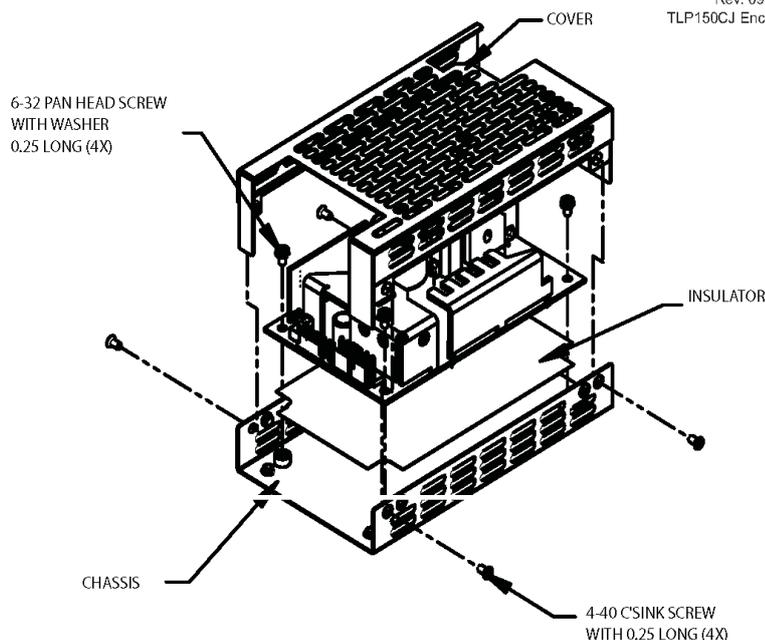
Installation Notes

TLP150CJ • Cover Accessory Kit
TLP150CJ will fit the TLP150 power supplies.

Materials

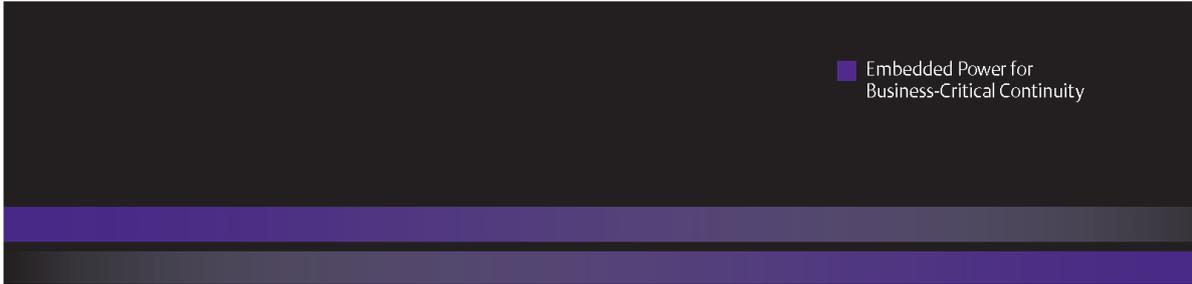
- 1 Base
- 1 Cover
- 4 M3X5mm Pan head screws with spring washer
- 4 M3X5mm countersunk screws
- 1 M4 nut
- 1 M4 star washer
- 1 M4 spring washer
- 1 Plastic insulator sheet

Rev. 09.04.07
TLP150CJ Enclosure
1 of 2



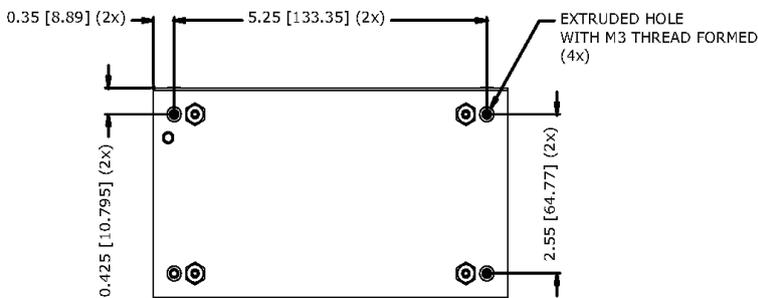
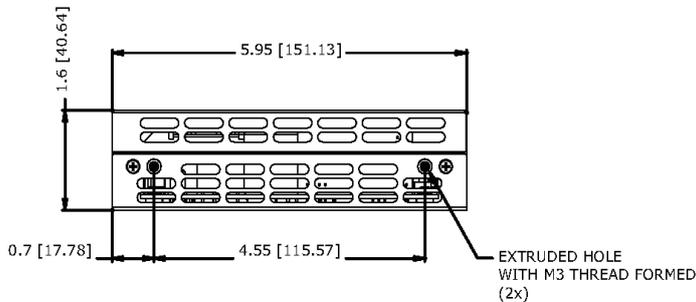
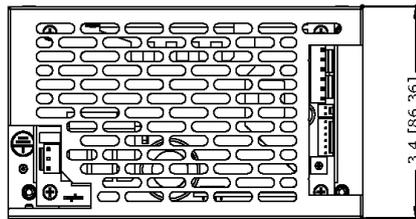
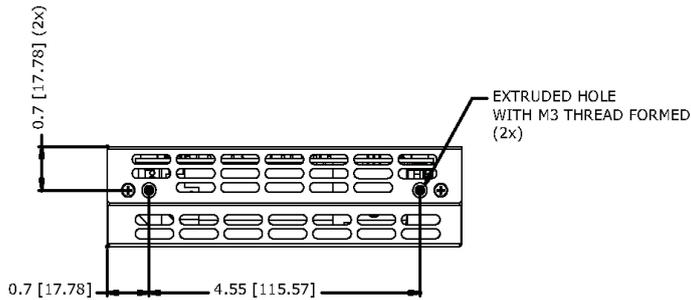
Installation Instructions and Notes

1. Place the insulator over the chassis as shown.
2. Place TLP150 power supply over the insulator as shown.
3. Align the 4x power supply to the chassis standoff.
4. Secure 4 pan head screws with washer provided with in kit as shown.
5. Place the cover over TLP150 power supply as shown.
6. Align the 4x cover to the U-bracket countersink holes.
7. Secure 4 countersink screws provided with in kit as shown.
8. Overall dimensions: 5.95 (151.13) x 3.4 (86.36) x 1.6 (40.64).
9. Base plate has two sets of customer mountings:
 - a. Bottom mounting (4X) M3 inserts. Max. screw penetration 0.0787 (2mm)
 - b. Side mounting (4X) M3 inserts. Max. screw penetration 0.236 (6mm)
10. Ensure insulator is correctly fitted in base under PCB to maintain safety creepage and clearances.
11. Ensure base is firmly connected to supply earth via the earth stud marked ⊕
12. When using this enclosure, ensure that relevant safety standards (e.g. EN60950) are complied with, in respect to creepage and clearance distances, and distances through insulation.
13. All dimensions are in inches (mm)



Embedded Power for Business-Critical Continuity

Rev. 09.04.07
TLP150CJ Enclosure
2 of 2



Americas

5810 Van Allen Way
Carlsbad, CA 92008
USA
Telephone: +1 760 930 4600
Facsimile: +1 760 930 0698

Europe (UK)

Waterfront Business Park
Merry Hill, Dudley
West Midlands, DY5 1LX
United Kingdom
Telephone: +44 (0) 1384 842 211
Facsimile: +44 (0) 1384 843 355

Asia (HK)

16th - 17th Floors, Lu Plaza
2 Wing Yip Street, Kwun Tong
Kowloon, Hong Kong
Telephone: +852 2176 3333
Facsimile: +852 2176 3888

For global contact, visit:

www.astecpower.com
www.artesyn.com
technicalsupport@astec.com
technicalsupport@artesyn.com

While every precaution has been taken to ensure accuracy and completeness in this literature, Emerson Network Power assumes no responsibility, and disclaims all liability for damages resulting from use of this information or for any errors or omissions.

Emerson Network Power.

The global leader in enabling business-critical continuity.

- AC Power
- Connectivity
- DC Power
- Embedded Power
- Inbound Power
- Integrated Cabinet Solutions
- Outside Plant
- Precision Cooling
- Site Monitoring and Services

EmersonNetworkPower.com

Emerson Network Power and the Emerson Network Power logo are trademarks and service marks of Emerson Electric Co. ©2007 Emerson Electric Co.

A.10.16 Pantalla táctil

Pro-face

by Schneider Electric

Datasheet

7.5" Touch Screen Operator Interface



Features:

- 65,536 Colors, Clear, Bright, High-Resolution TFT Display
- Energy Efficient LED Display
- Choice Analog Touch Panel for Improved Visibility and Precise Part Placement
- Supports Up to Two Protocol Drivers Simultaneously
- High Speed Application Transfer, 10 Times Faster than Conventional Operator Interfaces
- 10/100 Base-T Ethernet, USB, Serial Communication, and SD Card Interfaces
- High-Definition Part Images and Multi-Language Support

Specifications

Model	PFXGP4401TAD
Graphics Display Resolution	640 x 480 pixels (VGA)
Display Type and Size	TFT Color LCD (7.5 inch)
Display Colors	65,536 Colors (No blink)/16,384 Colors (Blink)
Display Area	W153.7 x H115.8 mm [W6.05 x H4.56 in.]
Touch Screen	Resistive film analog 1024 x 1024 resolution
USB	USB Type-A (2.0) x 1, USB mini-B (2.0) x 1
SD Card	SD Card slot x 1 (maximum 32 GB SD/SDHC Card)
Serial	COM1: RS-232C Asynchronous Transmission Data Length: 7 or 8 bit Parity: None, Odd or Even, Stop Bit: 1 or 2 bit, Data Transmission Speed: 2,400 bps to 115.2 kbps, Connector: D-Sub9 (plug) COM2: RS-422/485 Asynchronous Transmission Data Length: 7 or 8 bit Parity: None, Odd or Even Stop Bit: 1 or 2 bit Data Transmission Speed: 2,400 bps to 115.2 kbps, 187.5 kbps (MPI) Connector: D-Sub9 (plug)
Ethernet	Ethernet IEEE802.3i/IEEE802.3u, 10BASE-T/100BASE-TX
Backlight	White LED (User nonreplaceable parts. When replacement is required, contact your local distributor.)
Brightness and Contrast Controls	16 levels of adjustment available via touch panel or the software
Programming Memory	32MB FEPRAM (GP-Pro EX V3.0 or later)
Backup Memory	512kb SRAM with battery backup

General Specifications	
Model	PFXGP4401TAD
Input Voltage	Rated DC24V (Limits DC19.2 to 28.8V)
Power Consumption	12 W or less
Ambient Operating Temp.	0°C (32°F) to 55°C (131°F)
Storage Temperature	-20 to 60 °C [-4 to 140 °F]
Altitude Endurance	800hPa to 1114hPa (2000 meters or lower)
Certifications	CE, UL Listed CI 1 Div 2 (CI 1 Div 2 is only available on Rev. B units), RoHS, ABS (American Bureau of Shipping), DNV (Norway - Marine)
Humidity - Ambient/Storage	10 to 90 % RH (Wet bulb temperature: 39 °C [102.2 °F] or less - no condensation.)
Noise Immunity	Noise Voltage: 1,000 Vp-p, Pulse Duration: 1 μs, Rise Time: 1 ns (via noise simulator)
Cooling Method	Natural air circulation
Electrostatic Discharge Immunity	Contact Discharge Method: 6 kV (IEC/EN61000-4-2 Level 3)
Vibration Resistance	IEC/EN61131-2 compliant, 5 to 9 Hz Single amplitude 3.5 mm [0.14 in.], 9 to 150 Hz Fixed acceleration: 9.8 ms ² , X, Y, Z directions for 10 cycles (approx. 100 min)
Shock during operation	IEC/EN 61131-2 compliant 147 ms ² , X, Y, Z directions for 3 times
Rating	Equivalent to IP65, Nema #250 Type 4x/13 (Equivalent to NEMA 12 with the addition of "Oil or Spraying and Splashing") when properly installed in an enclosure
Weight	1.2 kg [2.6 lb] or less (display unit only)
External Dimensions	W218 x H174 x D60 mm [W8.58 x H6.85 x D2.36 in.]
Warranty	Two-year standard (maximum 4 years)

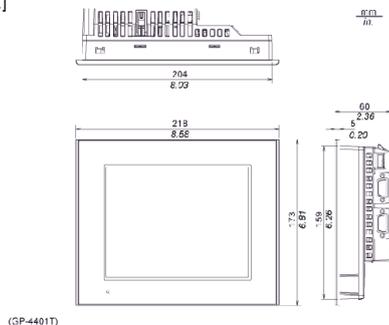
Pro-face

by Schneider Electric

Datasheet

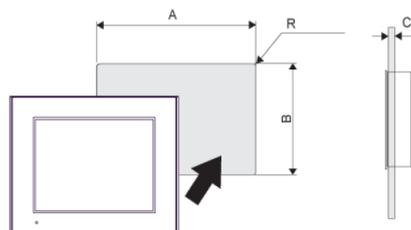
GP-4401T - External Dimensions

Unit: mm [in.]



GP-4401T - Cut-Out Dimensions

Unit: mm [in.]



A	B	C	R
204.5 mm (+1, -0 mm) (8.05 in. [+0.04, -0 in.])	159.5 mm (+1, -0 mm) (6.28 in. [+0.04, -0 in.])	1.6...5 mm (0.06...0.2 in.)	3 mm (0.12 in.) maximum

Ordering Information

Part Number	Description
PFXGP4401TAD	GP-4401T , 7.5" TFT Color Touchscreen (Analog), VGA, 2x Serial, Ethernet, 2xUSB, SD, 24VDC, UL/CE

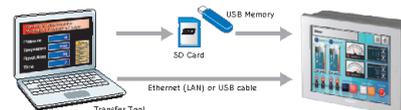
Optional Items

Part Number	Product Name
PFXZCBSD4GC41	SD Memory Card (4 GB, Class 4)
PFXZCBDS71	Touch Screen Protection Sheet (Qty 5) for 7.5" GP4000
GP-Pro EX (EX-ED-Vx)	Screen and Logic Development Software (ver 3.0 or newer)
PLC Cables & Accessories	See AGP3000 Connectivity Document

Caution: Before operating any of these products, please be sure to read all related manuals thoroughly.
- All product names used in this document are trademarks or registered trademarks of their respective companies.
- All information contained in this document is subject to change without notice.

Easily Transfer Data

Screen data can be updated by using the data transfer tool, even without a software license.

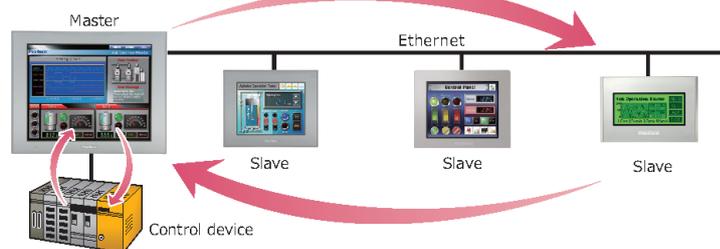


The data transfer tool can be downloaded for free from the Web
<http://www.profaceamerica.com>

Connectivity

Ethernet Multi-Link function

The Ethernet Multi-Link function allows you to easily add a GP as a sub-display to the facility without changing any settings of the control device.



Pro-face America
Phone: 734.477.0600
Fax: 734.864.7347
www.profaceamerica.com

Customer Service Hotline: 800.289.9266

For more information

ACCESS www.profaceamerica.com

Pro-face

A.10.17 Microcontrolador PIC18F4550



MICROCHIP PIC18F2455/2550/4455/4550

28/40/44-Pin, High-Performance, Enhanced Flash, USB Microcontrollers with nanoWatt Technology

Universal Serial Bus Features:

- USB V2.0 Compliant
- Low Speed (1.5 Mb/s) and Full Speed (12 Mb/s)
- Supports Control, Interrupt, Isochronous and Bulk Transfers
- Supports up to 32 Endpoints (16 bidirectional)
- 1-Kbyte Dual Access RAM for USB
- On-Chip USB Transceiver with On-Chip Voltage Regulator
- Interface for Off-Chip USB Transceiver
- Streaming Parallel Port (SPP) for USB streaming transfers (40/44-pin devices only)

Power-Managed Modes:

- Run: CPU on, peripherals on
- Idle: CPU off, peripherals on
- Sleep: CPU off, peripherals off
- Idle mode currents down to 5.8 μ A typical
- Sleep mode currents down to 0.1 μ A typical
- Timer1 Oscillator: 1.1 μ A typical, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 2.1 μ A typical
- Two-Speed Oscillator Start-up

Flexible Oscillator Structure:

- Four Crystal modes, including High Precision PLL for USB
- Two External Clock modes, up to 48 MHz
- Internal Oscillator Block:
 - 8 user-selectable frequencies, from 31 kHz to 8 MHz
 - User-tunable to compensate for frequency drift
- Secondary Oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Dual Oscillator options allow microcontroller and USB module to run at different clock speeds
- Fail-Safe Clock Monitor:
 - Allows for safe shutdown if any clock stops

Peripheral Highlights:

- High-Current Sink/Source: 25 mA/25 mA
- Three External Interrupts
- Four Timer modules (Timer0 to Timer3)
- Up to 2 Capture/Compare/PWM (CCP) modules:
 - Capture is 16-bit, max. resolution 5.2 ns (Tcy/16)
 - Compare is 16-bit, max. resolution 83.3 ns (Tcy)
 - PWM output: PWM resolution is 1 to 10-bit
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module:
 - Multiple output modes
 - Selectable polarity
 - Programmable dead time
 - Auto-shutdown and auto-restart
- Enhanced USART module:
 - LIN bus support
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module supporting 3-wire SPI (all 4 modes) and I²C™ Master and Slave modes
- 10-bit, up to 13-channel Analog-to-Digital Converter module (A/D) with Programmable Acquisition Time
- Dual Analog Comparators with Input Multiplexing

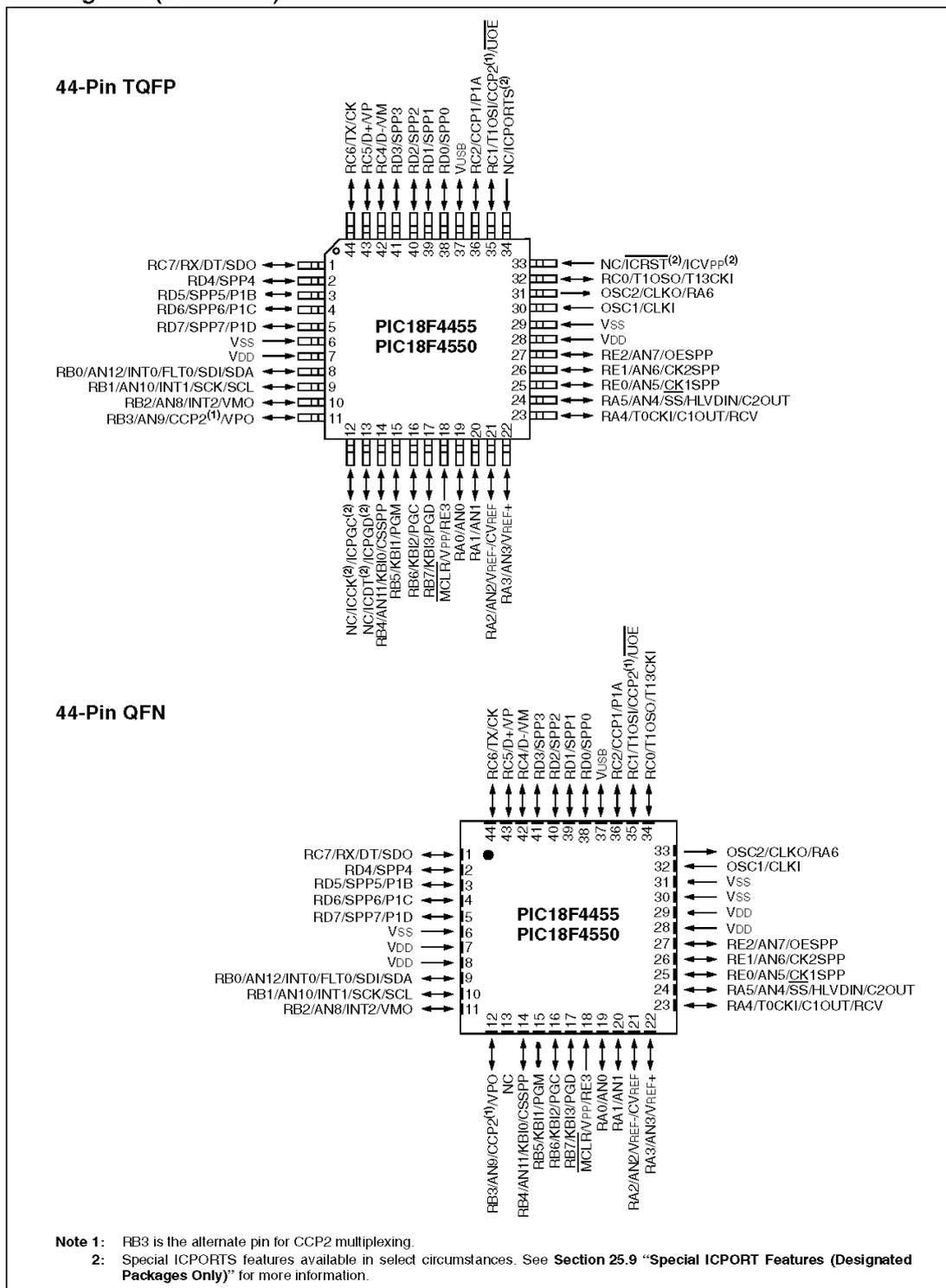
Special Microcontroller Features:

- C Compiler Optimized Architecture with optional Extended Instruction Set
- 100,000 Erase/Write Cycle Enhanced Flash Program Memory typical
- 1,000,000 Erase/Write Cycle Data EEPROM Memory typical
- Flash/Data EEPROM Retention: > 40 years
- Self-Programmable under Software Control
- Priority Levels for Interrupts
- 8 x 8 Single-Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
 - Programmable period from 41 ms to 131s
- Programmable Code Protection
- Single-Supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins
- Optional dedicated ICD/ICSP port (44-pin devices only)
- Wide Operating Voltage Range (2.0V to 5.5V)

Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-Bit A/D (ch)	CCP/ECCP (PWM)	SPP	MSSP		EA/USART	Comparators	Timers 8/16-Bit
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					SPI	Master I ² C™			
PIC18F2455	24K	12288	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F2550	32K	16384	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4455	24K	12288	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4550	32K	16384	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3

PIC18F2455/2550/4455/4550

Pin Diagrams (Continued)



A.10.18 Cables eléctricos



Datasheet

ENGLISH

2491X Equipment Wire 0.75mm²

RS Stock number **361-642**



Conductor: 24/0.20mm Plain Annealed Copper
(Class 5 to IEC 60228)

Insulation: PVC (Type TI1 to BS EN 50363)

**Insulation Radial
Thickness:** 0.60mm

**Diameter Over
Insulation:** 2.70mm (Maximum)

Voltage Rating: 300/500V

Conductor Resistance: 26 Ω /km @ 20°C
(Nominal)

Cable Weight: 11.8 kg/km (Nominal)

Standard: BS EN 50525-2-31

A.10.19 Cable RJ45



Datasheet

ENGLISH

Category 5e Unscreened PVC Patch Cords

RS Stock number [557-262](#)



Description:

Category 5e unscreened patch cord range exceeds the transmission line performance requirements of IEC and TIA for CLASS D/Category 5e systems.

The patch cords are designed for mechanical and electrical reliability, using quality materials and processes, to provide a patch cord solution which delivers a consistent high level of systems performance, whilst incorporating design features that allow a "one style fits all" patch cord application.

The low profile moulded boot and snag free latching allows the patch cords to be deployed within even the most densely populated network installations, deploying the latest blade server technology.

Each Category 5e patch cords are manufactured and tested in accordance with IEC 61935-2 and comply with the requirements of ISO/IEC 11801

(2nd Edition): 2010 and support all applications designed for CLASS D/Category 5e such as 1000BASE-T (Gigabit Ethernet), ATM 155, 100BASE-Tx, Token Ring 100Mbs-1 and 1G FCBASE-T.

Specifications:

Construction Value

Conductors	AWG	24
	Size mm	7/0.20 +/- 0.00
	Material	Bare Copper
Insulators	Diameter mm	0.98 +/- 0.05
	Material	Polyolefin
	External O.D	6.0 +/- 0.20
Jacket	Thickness mm	0.5
	Material	PVC

RS, Professionally Approved Products, gives you professional quality parts across all products categories. Our range has been testified by engineers as giving comparable quality to that of the leading brands without paying a premium price.

A.10.20 Cable comunicaciones pantalla con placa de control



Alpha Wire | 711 Lidgerwood Avenue, Elizabeth, NJ 07207
Tel: 1-800-52 ALPHA (25742), Web: www.alphawire.com

[Request a Sample](#)

Customer Specification

PART NO. 5096C

Construction

				Diameters (In)	
1) Component 1		6 X 1 COND			
a) Conductor		24 (7/32) AWG Tinned Copper		0.024	
b) Insulation		0.010" Wall, Nom. PVC, Semi Rigid		0.044	
(1) Color Code		Alpha Wire Color Code E			
Cond	Color	Cond	Color	Cond	Color
1	BLACK	3	RED	5	YELLOW
2	BROWN	4	ORANGE	6	GREEN
2) Cable Assembly		6 Components Cabled			
a) Twists:		8.0 Twists/foot (min)			
b) Orientation:		Components to be arranged from INSIDE LAYER to OUTSIDE LAYER			
c) Core Wrap		Nonwoven Polyester Tape, 25% Overlap, Min.			
3) Shield:		Alum/Mylar Tape, 25% Overlap, Min.			
a) Foil Direction		Foil Facing In			
b) Drain Wire		24 (7/32) AWG Tinned Copper			
4) Jacket		0.032" Wall, Nom.,PVC		0.205 (0.217 Max.)	
a) Color(s)		Slate, Black, Yellow, Orange, Blue, Green, Red, Sand Beige, White			
b) Ripcord		1 End 810 Denier Nylon			
c) Print		ALPHA WIRE-* P/N 5096C 6C 24 AWG XTRAGUARD(R) 1 SHIELDED (UL) TYPE CM 105C OR AWM 2464 80C 300V OR AWM 21894 105C 300V SUN RES 60C OIL VW-1 --- LLXXXXXX CSA 105C TYPE CMG FT4 CE ROHS (SEQ FOOTAGE) * = Factory Code [Note: Product may have c(UL) or CSA markings depending upon plant of manufacture.]			

Applicable Specifications

1) UL		
a) Component 1	AWM/STYLE 10002	105°C / 300 V _{RMS}
b) Overall	AWM/STYLE 21894	105°C / 300 V _{RMS}
	SUN RES	
	60C OIL	
	AWM/STYLE 2464	80°C / 300 V _{RMS}
	CM	105°C
	VW-1	
2) CSA International	CMG	105°C
	FT4	
3) IEC	EN 60332-1 Flame Behavior	
	EN 60332-2 Flame Behavior	
4) CE:	EU Low Voltage Directive 2014/35/EC	

Environmental

1) CE: EU Directive 2011/65/EU(RoHS2):	
	This product complies with European Directive 2011/65/EU (RoHS Directive) of the European Parliament and of the Council of 8 June 2011 and the amending Directive 2015/863/EU of 4 June 2015 . No Exemptions are required for RoHS Compliance on this item. Consult Alpha Wire's web site for RoHS C of C.
2) REACH Regulation (EC 1907/2006):	
	This product does not contain Substances of Very High Concern (SVHC) listed on the European Union's REACH candidate list in excess of 0.1% mass of the item. For up-to-date information, please see Alpha's REACH SVHC Declaration.
3) California Proposition 65:	
	Exempt from warning labels based on the Consent Judgment. Please see Alpha's CA Prop 65 Statement for more information.

Properties

Physical & Mechanical Properties	
1) Temperature Range	-35 to 105°C
2) Bend Radius	10X Cable Diameter
3) Pull Tension	24.6 Lbs, Maximum
4) Sunlight Resistance	Yes
Electrical Properties	
(For Engineering purposes only)	
1) Voltage Rating	300 V _{RMS}
2) Capacitance	32 pF/ft @1 kHz, Nominal Conductor to Conductor
3) Ground Capacitance	58 pF/ft @1 kHz, Nominal
4) Inductance	0.19 µH/ft, Nominal
5) Conductor DCR	26 Ω/1000ft @20°C, Nominal
6) OA Shield DCR	16 Ω/1000ft @20°C, Nominal

A.10.21 Tuberías semirrígidas



Datasheet

ENGLISH

Polyurethane Tube



PRODUCT DESCRIPTION

- These tubes are extremely flexible and can be maneuvered into small spaces because of its small bend radius
- These tubes are very durable; they are resistant to kinks, abrasions and abuse that would otherwise damage other plastics.
- Highly tolerant of repeated flexing
- There are no plasticizers to leach or contaminate the media which reduces any cross contamination problems.
- Low gas permeability which reduces leak and contamination issues.
- Our product comes packaged in a plastic bag to keep dust away from the tubing

APPLICATIONS

- Transfer of air and fluids under harsh conditions
- Feed and return lines
- Granular transfer lines
- Abrasive slurry transfer
- Small engine fuel lines
- Lubrication lines
- Robotics control lines
- Insulation sleeves
- Metering pumps

SPECIFICATION

- Materials: US 98A Polyurethane Ester base, Shore A98 \pm 2
- Temperature Range: -40°C ~ 70°C

RS. Professionally Approved Products, gives you professional quality parts across all products categories. Our range has been testified by engineers as giving comparable quality to that of the leading brands without paying a premium price.



ENGLISH

Article No	Hose ID / OD (mm)	Wall Thickness (mm)	Hose Length (M)	Color	W.P (bar)	B.P (bar)
7746996	2.5 / 4	0.75	30	Black	13	39
7747009	2.5 / 4	0.75	30	Blue	13	39
7747002	2.5 / 4	0.75	30	Green	13	39
7747006	2.5 / 4	0.75	30	Red	13	39
7747015	2.5 / 4	0.75	30	Yellow	13	39
7747018	2.5 / 4	0.75	30	Clear	13	39
7747012	4 / 6	1.00	30	Black	11	33
7747021	4 / 6	1.00	30	Blue	11	33
7747024	4 / 6	1.00	30	Green	11	33
7747028	4 / 6	1.00	30	Red	11	33
7747037	4 / 6	1.00	30	Yellow	11	33
7747030	4 / 6	1.00	30	Clear	11	33
7747034	5 / 8	1.50	30	Black	13	39
7747043	5 / 8	1.50	30	Blue	13	39
7747046	5 / 8	1.50	30	Red	13	39
7747040	5 / 8	1.50	30	Yellow	13	39
7747059	5 / 8	1.50	30	Clear	13	39
7747052	7.5 / 10	1.25	30	Black	8	24
7747056	7.5 / 10	1.25	30	Blue	8	24
7747065	7.5 / 10	1.25	30	Red	8	24
7747068	7.5 / 10	1.25	30	Clear	8	24
7747062	9 / 12	1.50	30	Black	7	21
7747071	9 / 12	1.50	30	Blue	7	21
7747074	9 / 12	1.50	30	Red	7	21
7747078	9 / 12	1.50	30	Clear	7	21

Note:

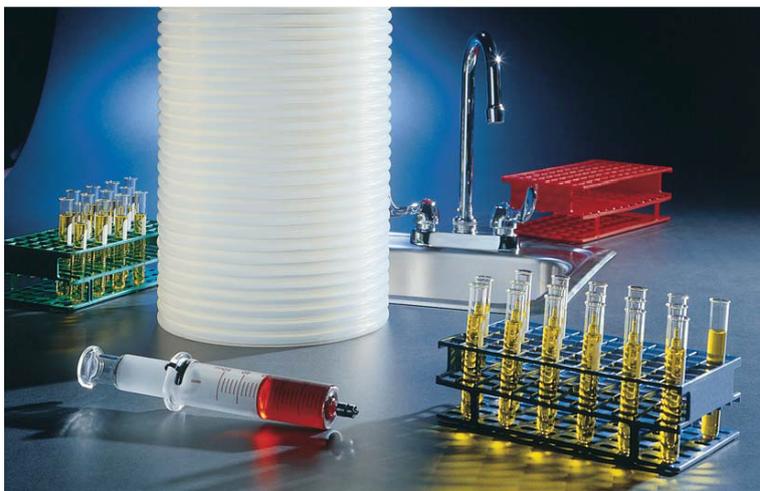
Sold without any coupler, plug or fitting.

Packing: 1 pc/bag



A.10.22 Tuberías flexibles de silicona

Versilic[®] silicone Tubing



Versilic[®] Silicone Tubing

Versilic[®] 60 shore tubing is biologically inert and does not inhibit cell culture. It stays flexible down to -50°C and maintains its chemical, mechanical and electrical performance up to +200°C.

Versilic[®] meets the European Pharmacopoeia requirements for silicone elastomer for closures and tubing, USP Class VI biological tests and ISO 10993 biocompatibility (systemic toxicity, irritation, sensitization, cytotoxicity, hemocompatibility and Ames test). It meets FDA and BfR positive lists as well as food grade tests according to EC directives.

This tubing, CE marked, is a non-invasive medical device. It may be used for contact up to 29 days.

Versilic[®] Silikon Schläuche

Versilic[®] – Schläuche mit dem Härtegrad Shore 60 sind biologisch inert und besitzen keine hemmenden Zellkulturen. Sie bleiben bis zu -50°C biegsam und bewahren ihre chemische, mechanische und elektrischen Eigenschaften bis zu +200°C.

Sie erfüllen die chemischen Testanforderungen der Europäischen Pharmakopoe, die biologischen Tests der US – Pharmakopia Klasse VI und die Biokompatibilitätserfordernisse der Norm ISO 10993 (Allgemeine Toxizität, Reizung, Sensibilisierung, Zytotoxizität, Hämokompatibilität, sowie den Ames Test). Sie entsprechen den FDA – und BfR – Listen sowie den gemäss EU Richtlinien durchgeführten Nahrungsmittelgütestests.

Dieser CE markierter Schlauch ist für medizinische, nicht invasive Systeme geeignet. Kontaktdauer von weniger als 29 Tagen.

Tube Silicone Versilic[®]

D'une dureté Shore de 60, le tube silicone Versilic[®] est biologiquement inerte et favorise la culture de cellules. Il reste flexible jusqu'à -50°C et conserve ses performances chimiques, mécaniques et électriques jusqu'à +200°C.

Le Versilic[®] est conforme aux tests de la pharmacopée européenne, aux tests biologiques de l'USP classe VI et aux exigences de biocompatibilité de la norme ISO 10993 (toxicité, systémique, irritation, sensibilisation, cytotoxicité, hémolyse et tests d'Ames). Il est fabriqué à partir de matériaux figurant sur les listes positives FDA et BfR et respecte les directives européennes sur les qualités alimentaires.

Ce tube bénéficie du marquage CE pour les dispositifs médicaux non-invasifs avec une durée de contact inférieure à 29 jours.

BIOPHARMACEUTICAL PRODUCTS

For biopharmaceutical applications

Für Biopharmazeutische Anwendungen

Pour applications biopharmaceutiques et sanitaires

Features and Benefits

- Peroxide-cured silicone
- Biological neutrality
- FDA/BfR
- US and European Pharmacopoeia
- Temperature resistance -50°C / +200°C

Eigenschaften und Nutzen

- Mit peroxid vernetztes Silikon
- Biologisch neutral
- FDA/BfR
- US und Europäische Pharmakopoe
- Temperaturbeständigkeit -50°C / +200°C

Caractéristiques et avantages

- Silicone peroxyde
- Neutralité biologique
- FDA/BfR
- Conforme aux Pharmacopées américaines et Européennes
- Résiste à des températures comprises entre -50°C / +200°C

Versilic® Silicone Tubing

General Characteristics/Allgemeine Eigenschaften/Caractéristiques Générales

Basic Composition/Grundstoffe/Formulation de base

Basic elastomer/Basiselastomer/Elastomère de base	Silicone/Silikon
Catalyst/Katalysator/Catalyseur	Peroxide/Peroxid/Peroxyde
Fillers/Füllstoff/Charges	Mineral fillers/Mineralfüllstoff/Charges minérales

Typical Physical Properties/Physikalische Eigenschaften/Propriétés physiques

Color/Farbe/Couleur	Translucent/Transparent
Specific gravity/Spezifisches Gewicht/Densité	1,15+ / -0,03
Hardness/Härte/Dureté (Shore A; 15s)	62+ / -5
Tensile Strength/Reißfestigkeit/Résistance à la rupture (MPa)	≥ 7,5
Ultimate Elongation/Reißdehnung/Allongement à la rupture (%)	≥ 270
300 Modulus/Modul 300/Module 300 (MPa)	7,7+ / -1,5

Temp. Resistance/Temperaturbeständigkeit/Tenue Température: -50°C / +200°C

Up to/Kurzfristig bis/Pointes possibles	230°C
---	-------

Pharmacopoea/Pharmakopoe/Pharmacopée

European Pharmacopoea/Europäische Pharmakopoe/Pharmacopée Européene	Compliant/Zugelassen/Conforme
USP (Class VI)/U.S. Pharmacopoe (Class VI)/Pharmacopée américaine (Class VI)	Compliant/Zugelassen/Conforme

Food Grade Certifications/Lebensmittelzertifizierung/Alimentarité

USA (FDA; 21CFR part 177-2600)	Compliant/Zugelassen/Conforme
Germany/Deutschland/Allemagne (BfR)	Compliant/Zugelassen/Conforme
EEC/EEG/CEE (directives 85/572, 97/48, 2002/72)	Compliant/Zugelassen/Conforme
French/Französisch/Français (Brochure N° 1227)	Compliant/Zugelassen/Conforme

Usage/Anwendungen/Applications

<p>Tubing for biopharmaceutical and medical applications/Schlauch für paramedizinische Anwendungen/Tube pour applications biopharmaceutiques et médicales</p>

Sterilization/Stérilisation

Steam/Dampf/Vapeur d'eau (134°C @ 18 mn)	Appropriate/Geeignet/Approprié
Ethylene oxide/Ethylenoxyd/Oxyde d'éthylène	Appropriate/Geeignet/Approprié
Irradiation/Bestrahlung/Irradiation	Appropriate/Geeignet/Approprié

Versilic® Silicone Tubing

Standard Sizes/Standard Durchmesser/Tailles Standard

I.D.	w.th.	O.D.	50 meters	25 meters	10 meters
I.D.	W.st.	A.D.	50 meter	25 metres	10 metres
D.I.	ep.	D.E.	50 mètres	25 mètres	10 mètres
0,5	1,0	2,5	760010	—	—
1,0	1,0	3,0	760070	—	—
1,5	0,75	3,0	760110	—	—
2,0	1,0	4,0	760160	—	—
2,0	1,75	5,5	760170	—	—
2,0	2,0	6,0	760180	—	—
3,0	1,0	5,0	760210	—	760210-10
3,0	1,25	5,5	760220	—	—
3,0	1,5	6,0	760230	—	760230-10
3,0	2,0	7,0	760250	—	—
4,0	1,0	6,0	760320	—	760320-10
4,0	1,5	7,0	—	760330	—
4,0	2,0	8,0	—	760350	760350-10
4,0	3,0	10,0	—	760360	—
5,0	1,0	7,0	—	760410	—
5,0	1,5	8,0	—	760420	760420-10
5,0	2,0	9,0	—	760430	—
5,0	2,5	10,0	—	760440	—
6,0	1,0	8,0	—	760490	—
6,0	1,5	9,0	—	760500	760500-10
6,0	2,0	10,0	—	760510	760510-10
6,0	3,0	12,0	—	760520	760520-10
7,0	1,5	10,0	—	760570	760570-10
7,0	2,0	11,0	—	760580	—
7,0	2,5	12,0	—	760581	760581-10
7,0	3,0	13,0	—	760590	—
8,0	1,5	11,0	—	760630	—
8,0	2,0	12,0	—	760650	760650-10
8,0	3,0	14,0	—	760670	760670-10
8,0	4,0	16,0	—	760690	760690-10
8,5	1,75	12,0	—	760720	—
9,0	2,0	13,0	—	760730	—
10,0	2,0	14,0	—	760770	760770-10
10,0	3,0	16,0	—	760800	760800-10
10,0	4,0	18,0	—	760810	760810-10
10,0	6,5	23,0	—	760820	—
12,0	1,75	15,5	—	760870	—
12,0	2,5	17,0	—	760880	—
15,0	3,0	21,0	—	761050	—
18,0	3,0	24,0	—	—	761080
20,0	3,5	27,0	—	—	761100
25,0	5,0	35,0	—	—	761150
30,0	5,0	40,0	—	—	761170
40,0	5,0	50,0	—	—	761190
50,0	5,0	60,0	—	—	761270

Special grades and sizes are available upon request.
Sondergrade und Durchmesser nach Anfrage.
Grades et dimensions spéciales disponibles sur demande.

VERSILIC® SILICONE TUBING IS NOT INTENDED FOR USE AS AN IMPLANT MATERIAL

BIOPHARMACEUTICAL PRODUCTS

Come through clean.™

Verneret
La Mothe-Aux-Aulnaies
89120 Charny, France
Tel: 33-386-637-878
Fax: 33-386-637-777



Versilic® is a registered trademark.

IMPORTANT: It is the user's responsibility to ensure the suitability and safety of Saint-Gobain Performance Plastics tubing for all intended uses. Laboratory and clinical tests must be conducted in accordance with applicable regulatory requirements in order to determine the safety and effectiveness for use of tubing in any particular application.

For a period of 6 months from the date of first sale, Saint-Gobain Performance Plastics Corporation warrants this product to be free from defects in materials and workmanship. Our only obligation will be to replace any portion proving defective, or at our option, to refund the purchase price thereof. User assumes all other risk, if any, including the risk of injury, loss or damage, direct or consequential, arising out of the use, misuse, or inability to use, this product. THIS WARRANTY IS IN LIEU OF THE WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR PARTICULAR PURPOSE, AND ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESSED OR IMPLIED. No deviation is authorized.

Saint-Gobain Performance Plastics Corporation assumes no obligations or liability for any advice furnished by it, or for results obtained with respect to those products. All such advice is given and accepted at the buyer's risk.

A.10.23 MOSFET BUZ11

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR

BUZ11

Data Sheet

September 2013

File Number 2253.2

N-Channel Power MOSFET 50V, 30A, 40 mΩ

This is an N-Channel enhancement mode silicon gate power field effect transistor designed for applications such as switching regulators, switching converters, motor drivers, relay drivers and drivers for high power bipolar switching transistors requiring high speed and low gate drive power. This type can be operated directly from integrated circuits.

Formerly developmental type TA9771.

Ordering Information

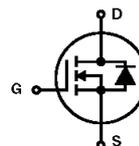
PART NUMBER	PACKAGE	BRAND
BUZ11_NR4941	TO-220AB	BUZ11

NOTE: When ordering, use the entire part number.

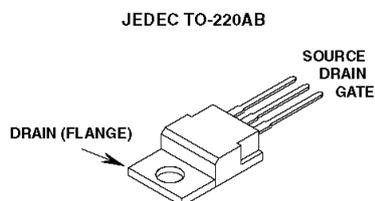
Features

- 30A, 50V
- $r_{DS(ON)} = 0.040\Omega$
- SOA is Power Dissipation Limited
- Nanosecond Switching Speeds
- Linear Transfer Characteristics
- High Input Impedance
- Majority Carrier Device
- Related Literature
 - TB334 "Guidelines for Soldering Surface Mount Components to PC Boards"

Symbol



Packaging



BUZ11

Absolute Maximum Ratings $T_C = 25^\circ\text{C}$, Unless Otherwise Specified

	BUZ11	UNITS
Drain to Source Breakdown Voltage (Note 1)	50	V
Drain to Gate Voltage ($R_{GS} = 20\text{k}\Omega$) (Note 1)	50	V
Continuous Drain Current $T_C = 30^\circ\text{C}$	30	A
Pulsed Drain Current (Note 3)	120	A
Gate to Source Voltage	± 20	V
Maximum Power Dissipation	75	W
Linear Derating Factor	0.6	W/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Temperature	-55 to 150	$^\circ\text{C}$
DIN Humidity Category - DIN 40040	E	
IEC Climatic Category - DIN IEC 68-1	55/150/56	
Maximum Temperature for Soldering		
Leads at 0.063in (1.6mm) from Case for 10s	300	$^\circ\text{C}$
Package Body for 10s, See Techbrief 334	260	$^\circ\text{C}$

CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

NOTE:

1. $T_J = 25^\circ\text{C}$ to 125°C .

Electrical Specifications $T_C = 25^\circ\text{C}$, Unless Otherwise Specified

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Drain to Source Breakdown Voltage	BV_{DSS}	$I_D = 250\mu\text{A}$, $V_{GS} = 0\text{V}$	50	-	-	V
Gate Threshold Voltage	$V_{GS(TH)}$	$V_{GS} = V_{DS}$, $I_D = 1\text{mA}$ (Figure 9)	2.1	3	4	V
Zero Gate Voltage Drain Current	I_{DSS}	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $V_{DS} = 50\text{V}$, $V_{GS} = 0\text{V}$	-	20	250	μA
		$T_J = 125^\circ\text{C}$, $V_{DS} = 50\text{V}$, $V_{GS} = 0\text{V}$	-	100	1000	μA
Gate to Source Leakage Current	I_{GSS}	$V_{GS} = 20\text{V}$, $V_{DS} = 0\text{V}$	-	10	100	nA
Drain to Source On Resistance (Note 2)	$r_{DS(ON)}$	$I_D = 15\text{A}$, $V_{GS} = 10\text{V}$ (Figure 8)	-	0.03	0.04	Ω
Forward Transconductance (Note 2)	g_{fs}	$V_{DS} = 25\text{V}$, $I_D = 15\text{A}$ (Figure 11)	4	8	-	S
Turn-On Delay Time	$t_{d(ON)}$	$V_{CC} = 30\text{V}$, $I_D \approx 3\text{A}$, $V_{GS} = 10\text{V}$, $R_{GS} = 50\Omega$, $R_L = 10\Omega$	-	30	45	ns
Rise Time	t_r		-	70	110	ns
Turn-Off Delay Time	$t_{d(OFF)}$		-	180	230	ns
Fall Time	t_f		-	130	170	ns
Input Capacitance	C_{ISS}	$V_{DS} = 25\text{V}$, $V_{GS} = 0\text{V}$, $f = 1\text{MHz}$ (Figure 10)	-	1500	2000	pF
Output Capacitance	C_{OSS}		-	750	1100	pF
Reverse Transfer Capacitance	C_{RSS}		-	250	400	pF
Thermal Resistance Junction to Case	$R_{\theta JC}$		≤ 1.67			$^\circ\text{C}/\text{W}$
Thermal Resistance Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$		≤ 75			$^\circ\text{C}/\text{W}$

Source to Drain Diode Specifications

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Continuous Source to Drain Current	I_{SD}	$T_C = 25^\circ\text{C}$	-	-	30	A
Pulsed Source to Drain Current	I_{SDM}	$T_C = 25^\circ\text{C}$	-	-	120	A
Source to Drain Diode Voltage	V_{SD}	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_{SD} = 60\text{A}$, $V_{GS} = 0\text{V}$	-	1.7	2.6	V
Reverse Recovery Time	t_{rr}	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_{SD} = 30\text{A}$, $dI_{SD}/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$, $V_R = 30\text{V}$	-	200	-	ns
Reverse Recovery Charge	Q_{RR}		-	0.25	-	μC

NOTES:

2. Pulse Test: Pulse width $\leq 300\text{ms}$, duty cycle $\leq 2\%$.
3. Repetitive rating: pulse width limited by maximum junction temperature. See Transient Thermal Impedance curve (Figure 3).

A.10.24 Relé de la placa de potencia



Datasheet

Stock number: 800-4489

ENGLISH

RS Pro DPST PCB Mount Non-Latching Relay, 12V Coil, 10 A Miniature Power Relay



Product Details

RS Pro DPDT non-latching relay has a coil voltage of 12 V. This PCB mount relay withstands currents up to 10 A. It offers connection through silver alloy contacts for added durability.

Features and Benefits

- High inrush: TV-5 80A (at 125 V ac)
- Low profile of 15.7 mm high
- 5 mm pinning
- 5 kV dielectric strength (between coil and contacts)
- Surge voltage up to 10 kV (between coil and contacts)
- Wash tight
- Creepage distance of 10 mm
- Conforms to VDE 0435/ 0631/ 0700

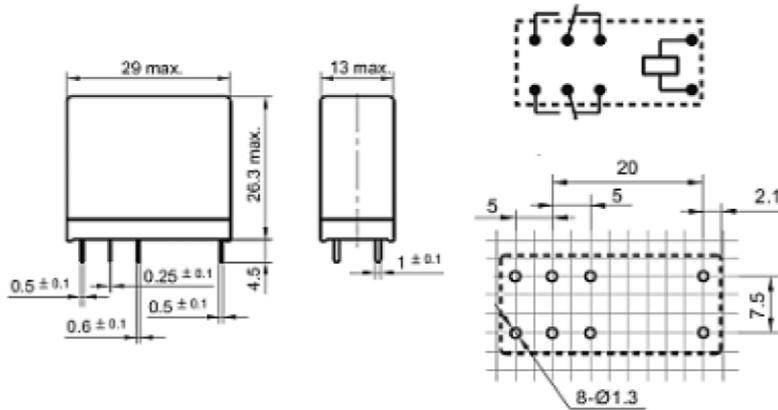


Specifications:

Application	Power
Coil Power	530mW
Coil Resistance	4170 Ω
Coil Voltage	12 V dc
Contact Configuration	DPDT
Contact Material	AgSnO ₂
Depth	13 mm
Dimensions	26.3 x 29 x 13 mm
Electrical Life	100000 cycles
Height	26.3 mm
Isolation Coil To Contact	5000 V ac
Length	29 mm
Life	100000 cycle (Electrical), 10000000 cycles (Mechanical)
Maximum Operating Temperature	+85°C
Maximum Switching Current (AC)	10 A ac
Maximum Switching Current (DC)	10 A dc
Maximum Switching Power (AC)	2500 VA
Maximum Switching Power (DC)	240 W
Maximum Switching Voltage (AC)	250 V ac
Maximum Switching Voltage (DC)	30 V dc
Minimum Operating Temperature	-40°C
Mounting Type	PCB Mount
Number of Poles	2
Operating Temperature Range	-40 to +85°C
Relay Switching Classification	Miniature Intermediate Power Relay
Special Features	Flux Proof
Standards Met	RoHS Compliant, cULus, CQC Certified
Terminal Type	Through Hole



Dimensional Drawing:





UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE Y SOFTWARE DEL PROTOTIPO ENDOWORM 3.0 PARA REALIZACIÓN DE ENTEROSCOPIAS

2. PLANOS



Departamento de ingeniería electrónica

Curso: 2016/2017

Autor: Zazo Manzaneque, Roberto

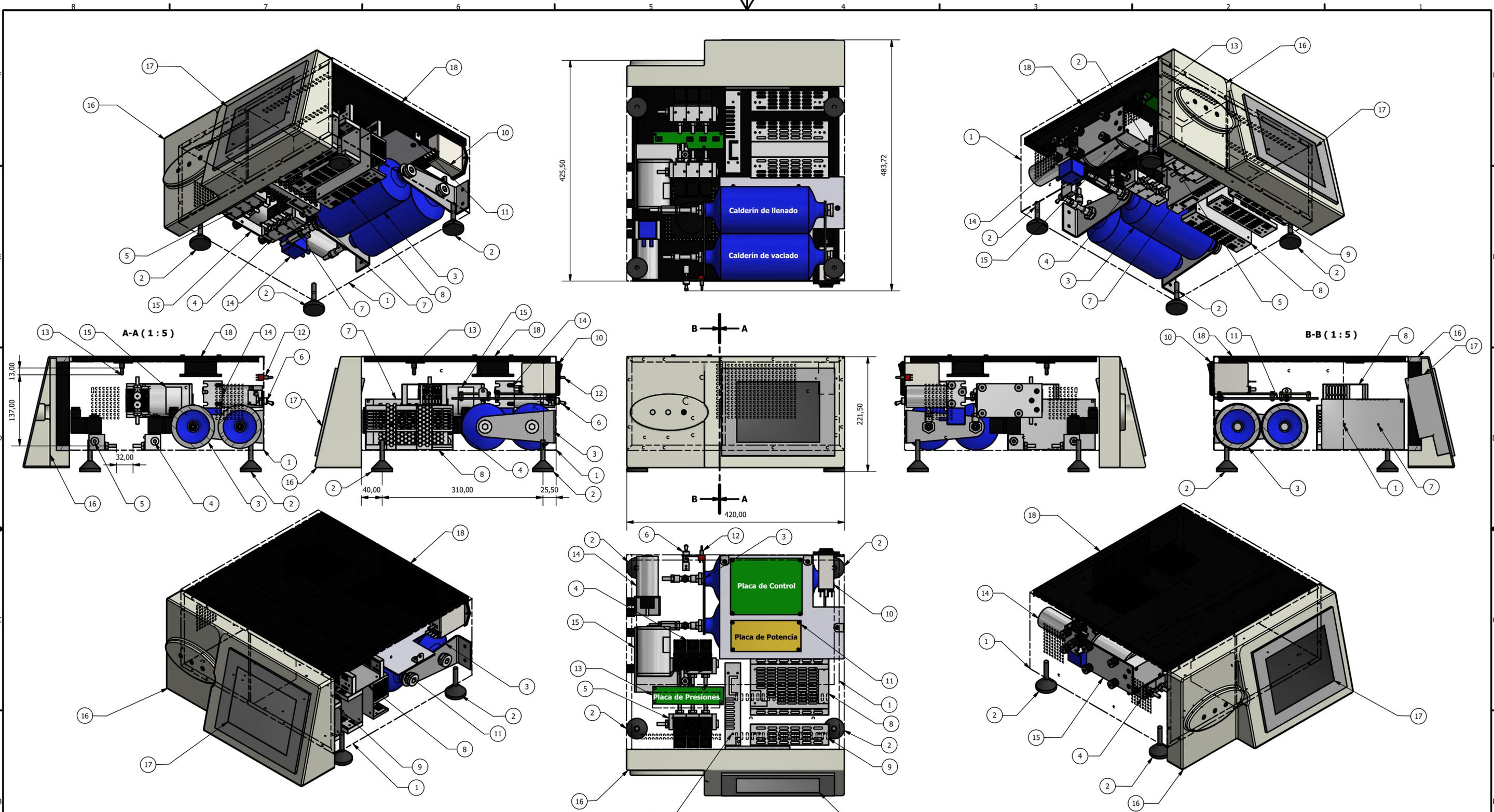
Tutor: Sánchez Díaz, Carlos

Cotutora: Vidaurre Garayo, Ana Jesús

Valencia, septiembre de 2017

Índice de los planos

1	Plano N° 1: Plano de conjunto del Endoworm v3.0.....	1
2	Plano N° 2: Montaje del sistema de calderines	2
3	Plano N° 3: Montaje bloques de electroválvulas.....	3
4	Plano N° 4: Montaje bloque de fuentes de alimentación.....	4
5	Plano N° 5: Montaje soporte PCB's control y potencia	5
6	Plano N° 6: Montaje del ventilador sobre la carcasa-tapa.....	6
7	Plano N° 7: Carcasa-Caja	7
8	Plano N° 8: Tapa de la Carcasa-Caja	8
9	Plano N° 9: Carcasa frontal	9
10	Plano N° 10: Soporte calderines modificado	10
11	Plano N° 11: Soporte placas de circuito impreso	11
12	Plano N° 12: Esquema circuito neumático	12
13	Plano N° 13: Esquema de conexiones eléctricas.....	13
14	Plano N° 14: Esquemático placa de control.....	14
15	Plano N° 15: Máscaras placa de control	15
16	Plano N° 16: Serigrafía y taladros placa de control	16
17	Plano N° 17: Esquemático placa de potencia	17
18	Plano N° 18: Máscaras de la placa de potencia.....	18
19	Plano N° 19: Serigrafía de la placa de potencia	19
20	Plano N° 20: Esquemático placa de presiones.....	20
21	Plano N° 21: Máscaras placa de presiones	21
22	Plano N° 22: Serigrafía y taladros placa de presiones.....	22
23	Plano N° 23: Esquemático placa de LED's.....	23
24	Plano N° 24: Máscaras y serigrafía placa de LED's.....	24

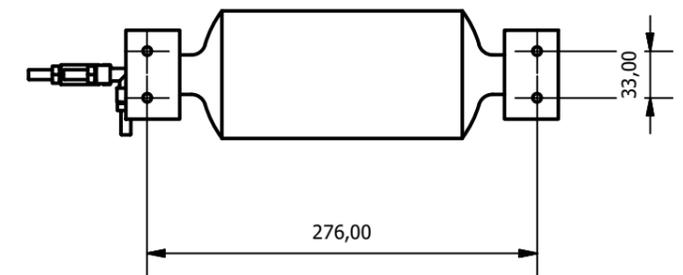
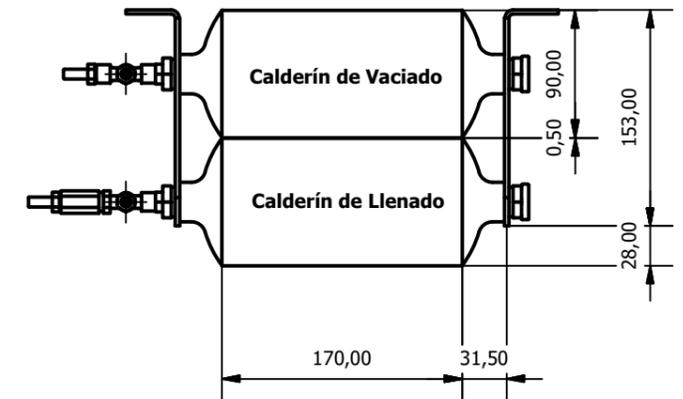
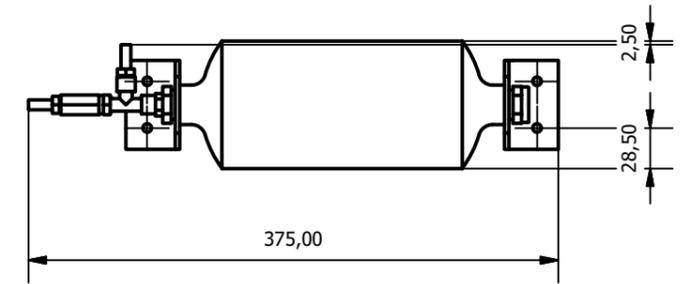
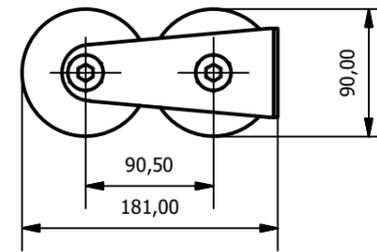
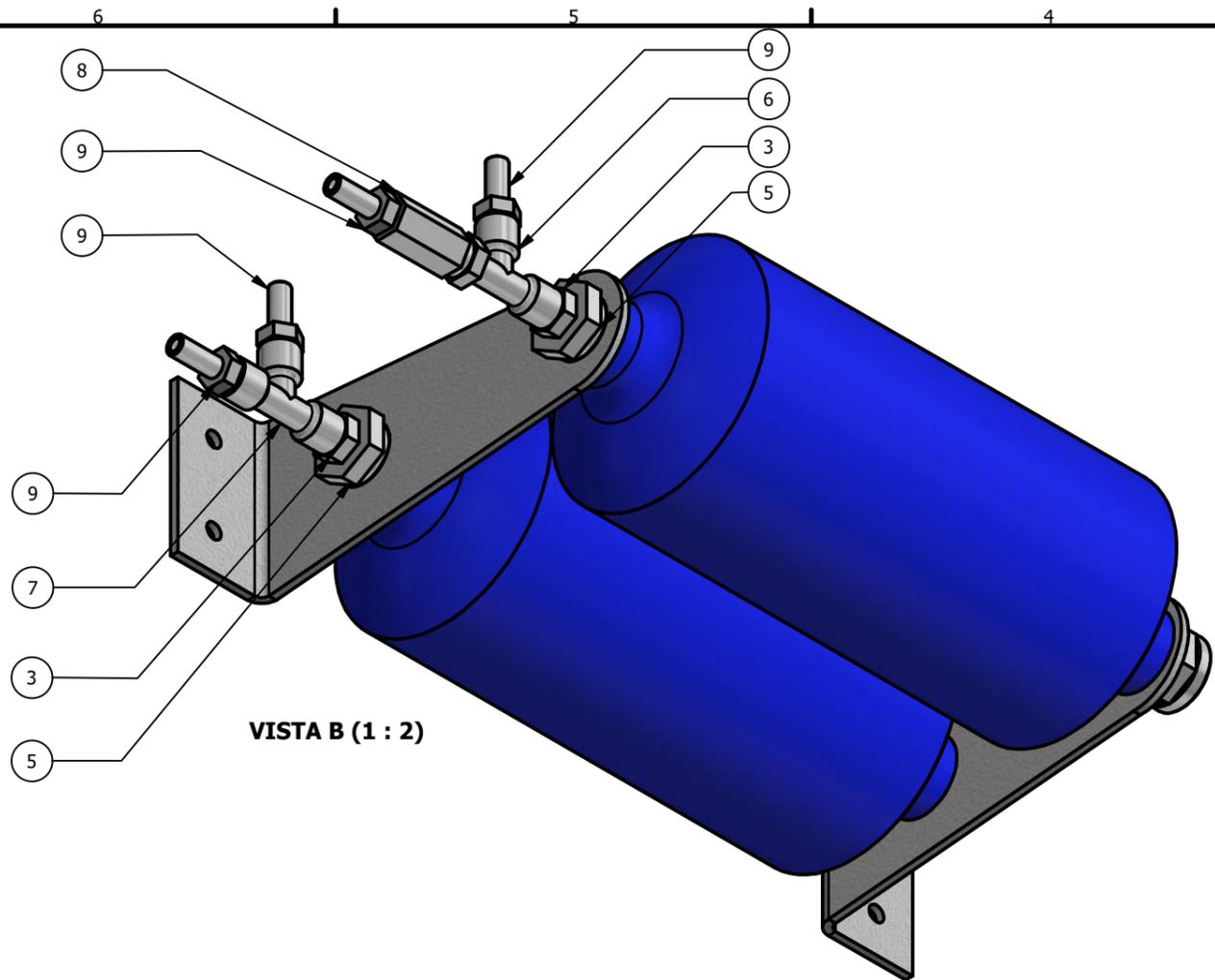


LISTA DE PIEZAS

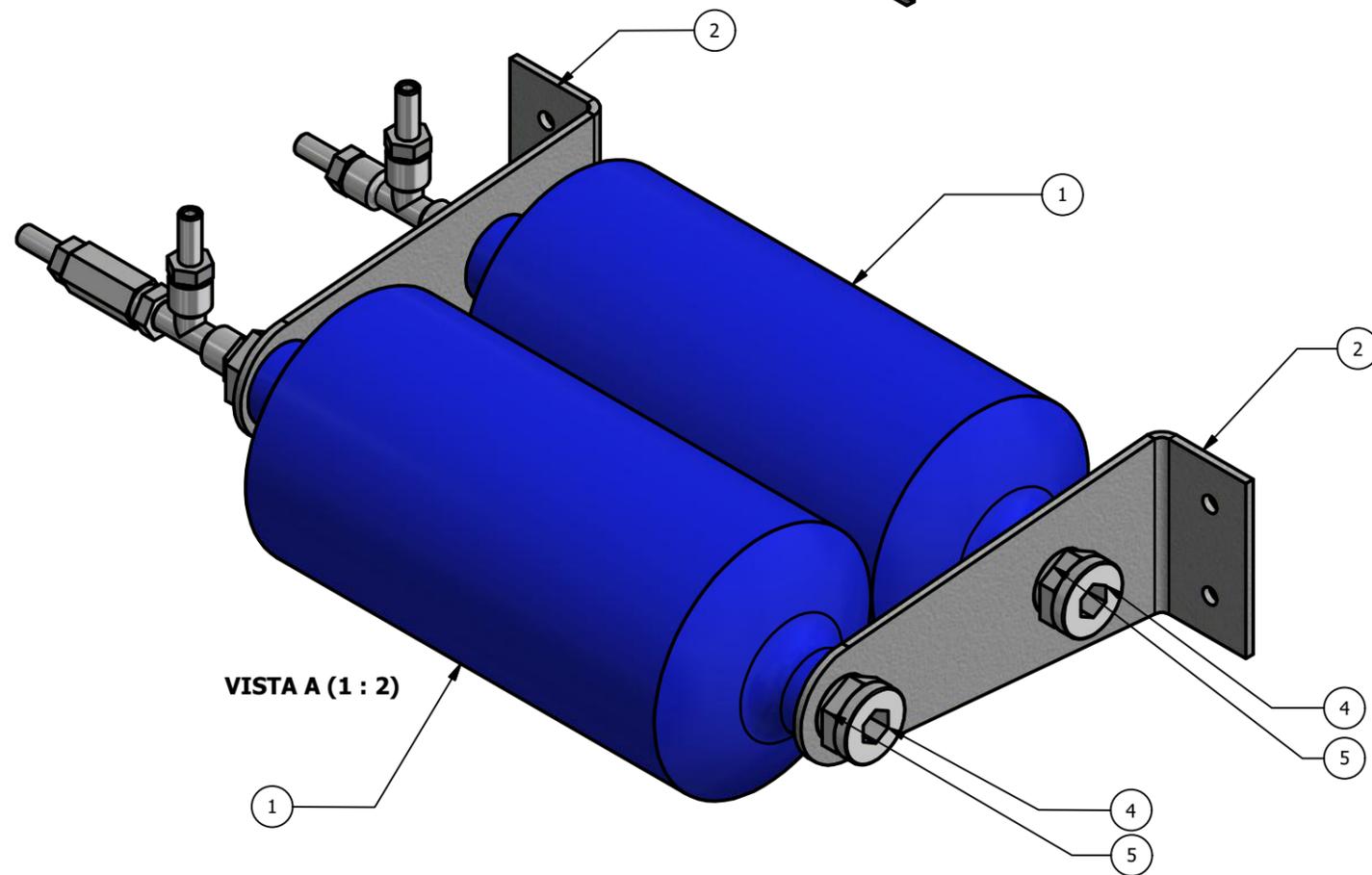
ELEMENTO	CTDAD	DESCRIPCIÓN
1	1	Carcasa-Caja de chapa color negro con 0,5 mm de espesor (Nº PLANO: 7)
2	4	Patas ajustables Nu-Tech Engineering, A040/004
3	1	Sistema de Calderines (Nº PLANO: 2)
4	1	Bloque de electroválvulas de llenado (Nº PLANO: 3)
5	1	Bloque de electroválvulas de vaciado (Nº PLANO: 3)
6	1	Válvula neumática de palanca basculante, SMC VM1000-4N-08
7	1	Fuente de alimentación SMPS, 76.8W, 24Vdc/3,2A, Mean Well RSP-75-24 (Alta Potencia)
8	1	Bloque de fuentes de alimentación, 3 carcassas Artesyn TLP150CJ (Nº PLANO: 4)
9	1	Fuente de alimentación SMPS, 28.8W, 24Vdc/1,2A, Mean Well MPS-30-24 (Baja Potencia)
10	1	Filtro IEC, Macho, 6A, 250 V ac, 50 → 400Hz, C14, Schaffner FN393-6-05-11
11	1	Sopрте con Placas de Circuito Impreso (PCB's) de Control y Potencia (Nº PLANO: 5)
12	1	Interruptor Programación-Ejecución de palanca DPDT, RS Pro 1MD1T1B1M1QES-1
13	1	Placa de Circuito Impreso (PCB) de Presiones (Nº PLANO: 20-22)
14	1	Microbomba de diafragma o membrana para vacío, ElectroAD Serie MR GR 42X25
15	1	Bomba de pistón de presión KNF NPK09 DC - 24V
16	1	Carcasa frontal de fibra de vidrio (Nº PLANO: 9)
17	1	Pantalla táctil Pro-face GP-4401-TAD, 24Vdc/0,5A
18	1	Conjunto de tapa de la carcasa-caja con el ventilador montado (Nº PLANO: 6)

Unidades en mm

DISEÑADO POR: Roberto Zazo Manzanque	COMPROBADO POR: Carlos Sánchez Díaz	FECHA: 12/06/2017	ESCALA: 1 : 5
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		Plano de conjunto del Endoworm v3.0	
		PROYECTO: Prototipo dispositivo Endoworm v3.0	PLANO Nº 1



Unidades en mm



LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	DESCRIPCIÓN
1	2	Calderín de 1L (Acero Fe PO4) de capacidad de aire comprimido, presión max 11bar, API SBCV 1SBCV2
2	2	Soporte Calderines Modificado, acero galvanizado, API STSB 050601 (Nº PLANO: 10)
3	2	Reductor macho - macho de G1/2 a G1/8 de latón niquelado
4	2	Tapón de conexión macho G1/2 de latón niquelado
5	4	Racord soporte-calderín, adaptador macho- hembra G1/2 de latón niquelado, API PRSB 050603
6	1	T de dos hembras y un macho G1/8 de latón niquelado
7	1	T de tres hembras G1/8 de latón niquelado
8	1	Válvula antirretorno hembra-hembra G1/8 de latón niquelado
9	4	Macho de adaptación para las mangueras conexión macho G1/8 de latón niquelado

DISEÑADO POR: Roberto Zazo Manzanque	COMPROBADO POR: Carlos Sánchez Díaz	FECHA: 08/06/2017	ESCALA: 1 : 5
---	--	----------------------	-------------------------

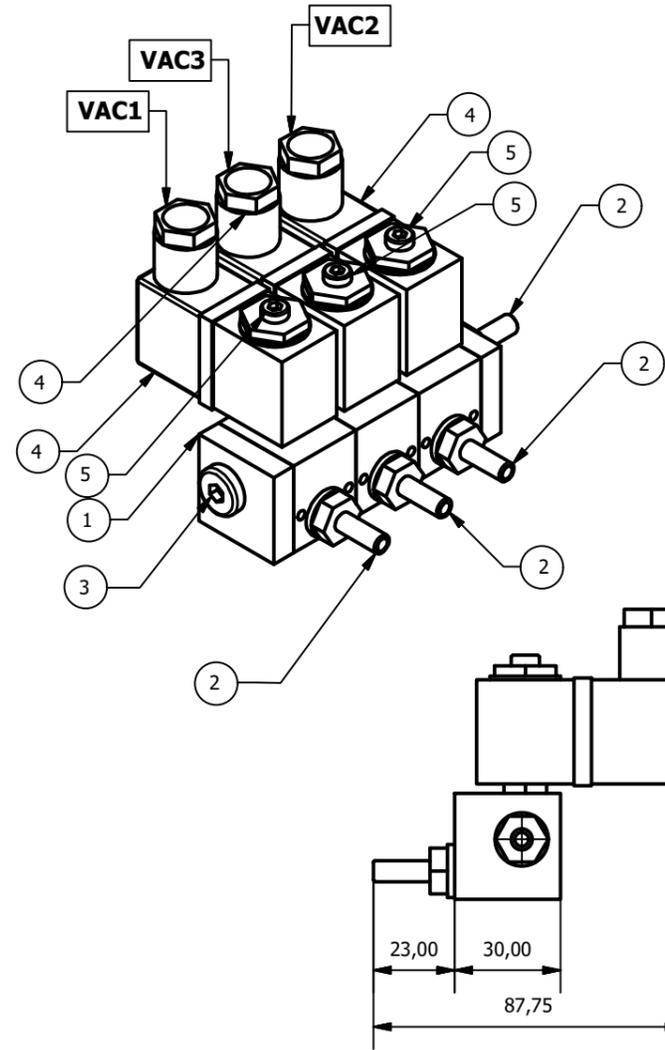
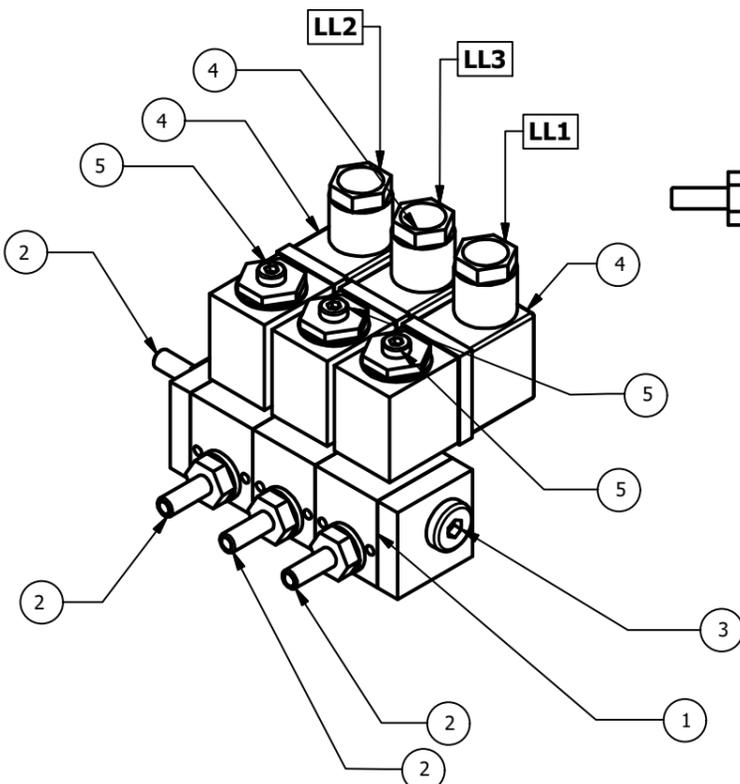
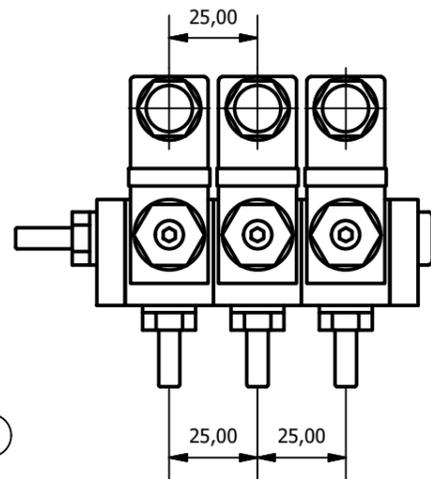
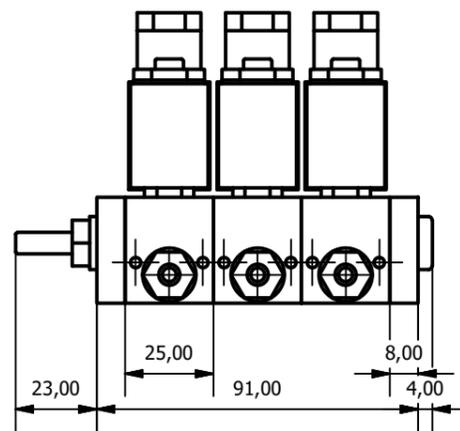
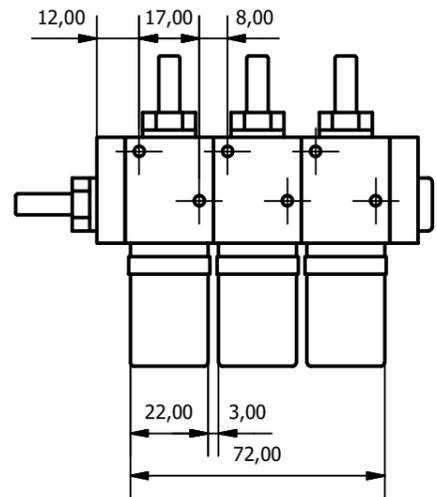
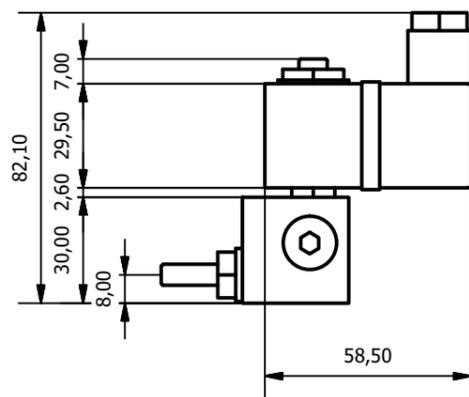


**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

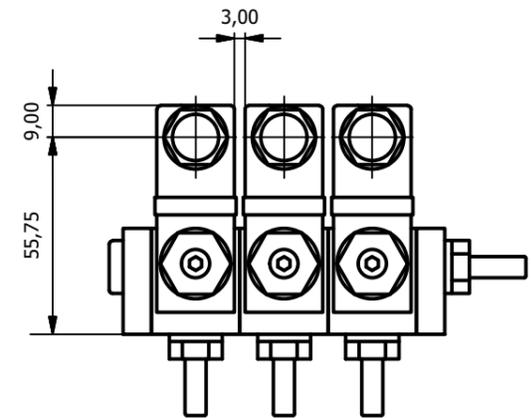
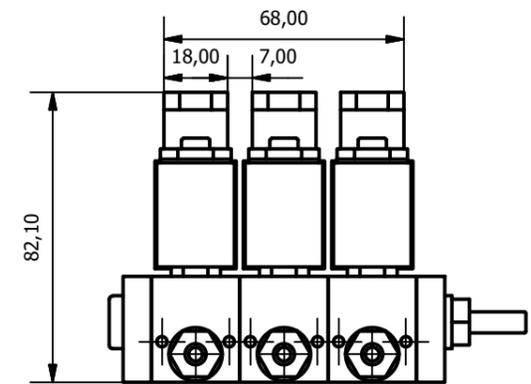
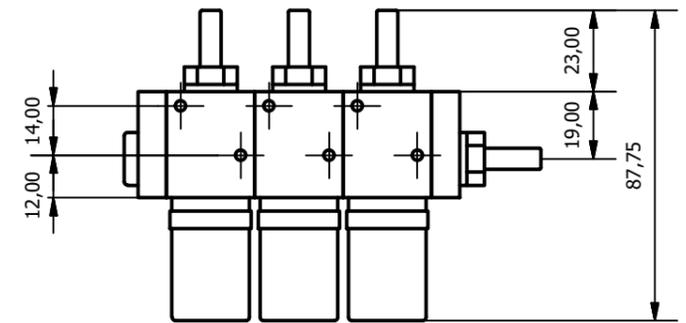
Montaje del Sistema de Calderines

PROYECTO: Prototipo dispositivo Endoworm v3.0	PLANO Nº 2	HOJA 2 / 24
--	----------------------	----------------

Electroválvulas de Llenado



Electroválvulas de Vaciado



Unidades en mm

LISTA DE PIEZAS

ELEMENTO	CTDAD	DESCRIPCIÓN
1	2	Batería de 3 electroválvulas de Lasber, serie N (mini)-pistón, 3/2 NC, aluminio-NBR, 12VDC, 2,5W
2	8	Macho de adaptación para las mangueras conexión macho G1/8 de latón niquelado
3	2	Tapón del orificio lateral de las electroválvulas, conexión macho G1/8, apriete allen
4	6	Conector eléctrico electroválvulas de Lasber, serie K, conector de clase B, sin circuito de led, carcasa negra
5	6	Tapón de conexión macho G1/8 de latón niquelado

DISEÑADO POR: Roberto Zazo Manzanque	COMPROBADO POR: Carlos Sánchez Díaz	FECHA: 10/06/2017	ESCALA: 1 : 2
---	--	----------------------	-------------------------

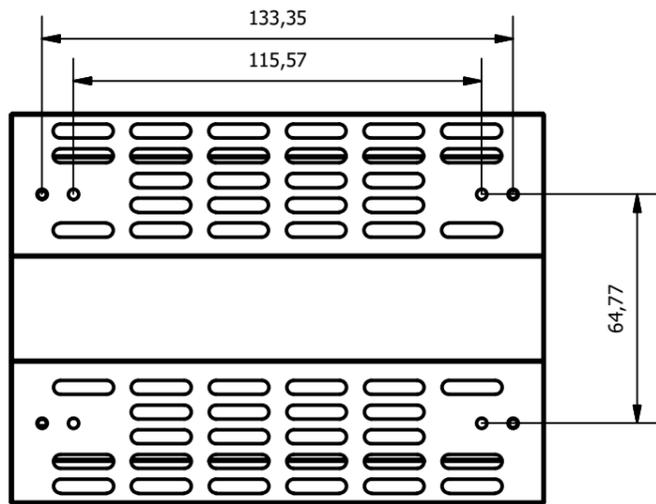
NOTA: Las electroválvulas de llenado (LL1, LL2, LL3), así como la electroválvula de vaciado (VAC2) deben de tener muelles de 6 bares, mientras que las restantes muelles de 1 bar (VAC1 y VAC2). Esto es especificado en la memoria del proyecto con mayor detalle.



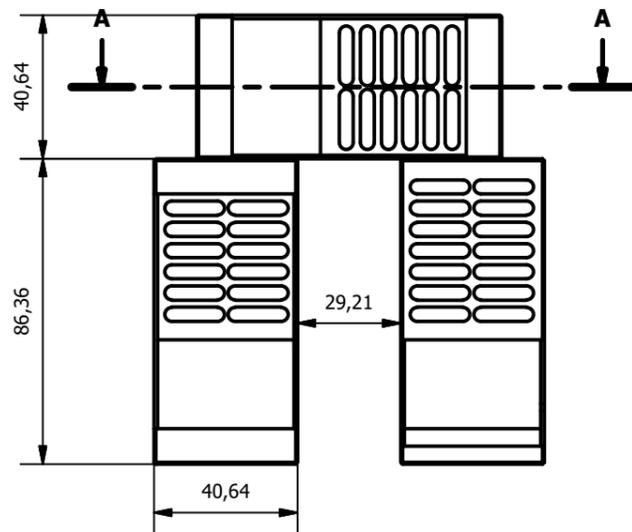
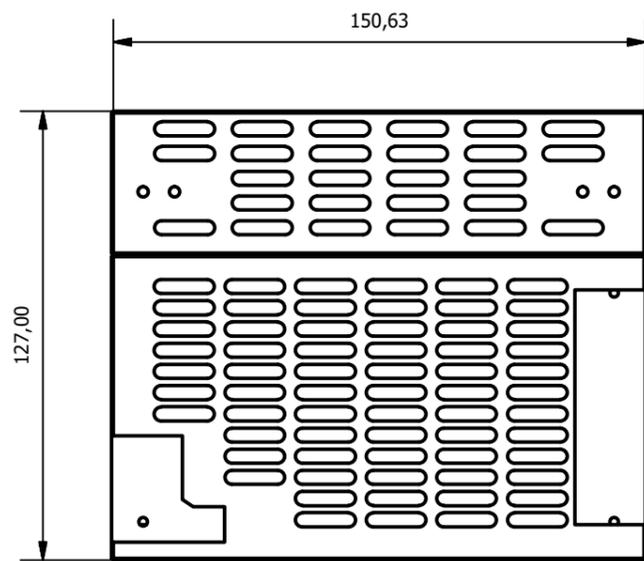
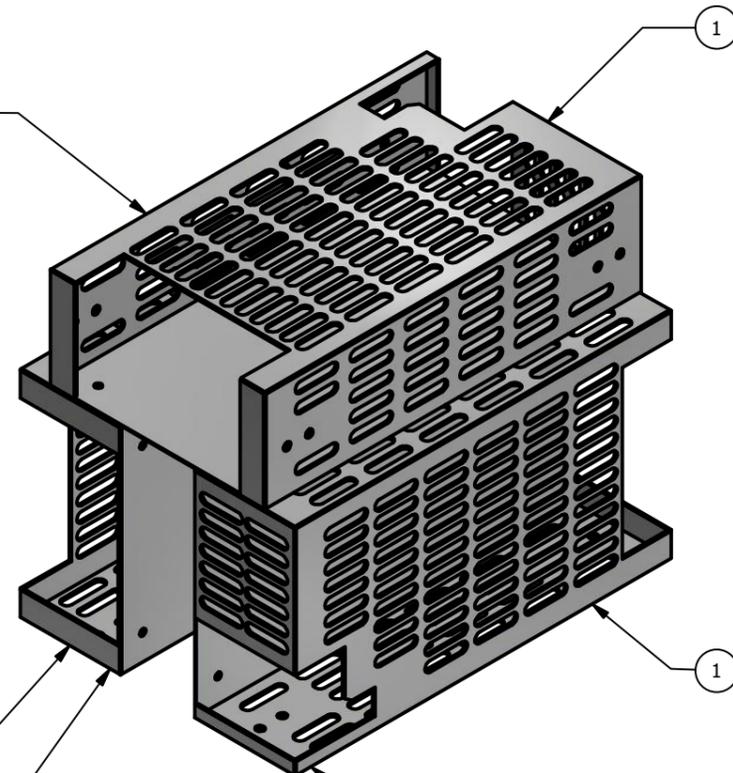
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Montaje bloques de electroválvulas

PROYECTO: Prototipo dispositivo Endoworm v3.0	PLANO Nº 3	HOJA 3 / 24
--	----------------------	----------------

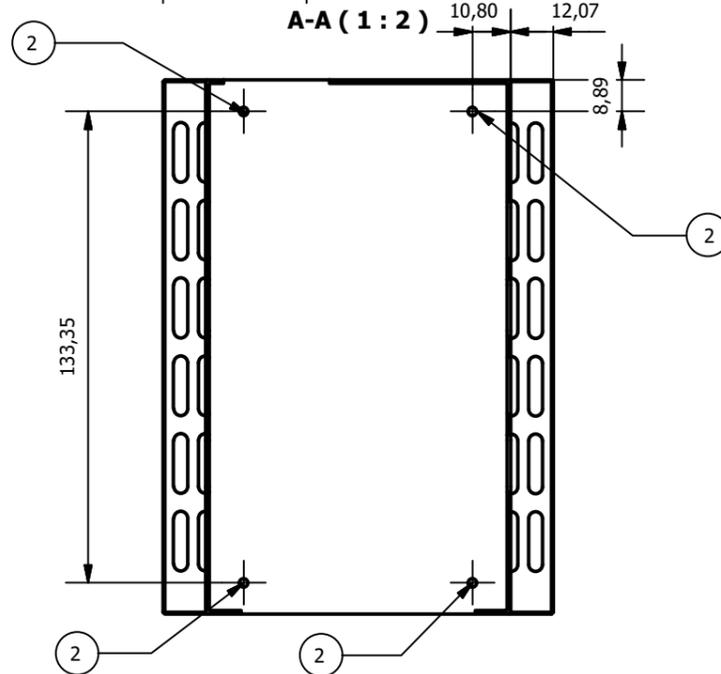
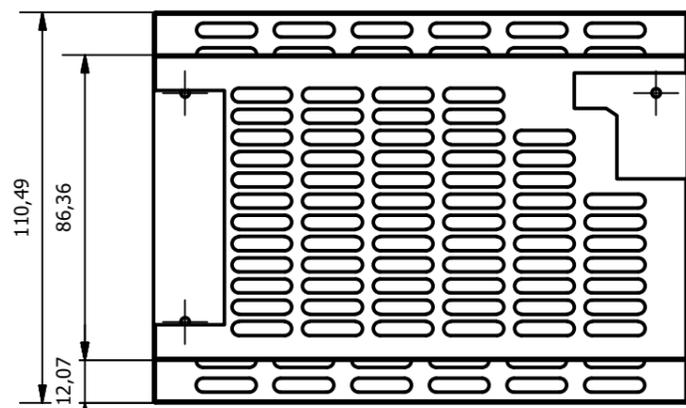


Montar fuente de alimentación SMPS, 28.8W, 24Vdc/1.2A, Mean Well MPS-30-24, para la pantalla táctil



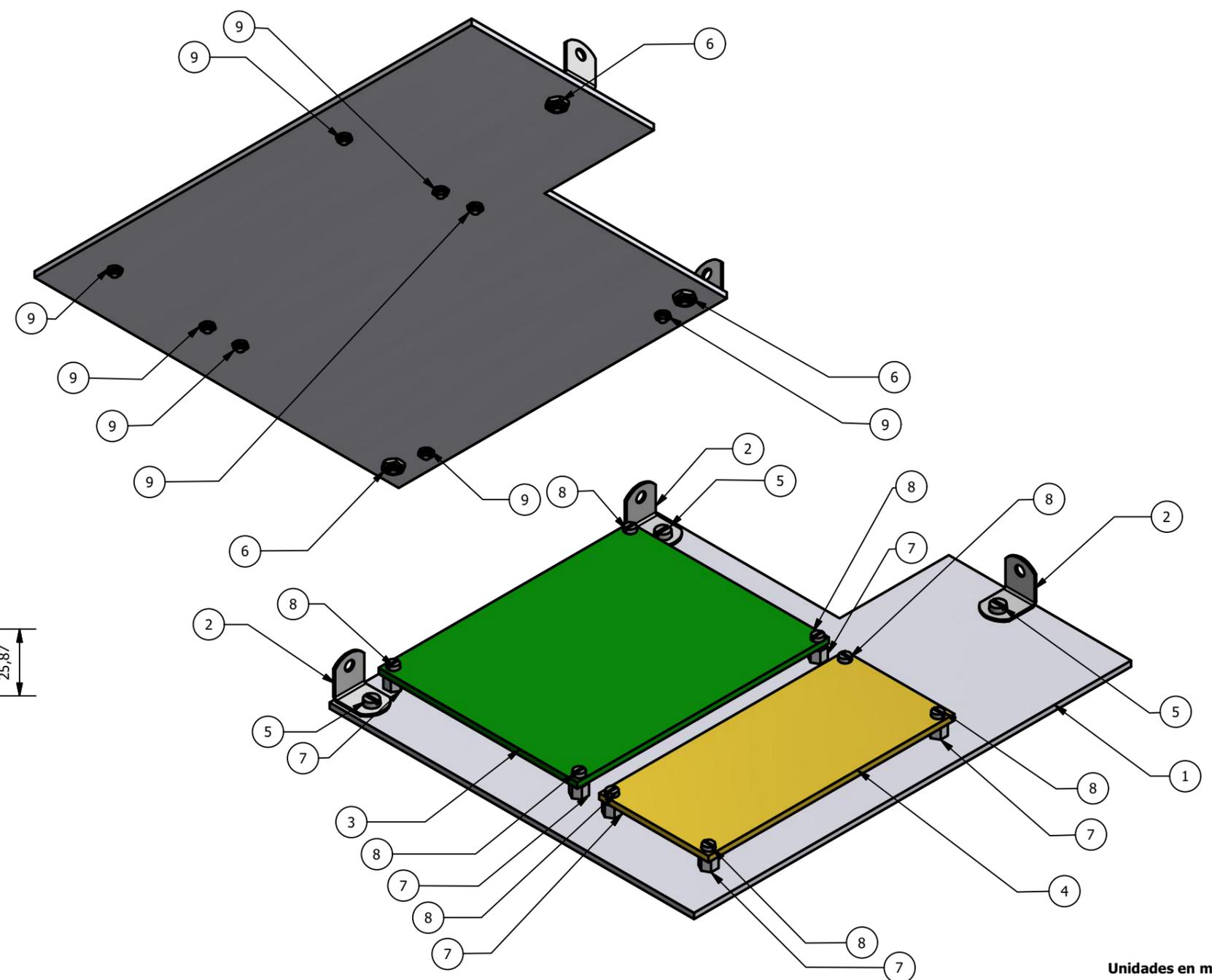
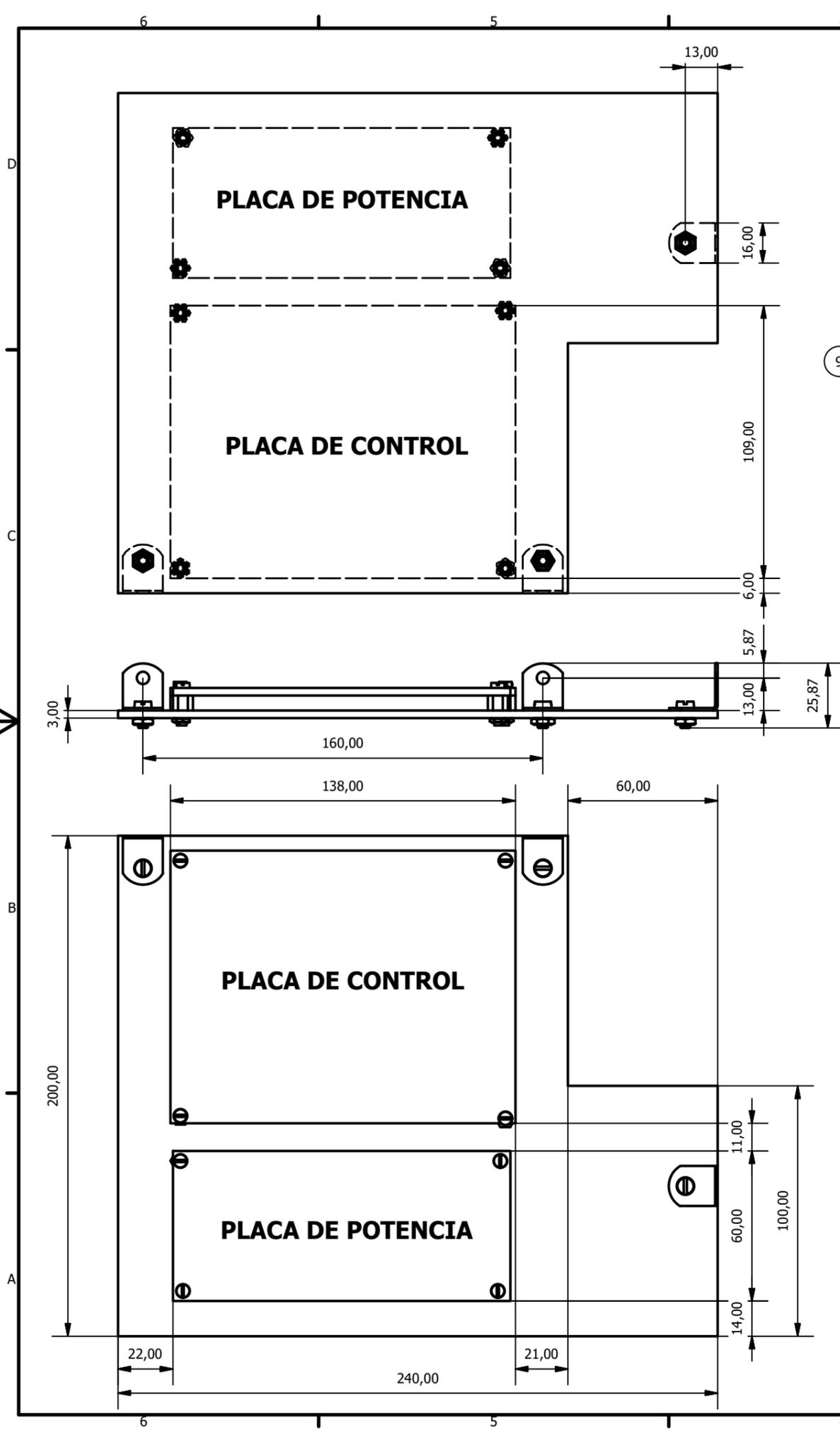
Montar fuente de alimentación SMPS 43.5W de 3 salidas, 5 Vdc ±15 V dc, Mean Well MPT-45C

Montar fuente de alimentación SMPS, 44.4W, 12Vdc / 3.7A, Mean Well MPS-45-12



Unidades en mm

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	DESCRIPCIÓN	
1	3	Carcasa fuentes de alimentación TLP150CJ	
2	4	Tornillo M3 x 10, para ensamblar las tres carcasas	
DISEÑADO POR: Roberto Zazo Manzanque		COMPROBADO POR: Carlos Sánchez Díaz	FECHA: 07/06/2017
		ESCALA: 1 : 2	
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		Montaje bloque de fuentes de alimentación	
		PROYECTO: Prototipo dispositivo Endoworm v3.0	PLANO Nº 4



Unidades en mm

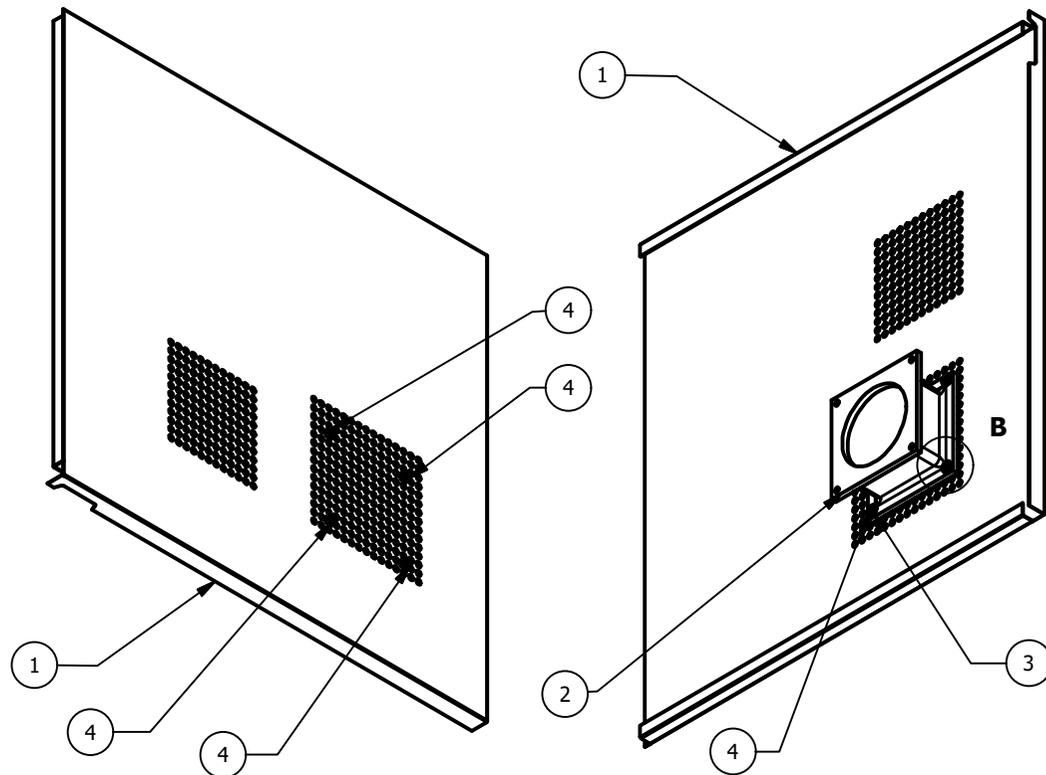
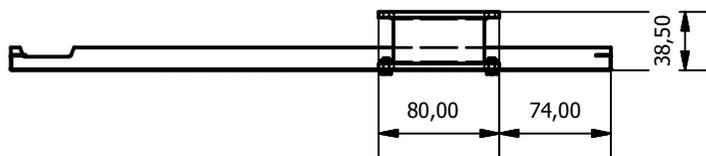
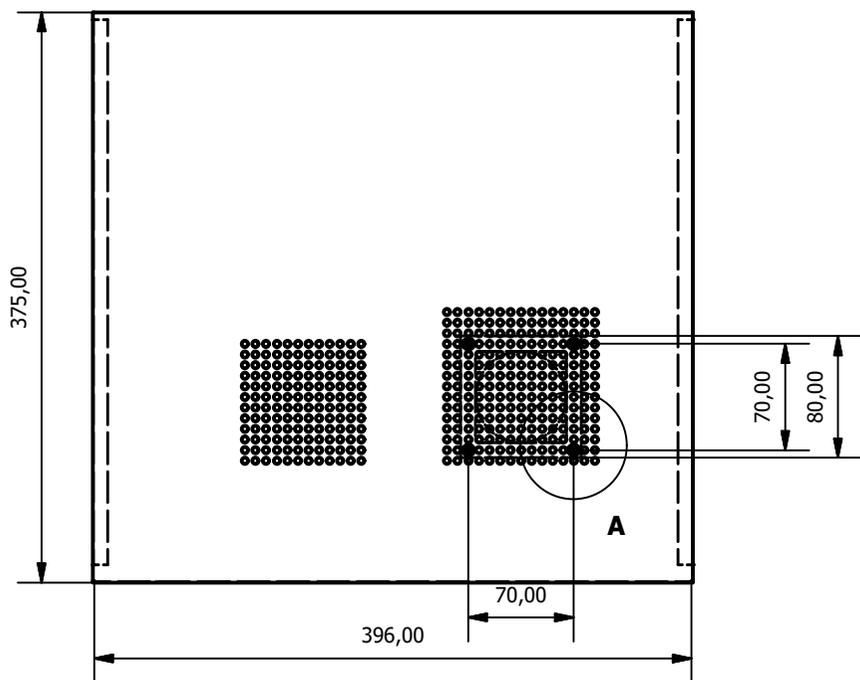
LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	DESCRIPCIÓN
1	1	Soporte PCB's, plancha de material aislante, espesor de 3 mm (Nº PLANO: 11)
2	3	Escuadra de 18x18x16, con agujeros para tornillos M5
3	1	Placa de circuito impreso (PCB) de Control (Nº PLANO: 14-16)
4	1	Placa de circuito impreso (PCB) de Potencia (Nº PLANO: 17-19)
5	3	Tornillo de cabeza hexagonal de acero ISO1207, M4x8
6	3	Tuerca hexagonal de acero DIN EN 24035-M4
7	8	Espaciador aislante macho-hembra, M3, cuerpo 6 mm, L10 mm
8	8	Tornillo cabeza hexagonal aislante M3x6
9	8	Tuerca hexagonal aislante M3

DISEÑADO POR: Roberto Zazo Manzanque	COMPROBADO POR: Carlos Sánchez Díaz	FECHA: 07/06/2017	ESCALA: 1 : 2
---	--	----------------------	-------------------------



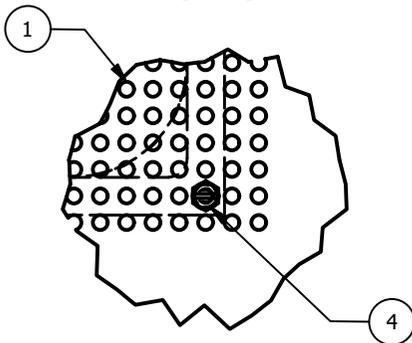
Montaje soporte PCB's Control y Potencia

PROYECTO: Prototipo dispositivo Endoworm v3.0	PLANO Nº 5	HOJA 5 / 24
--	----------------------	----------------

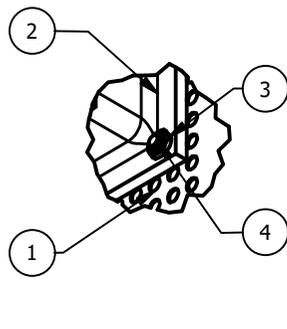


Unidades en mm

A (1:2)



B (1:2)



LISTA DE PIEZAS

ELEMENTO	CTDAD	DESCRIPCIÓN
1	1	Tapa de chapa para la carcasa con un espesor de 0,5 mm de color negro (Nº PLANO: 8)
2	1	Ventilador de la casa SUNON Modelo: SF23080A/2083HSL.GN
3	4	Tuerca hexagonal DIN EN 24035 de M4
4	4	Tornillo de cabeza hexagonal ISO1207 M4x8

DISEÑADO POR:
Roberto Zazo Manzanque

COMPROBADO POR:
Carlos Sánchez Díaz

FECHA:
08/06/2017

ESCALA:
1:5



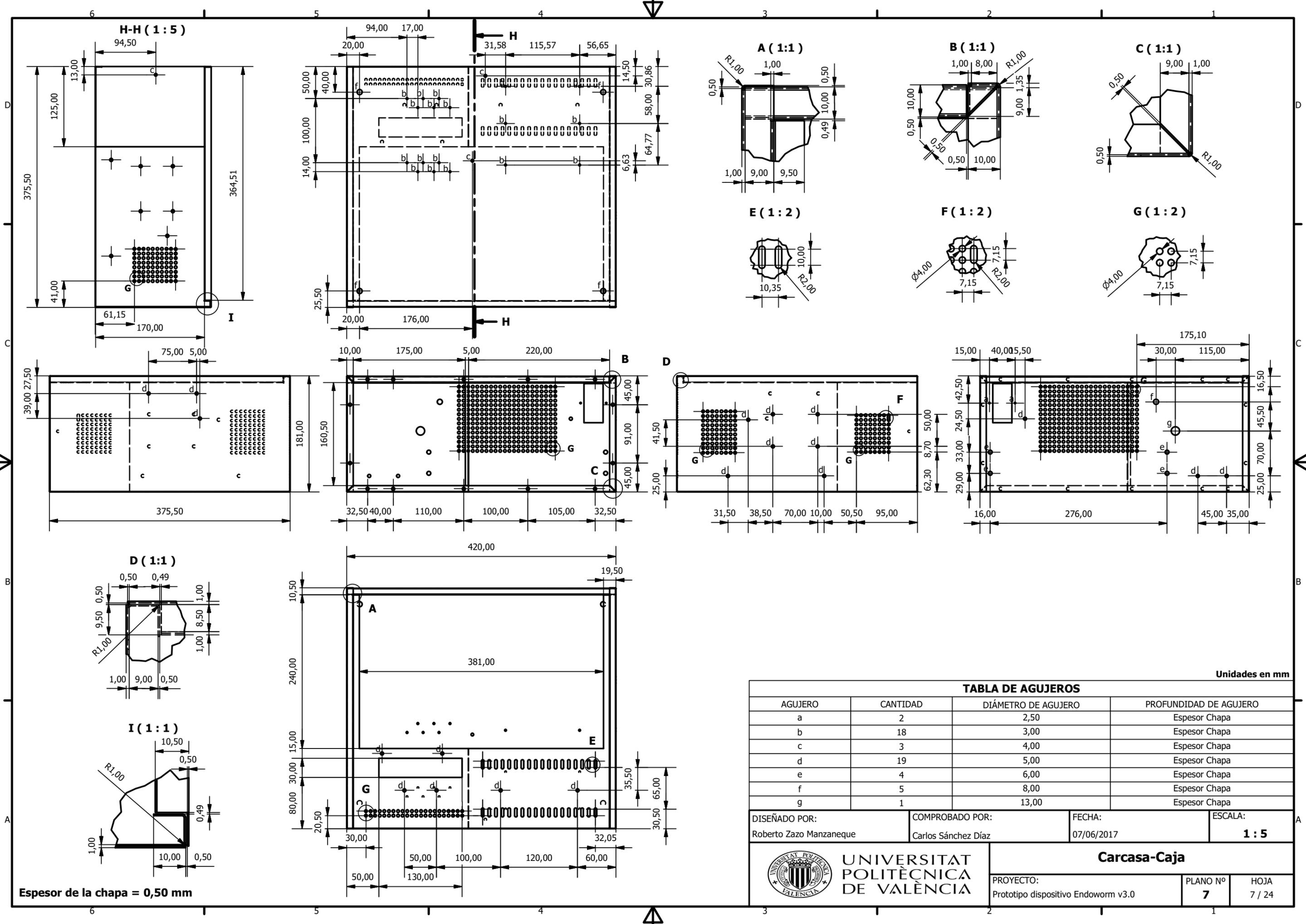
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Montaje del ventilador sobre la carcasa-tapa

PROYECTO:
Prototipo dispositivo Endoworm v3.0

PLANO Nº
6

HOJA
6 / 24



Unidades en mm

TABLA DE AGUJEROS

AGUJERO	CANTIDAD	DIÁMETRO DE AGUJERO	PROFUNDIDAD DE AGUJERO
a	2	2,50	Espesor Chapa
b	18	3,00	Espesor Chapa
c	3	4,00	Espesor Chapa
d	19	5,00	Espesor Chapa
e	4	6,00	Espesor Chapa
f	5	8,00	Espesor Chapa
g	1	13,00	Espesor Chapa

DISEÑADO POR: Roberto Zazo Manzanque
 COMPROBADO POR: Carlos Sánchez Díaz
 FECHA: 07/06/2017
 ESCALA: 1 : 5



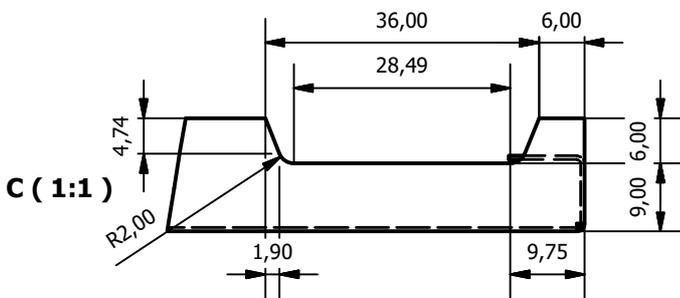
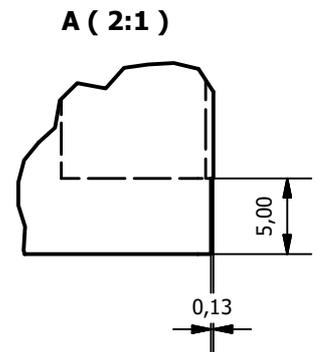
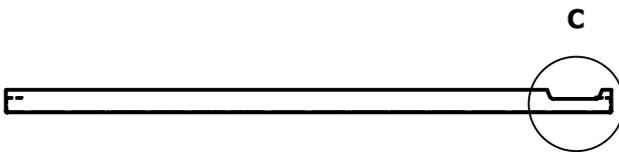
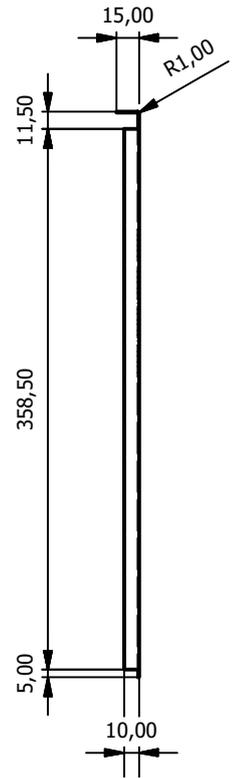
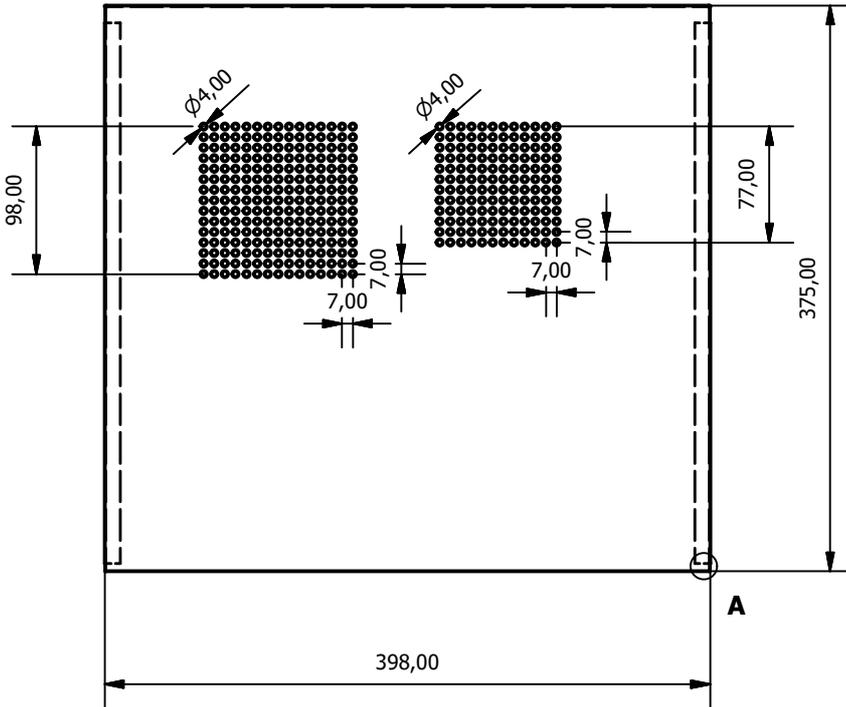
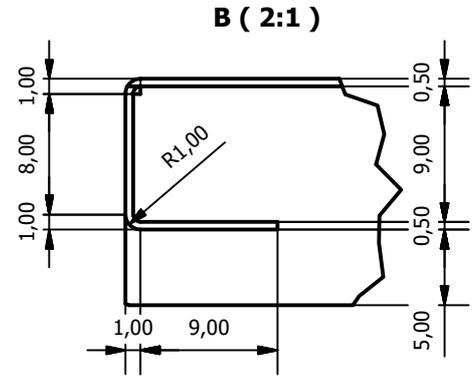
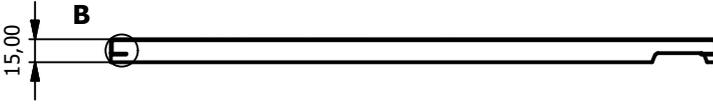
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Carcasa-Caja

PROYECTO: Prototipo dispositivo Endoworm v3.0
 PLANO Nº: 7
 HOJA: 7 / 24

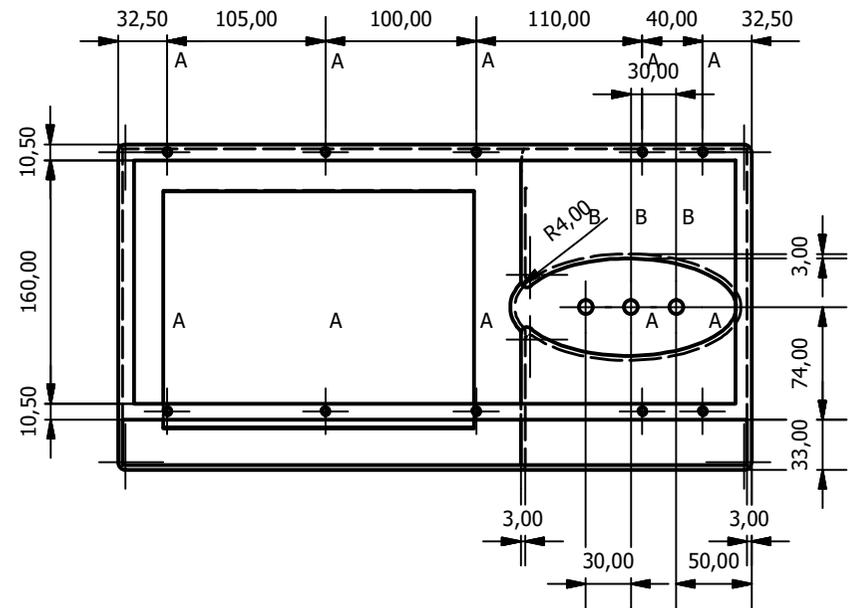
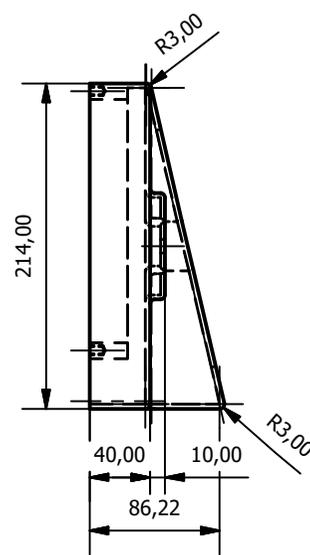
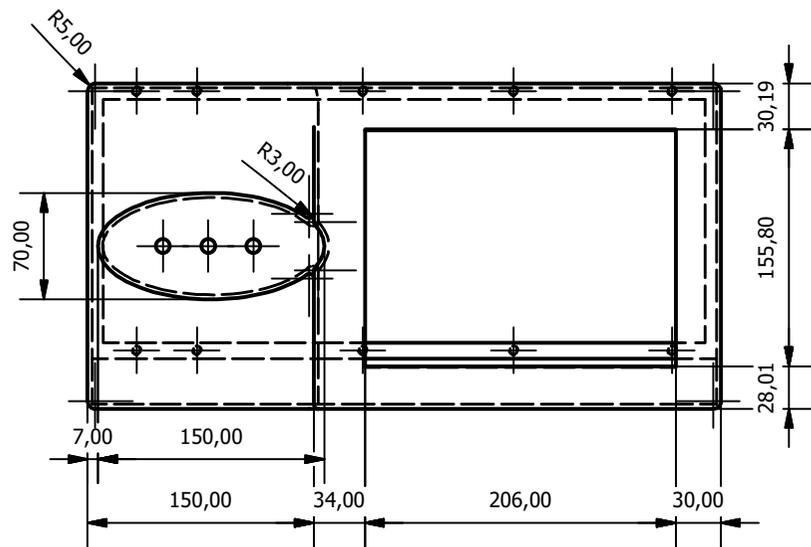
Espesor de la chapa = 0,50 mm

Espesor de la chapa = 0,50 mm



Unidades en mm

DISEÑADO POR: Roberto Zazo Manzanque	COMPROBADO POR: Carlos Sánchez Díaz	FECHA: 08/06/2017	ESCALA: 1 : 5
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		Tapa de la Carcasa-Caja	
		PROYECTO: Prototipo dispositivo Endoworm v3.0	PLANO Nº 8



Unidades en mm

TABLA DE AGUJEROS

AGUJERO	CANTIDAD	DIÁMETRO DE AGUJERO	PROFUNDIDAD DE AGUJERO	CLASE DE ROSCA
A	10	5,00	9,00	M5x0.8 - 6H
B	3	9,00	3,00	-

DISEÑADO POR:
Roberto Zazo Manzaneque

COMPROBADO POR:
Carlos Sánchez Díaz

FECHA:
07/06/2017

ESCALA:
1 : 5



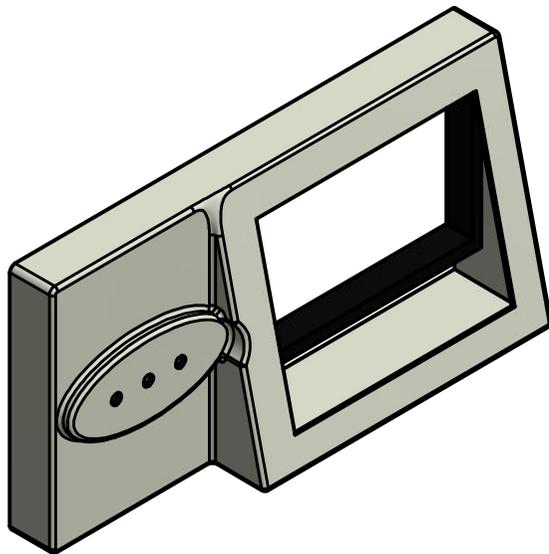
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

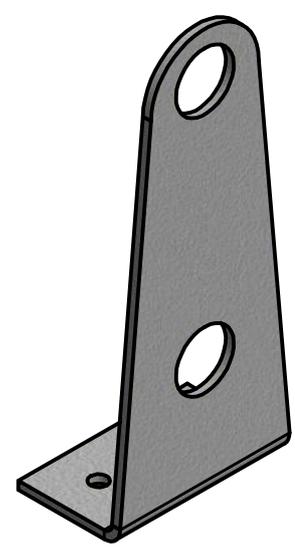
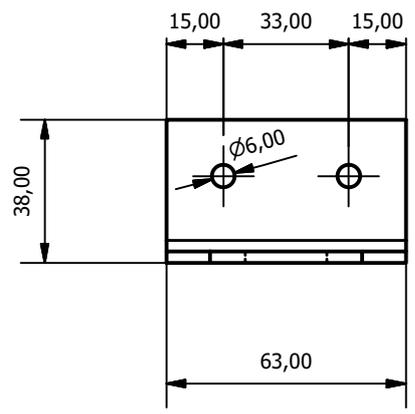
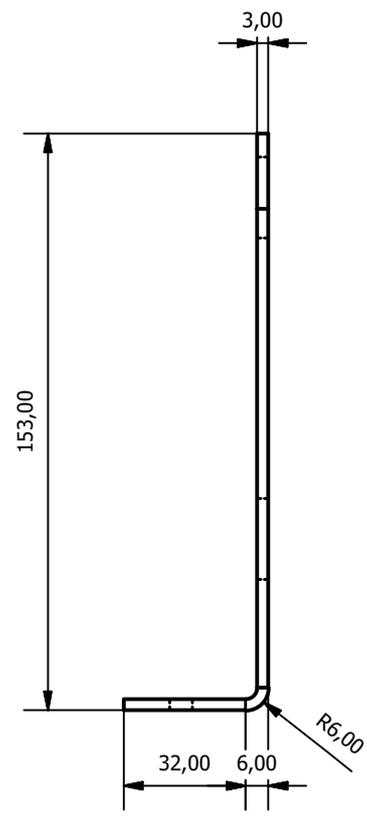
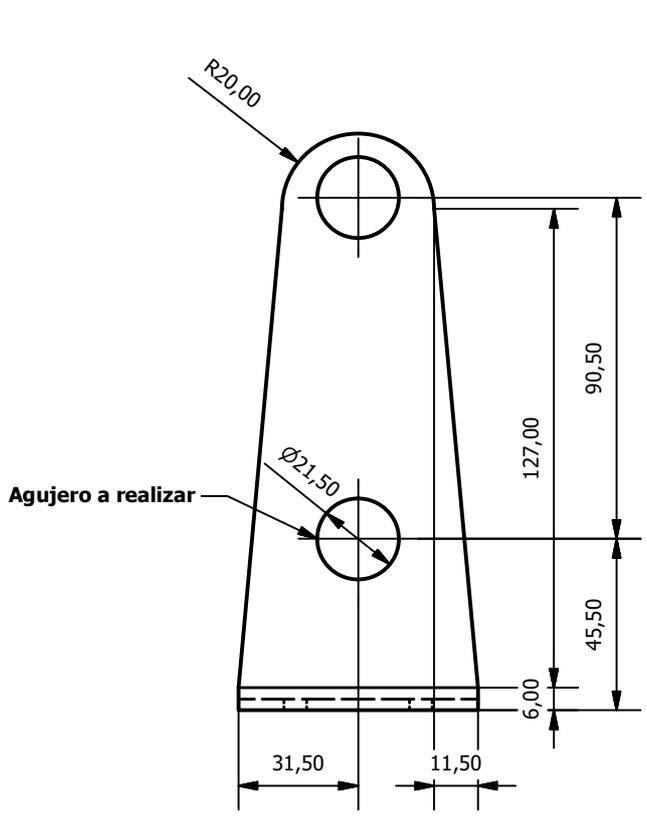
Carcasa Frontal

PROYECTO:
Prototipo dispositivo Endoworm v3.0

PLANO Nº
9

HOJA
9 / 24





Unidades en mm

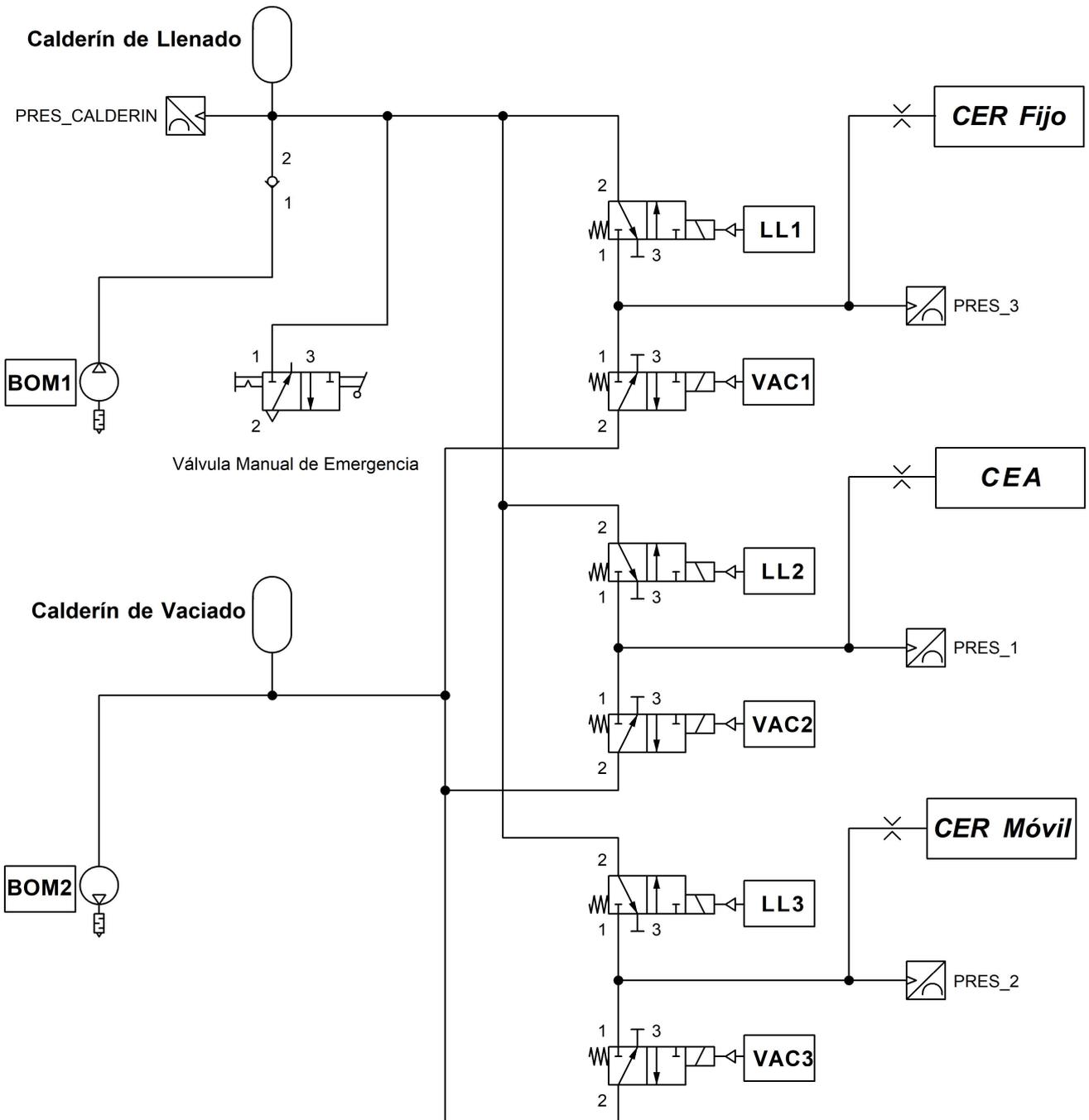
DISEÑADO POR: Roberto Zazo Manzaneque	COMPROBADO POR: Carlos Sánchez Díaz	FECHA: 08/06/2017	ESCALA: 1 : 2
--	--	----------------------	-------------------------



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

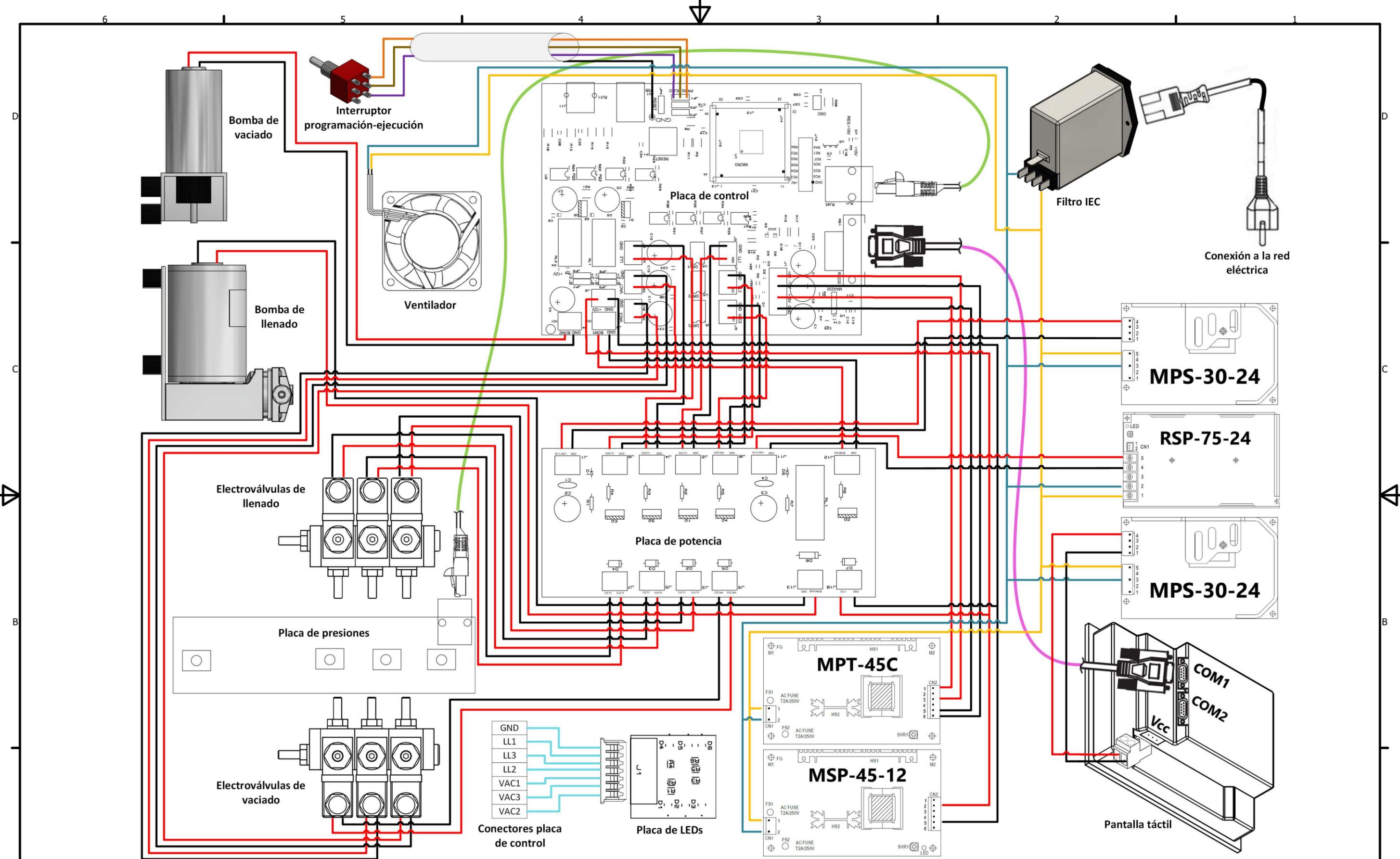
Soporte Calderines Modificado

PROYECTO: Prototipo dispositivo Endoworm v3.0	PLANO Nº 10	HOJA 10 / 24
--	-----------------------	-----------------

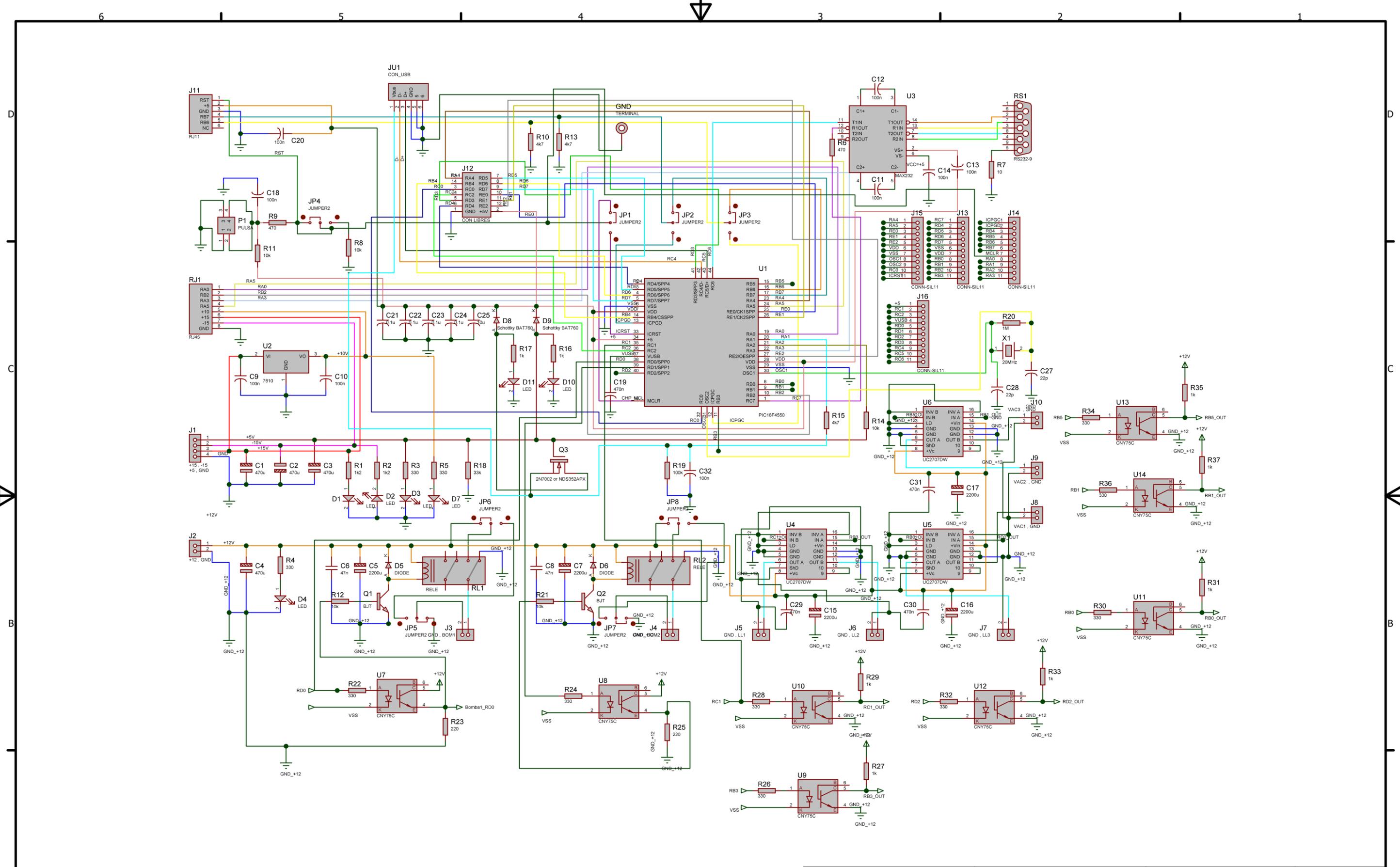


LISTA DE COMPONENTES		
CANTIDAD	COMPONENTE	DESCRIPCION
2	Calderín de llenado, Calderín de vaciado	Reservorio de aire comprimido con una capacidad de 1L
6	LL1 - LL3, VAC1 - VAC3	Electroválvula 3/2 normalmente cerrada (NC)
4	PRES_CALDERIN, PRES_1, PRES_2, PRES_3	Sensor de presión relativa o diferencial, respecto la ambiental
2	BOM1, BOM2	Bombas de compresión de aire
1	Válvula manual de emergencia	Válvula neumática de palanca basculante
3	CEA, CER Fijo, CER Móvil	Orificio de conexión con las cavidades del motor neumático
2	Silenciadores	Filtros de silenciado en la cogida o expulsión de aire de las bombas
-	Tubos	Tubos y mangueras de conexión de los distintos elementos

DISEÑADO POR: Roberto Zazo Manzaneque	COMPROBADO POR: Carlos Sánchez Díaz	FECHA: 08/06/2017	ESCALA: -
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		Esquema Circuito Neumático	
PROYECTO: Prototipo dispositivo Endoworm v3.0		PLANO Nº 12	HOJA 12 / 24

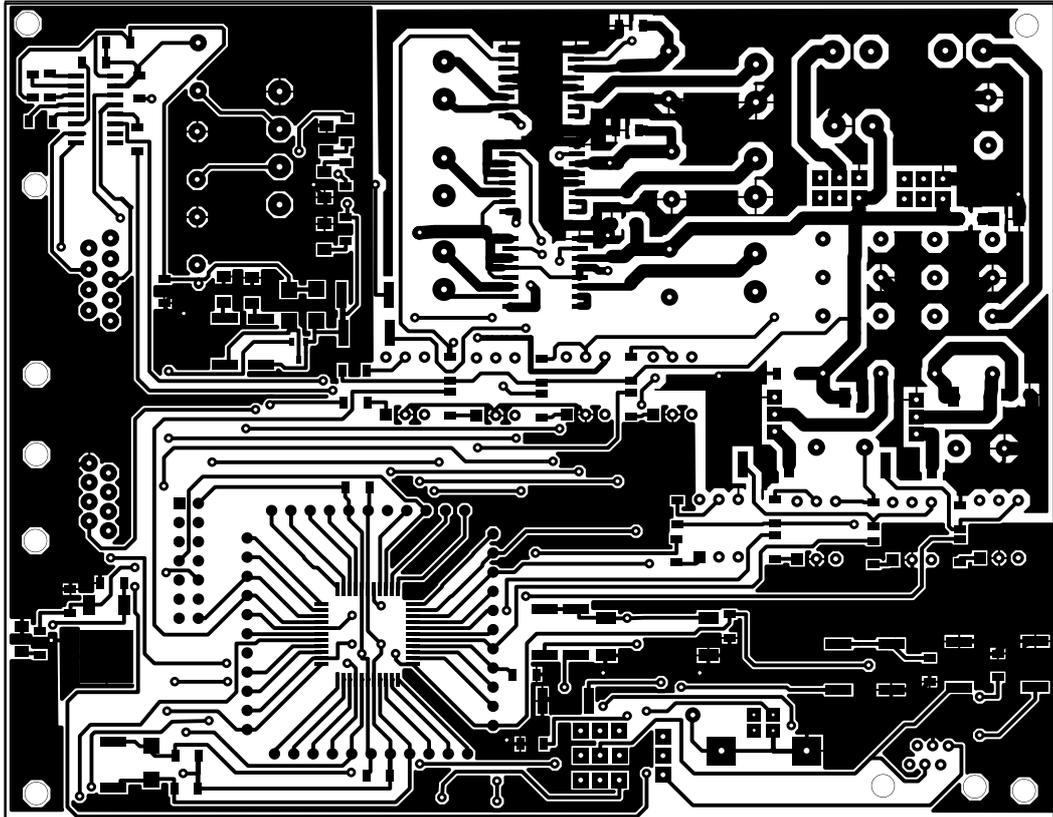


DISEÑO POR: Roberto Zazo Manzanque	COMPROBADO POR: Carlos Sánchez Díaz	FECHA: 05/07/2017	ESCALA: -
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		Esquema de conexiones eléctricas	
		PROYECTO: Prototipo dispositivo Endoworm v3.0	PLANO Nº 13



DISEÑADO POR: Carlos Sánchez Díaz	COMPROBADO POR: Roberto Zazo Manzanegue	FECHA: 13/06/2017	ESCALA: -
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		Esquemático placa de control	
PROYECTO: Prototipo dispositivo Endoworm v3.0		PLANO Nº 14	HOJA 14 / 24

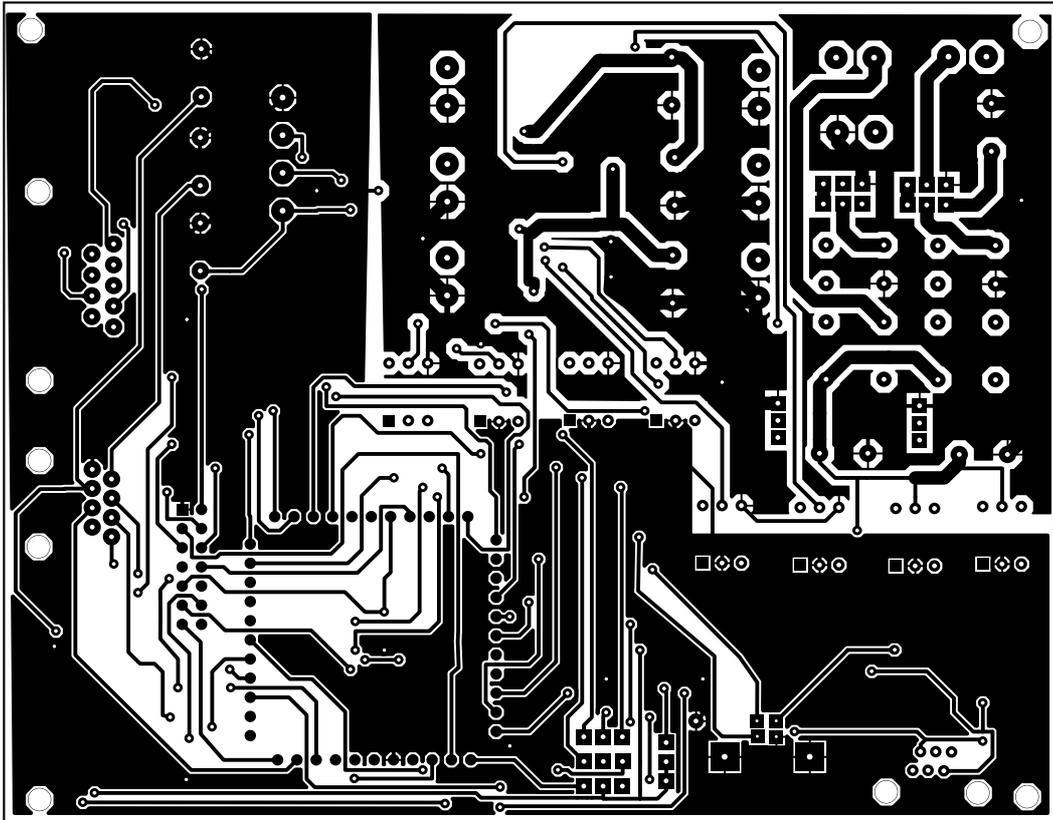
TOP



138,00

109,00

BOTTOM



Unidades en mm

DISEÑADO POR: Carlos Sánchez Díaz	COMPROBADO POR: Roberto Zazo Manzanegue	FECHA: 13/06/2017	ESCALA: 1 : 1
--------------------------------------	--	----------------------	-------------------------

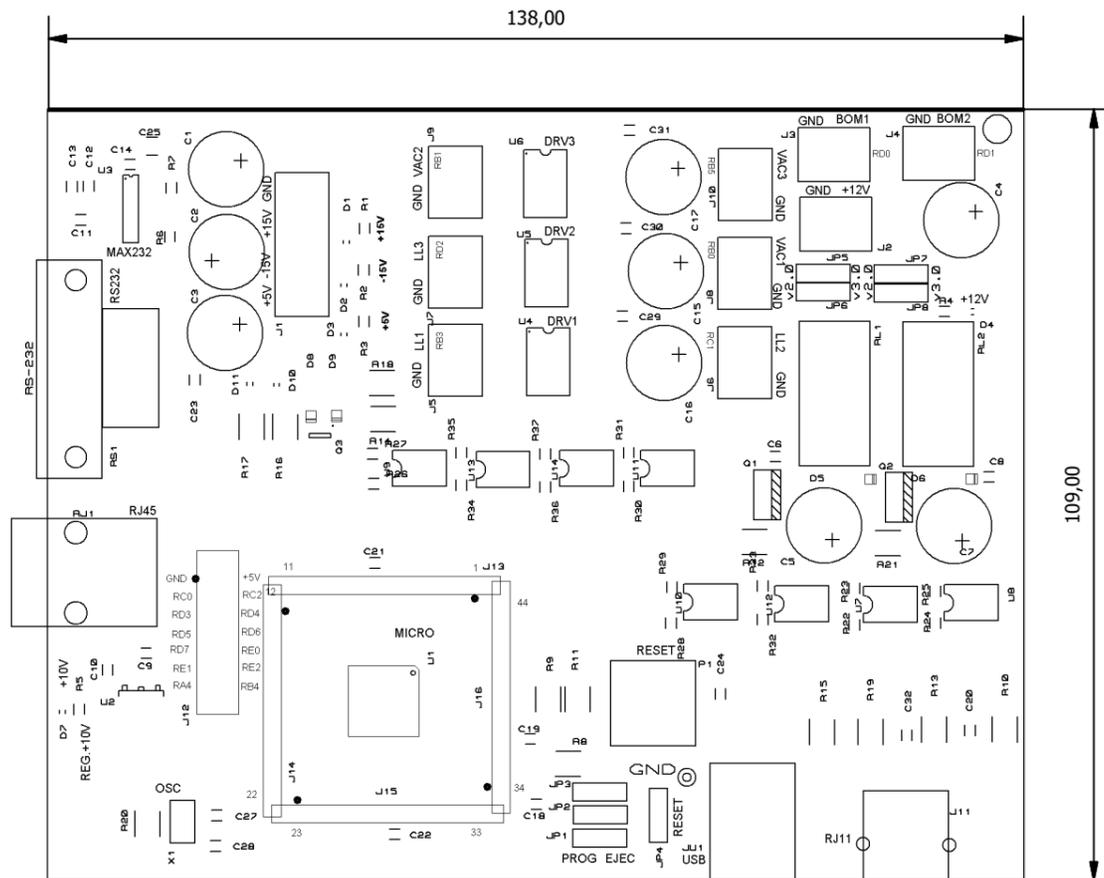


UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

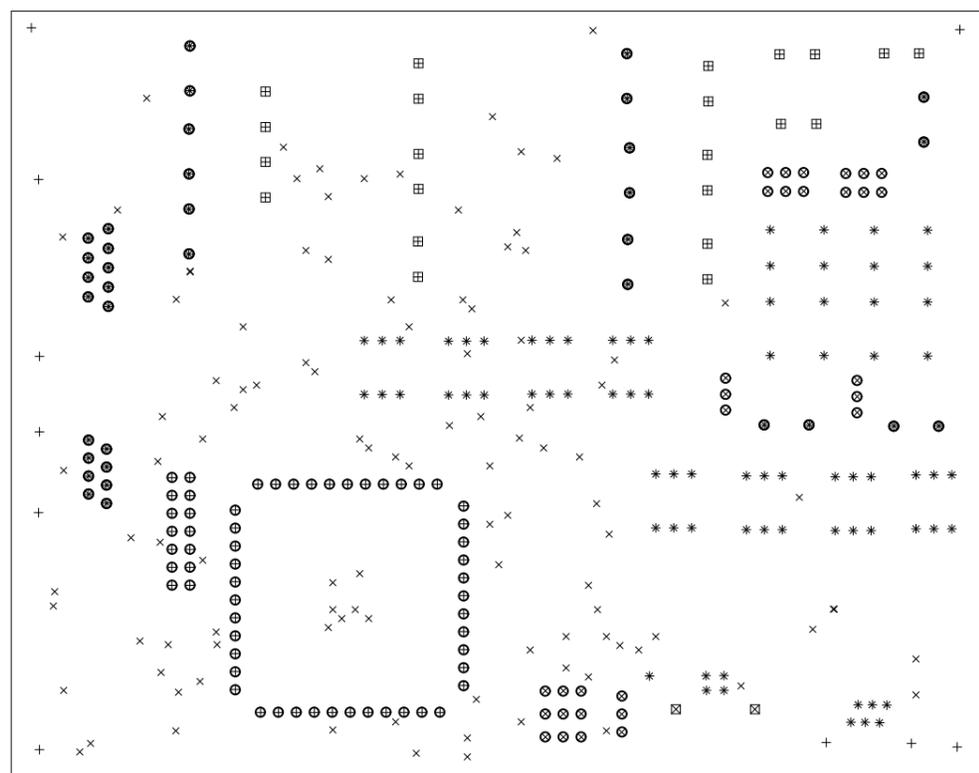
Máscaras placa de control

PROYECTO: Prototipo dispositivo Endoworm v3.0	PLANO Nº 15	HOJA 15 / 24
--	-----------------------	-----------------

Serigrafía



Taladros



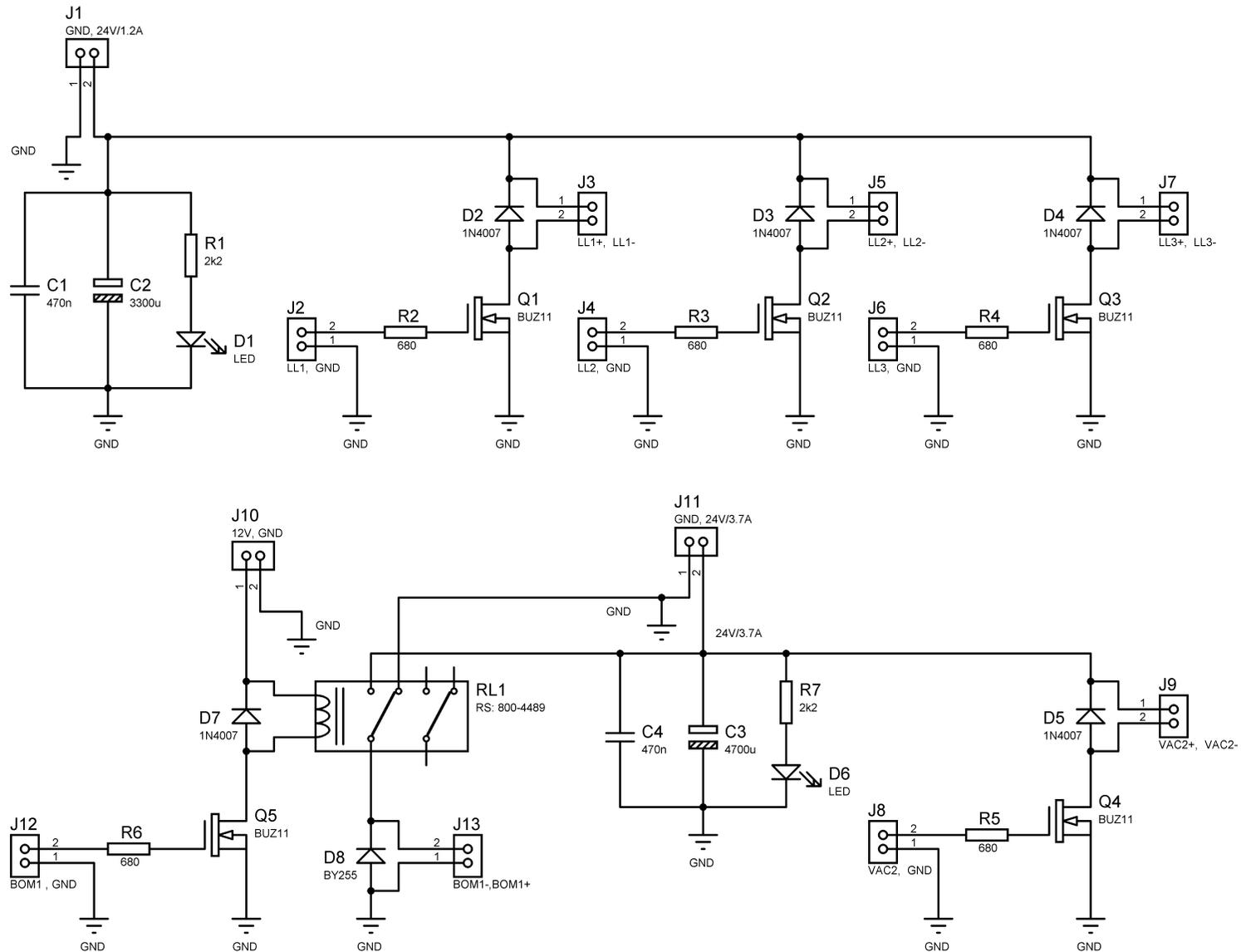
- + 0.076mm (10) × 0.508mm (107) * 0.762mm (75) ⊕ 0.965mm (58)
- ⊗ 1.016mm (30) ⊗ 1.27mm (35) ⊞ 1.524mm (22) ⊠ 1.651mm (2)

LISTA DE COMPONENTES

COMPONENTE	CTDAD	DESCRIPCIÓN
C1-C4	4	Condensador electrolítico de aluminio Vishay MAL203856471E3, 470µF, ±20%, 25 Vdc, Orificio Pasante
C5, C7, C15-C17	5	Condensador electrolítico de aluminio Vishay MAL203856222E3, 2200µF, ±20%, 25 Vdc, Orificio Pasante
C6, C8	2	Condensador PPS de Panasonic, 47nF, 16 V dc, ±5% SMD 1206
C9-C14, C18, C20, C32	9	Condensador cerámico multicapa MLCC, AVX, 100nF, ±5%, 50 Vdc, SMD 1206, X7R dieléctrico
C19, C29-C31	4	Condensador cerámico multicapa MLCC, Murata, 470nF, ±10%, 16 Vdc, SMD 1206, X7R dieléctrico
C21-C24	4	Condensador cerámico multicapa MLCC, KEMET, 100nF, ±20%, 50 V dc, SMD 1206, Z5U dieléctrico
C25	1	Condensador cerámico multicapa MLCC, KEMET, 10µF, ±10%, 10 V dc, SMD 1210, X5R dieléctrico
C27-C28	2	Condensador cerámico multicapa MLCC, AVX, 22pF, ±5%, 100 V dc, SMD 1206, COG dieléctrico
R1-R2	2	Resistencia fija smd 1206 de película gruesa TE Connectivity, 1,2kΩ, ±1%, 0,25W
R3-R5, R22, R24, R26, R28, R30, R32, R34, R36	11	Resistencia fija SMD 1206 de película gruesa TE Connectivity, 330Ω, ±1%, 0,25W
R6	1	Resistencia SMD1206 película gruesa TE Connectivity, 470Ω, ±1%, 0,25W
R7	1	Resistencia SMD1206 de película gruesa TE Connectivity, 10Ω, ±1%, 0,25W
R8, R11-R12, R14, R21	5	Resistencia SMD serie 3520, formato 2512 de alta potencia TE Connectivity, 10kΩ, ±5%, 1W
R9	1	Resistencia SMD serie 3520, formato 2512 de alta potencia TE Connectivity, 470Ω, ±5%, 1W
R10, R13, R15	3	Resistencia SMD serie 3520, formato 2512 de alta potencia TE Connectivity, 4,7kΩ, ±5%, 1W
R16-R17	2	Resistencia SMD serie 3520, formato 2512 de alta potencia TE Connectivity, 1kΩ, ±5%, 1W
R18	1	Resistencia SMD serie 3520, formato 2512 de alta potencia TE Connectivity, 33kΩ, ±5%, 1W
R19	1	Resistencia SMD serie 3520, formato 2512 de alta potencia TE Connectivity, 100kΩ, ±5%, 1W
R20	1	Resistencia SMD serie 3520, formato 2512 de alta potencia TE Connectivity, 1MΩ, ±5%, 1W
R23, R25	2	Resistencia SMD1206 de película gruesa TE Connectivity, 220Ω, ±1%, 0,25W
R27, R29, R31, R33, R35, R37	6	Resistencia SMD1206 de película gruesa TE Connectivity, 1kΩ, ±1%, 0,25W
U1	1	PIC18F4550, microcontrolador de 8 bit, 2048 B RAM, 32 kB, 256 B Flash, TQFP44, velocidad de 48MHz USB
U2	1	Regulador de tensión lineal, BA17810FP-E2, 1A 10 V 1W TO-252 3 pines
U3	1	Transceptor de línea doble, MAX232ID, 2-TX 2-RX 120kbps, SOIC16, RS-232, 5 V
U4-U6	3	Driver de potencia de 2 canales UC2707DW, 1.5A cada salida, rango de operacion de 4 a 40V, SOIC16 wide
U7-U14	8	Optoacoplador Vishay, CNY75C, entrada DC, Salida Fototransistor, orificio pasante, PDIP 6
Q1-Q2	2	Transistor, BD137G, NPN 1,5 A 60 V HFE:25 TO-225, 3 pines
Q3	1	MOSFET, NDS352AP, P-Canal, 900 mA, 30 V, 3-Pin, SOT-23
D1-D4, D7, D10-D11	7	LED Kingbright, Verde, 570 nm, 300 mcd, 2,1 V, 35 °, Serie 1206, 3216 (1206)
D5-D6	2	Diodo, GF1G-E3/67A, Conmutación, 1A, 400V, 2µs, DO-214BA, 2-Pines, Conexión de silicio
D8-D9	2	Diodo, BAT760,115, 1A, 20V, SOD-323, 2-Pines
GND	1	Cabezal de pines, HARWIN serie M20, Recto 36 pines 1 fila paso 2.54mm, Terminación Soldada, Orificio Pasante, partir en 1 pin
J1	1	Bloque de terminal PCB, Weidmuller serie OMNIMATE SL, Recto 4 pines 1 fila paso 5.08mm, Terminación Soldada
J2-J10	9	Bloque de terminal PCB, Weidmuller serie OMNIMATE SL, Recto 2 pines 1 fila paso 5.08mm, Terminación Soldada
J11	1	Conector hembra RJ11 RS Pro, 6P6C vías, Ángulo de 90°, Montaje en PCB, Hembra, Conector Hembra Modular
J12	1	Cabezal de pines, RS Pro, Recto 20 pines 2 filas paso 2.54mm, Terminación Soldada, Orificio Pasante
J13-J16	4	Cabezal de pines, HARWIN serie M20, Recto 36 pines 1 fila paso 2.54mm, Terminación Soldada, Orificio Pasante, partir en tiras de 11 pines
JP1-JP8	8	Jumper Stelvio Kontek 3132512020476, Recto, Hembra, Azul, 2 contactos, 1 fila, 2.54mm
JU1	1	Conector USB tipo B, ASSMANN WSW, 1 puerto, Ángulo de 90°, Orificio Pasante, Hembra
P1	1	Interruptor Táctil tipo Émbolo, Transparente, IP67, KNITTER-SWITCH TSSE12S
RJ1	1	Conector RJ45 Molex 95501-2881, Vías: 8, Cat3, No apantallado, Ángulo de 90°, Orificio Pasante, Hembra, Serie RJ45
RL1-RL2	2	Relé sin enclavamiento, DPDT, Montaje en PCB, 12Vdc, Omron G5V-2-H 12DC
RS1	1	Conector D-sub PCB TE Connectivity, Serie Amplimite HD-20, paso 2.74mm, Ángulo de 90°, Orificio Pasante, Hembra
X1	1	Unidad de cristal 20MHz, ±30ppm, SMD, 2-Pin, SMD 6 x 3.5 x 1.2mm

Unidades en mm

DISEÑADO POR: Carlos Sánchez Díaz	COMPROBADO POR: Roberto Zazo Manzaneque	FECHA: 13/06/2017	ESCALA: 1 : 1
		Serigrafía y taladros placa de control	
		PROYECTO: Prototipo dispositivo Endoworm v3.0	PLANO Nº 16



DISEÑADO POR: Roberto Zazo Manzaneque	COMPROBADO POR: Carlos Sánchez Díaz	FECHA: 13/06/2017	ESCALA: -
--	--	----------------------	--------------

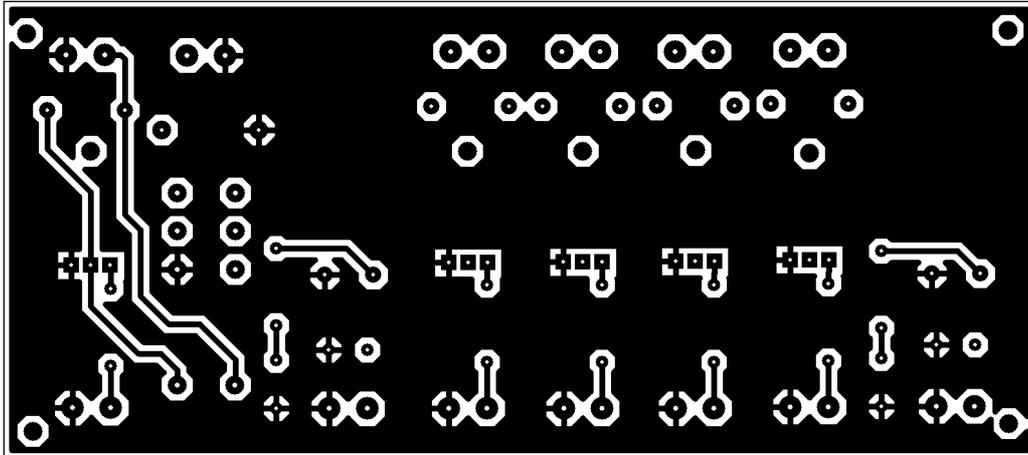


UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

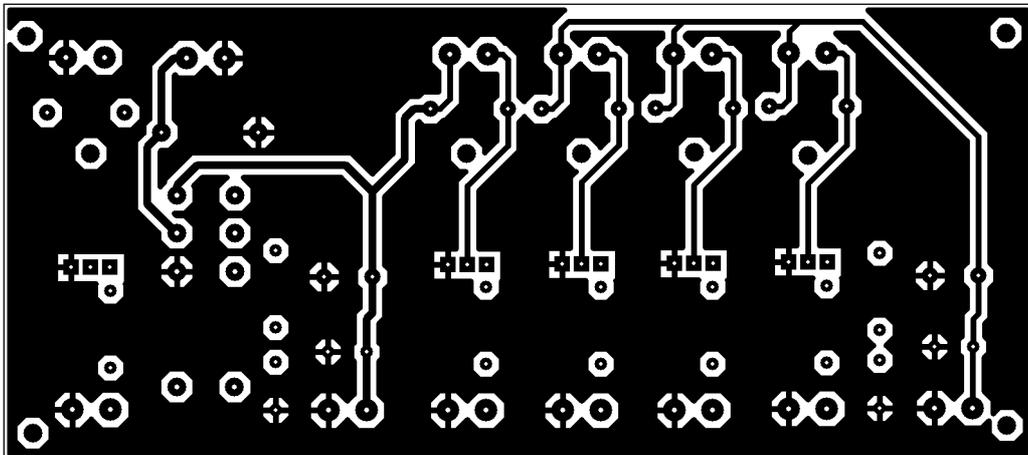
Esquemático placa de potencia

PROYECTO: Prototipo dispositivo Endoworm v3.0	PLANO Nº 17	HOJA 17 / 24
--	-----------------------	-----------------

TOP



BOTTOM



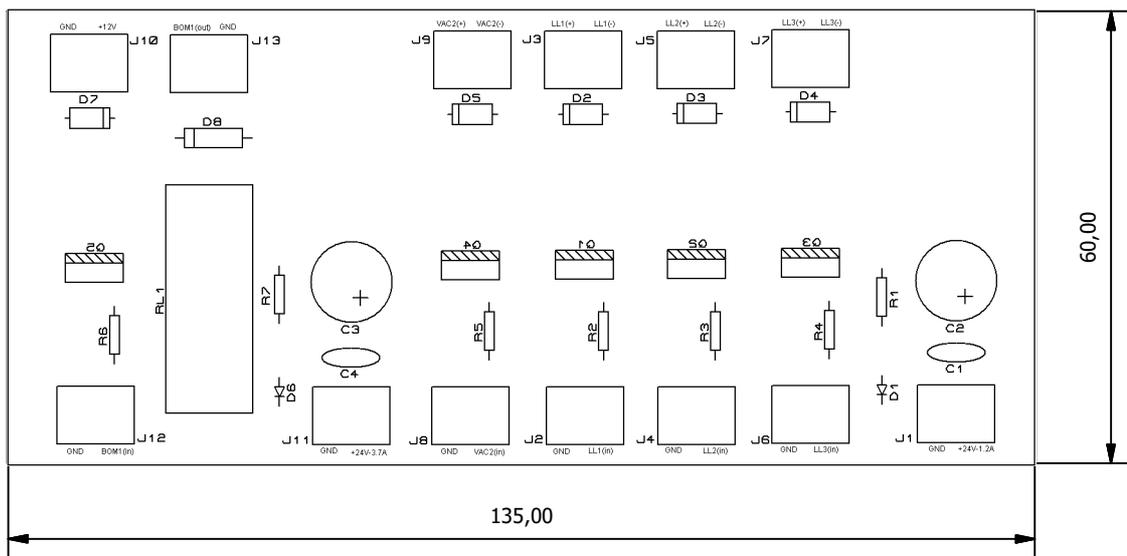
60,00

135,00

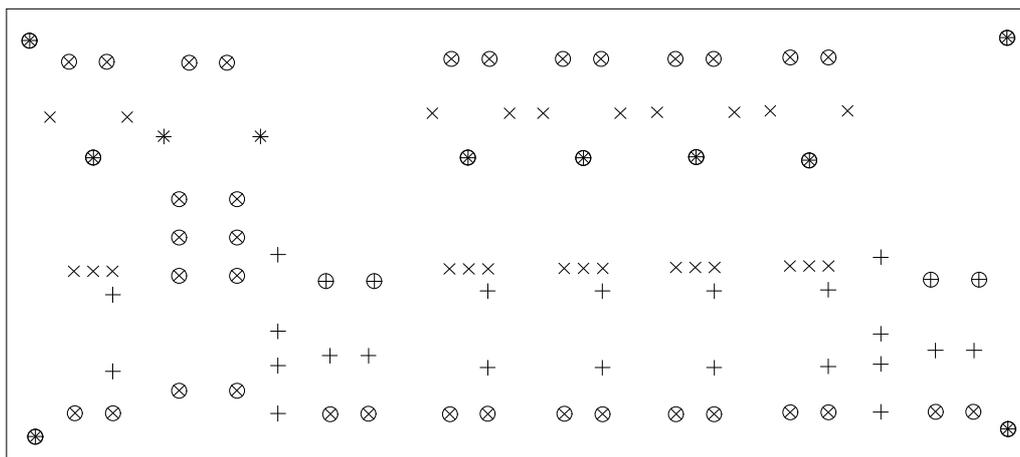
Unidades en mm

DISEÑADO POR: Roberto Zazo Manzaneque	COMPROBADO POR: Carlos Sánchez Díaz	FECHA: 13/06/2017	ESCALA: 1 : 1
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	Máscaras de la placa de potencia		
	PROYECTO: Prototipo dispositivo Endoworm v3.0	PLANO Nº 18	HOJA 18 / 24

SERIGRAFÍA



TALADROS



+ 0.762mm (22) × 1.016mm (25) * 1.143mm (2) ⊕ 1.27mm (4) ⊗ 1.524mm (34) ⊗ 2.286mm (9)

Unidades en mm

LISTA DE COMPONENTES

COMPONENTE	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
C1, C4	2	Condensador cerámico de 470 nF serie E12, con tensión nominal máxima de 25V
C2	1	Condensador electrolítico de 3.300 µF serie E12, con tensión nominal máxima de 25V
C3	2	Condensador electrolítico de 4.700 µF serie E12, con tensión nominal máxima de 25V
R1, R7	2	Resistencia de 2,2 kΩ serie E24 de 1/4 de W
R2 - R6	5	Resistencia de 680 Ω serie E24 de 1/4 de W
Q1 - Q5	5	MOSFET, BUZ11_NR4941, N-Canal, 30 A, 50 V, 3-Pin, TO-220AB
D1, D6	2	LED Kingbright, Montaje en orificio pasante, Verde, 568 nm, 3 mcd, 2,5 V, 110 °, Serie Rectangular
D2 - D5	5	Diodo, 1N4007RLG, Conmutación, 1A, 1000V, DO-41, 2-Pines, Conexión de silicio
D8	1	Diodo, BY255P-E3/54, Conmutación, 3A, 1300V, 3µs, DO-201AD, 2-Pines, Conexión de silicio
RL1	1	Relé sin enclavamiento, DPDT, Montaje en PCB, 10 A, 12V
J1 - J13	13	Bloque de terminal PCB, Weidmuller serie OMNIMATE SL, Recto 2 pines 1 fila paso 5.08mm

DISEÑADO POR:

Roberto Zazo Manzaneque

COMPROBADO POR:

Carlos Sánchez Díaz

FECHA:

13/06/2017

ESCALA:

1 : 1



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Serigrafía y taladros de la placa de potencia

PROYECTO:

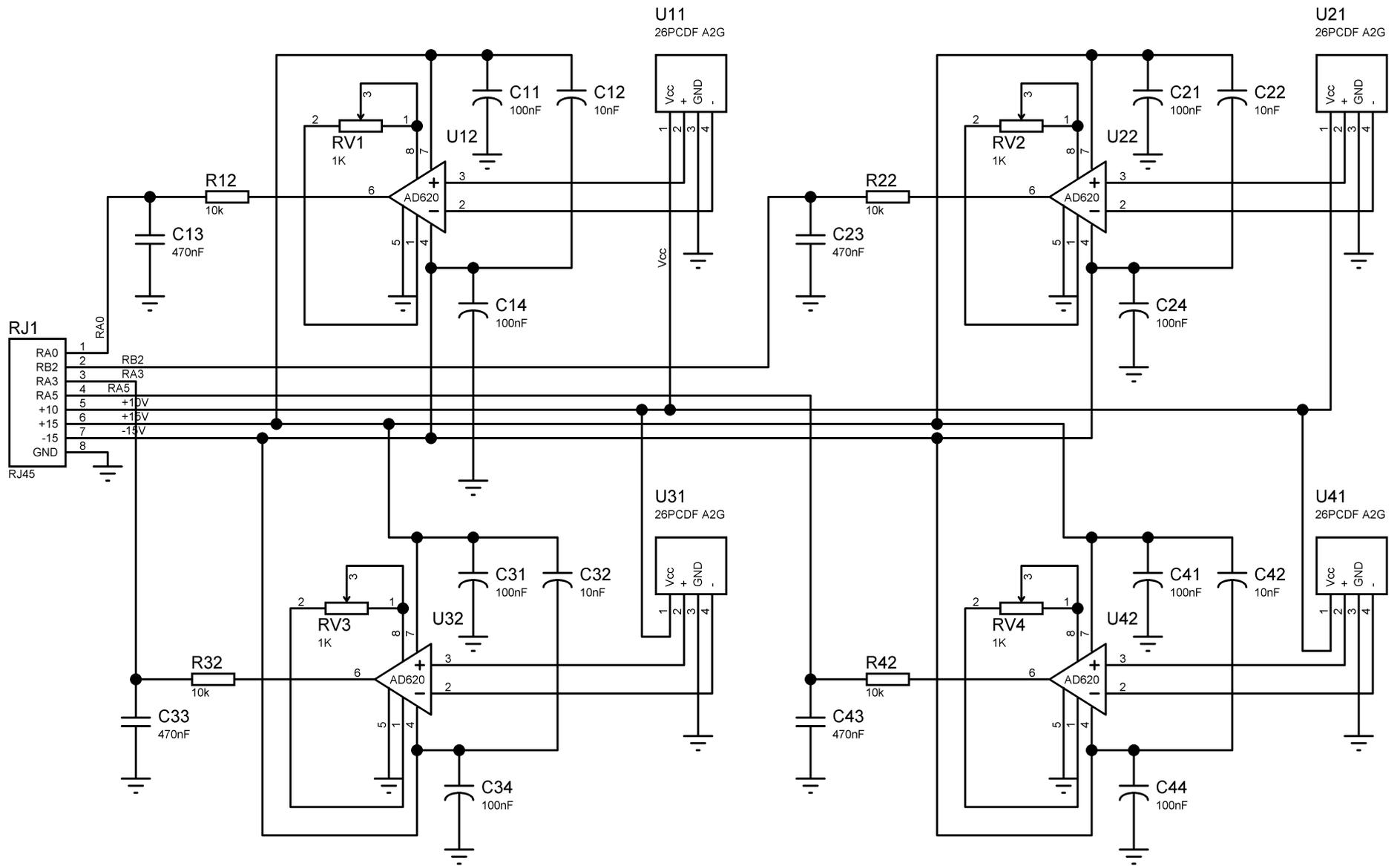
Prototipo dispositivo Endoworm v3.0

PLANO Nº

19

HOJA

19 / 24



DISEÑADO POR: Carlos Sánchez Díaz	COMPROBADO POR: Roberto Zazo Manzaneque	FECHA: 13/06/2017	ESCALA: -
--------------------------------------	--	----------------------	--------------

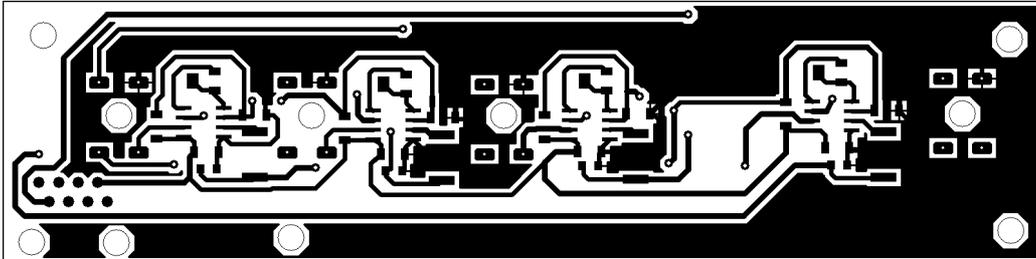


UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

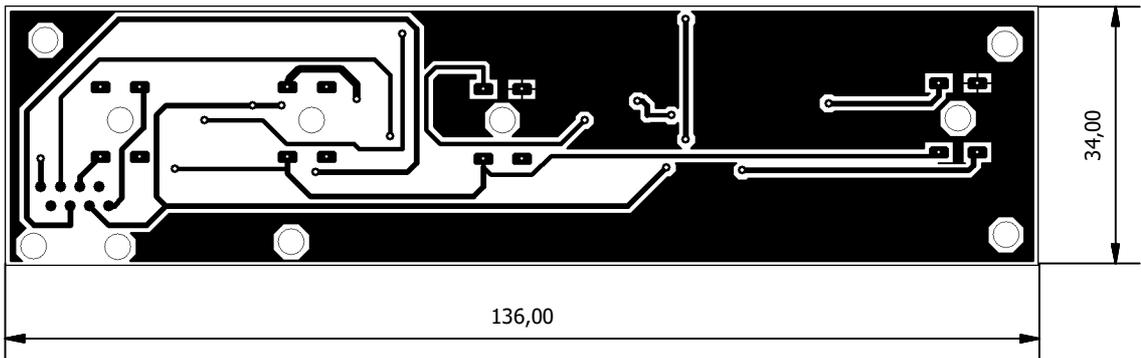
Esquemático placa de presiones

PROYECTO: Prototipo dispositivo Endoworm v3.0	PLANO Nº 20	HOJA 20 / 24
--	-----------------------	-----------------

TOP



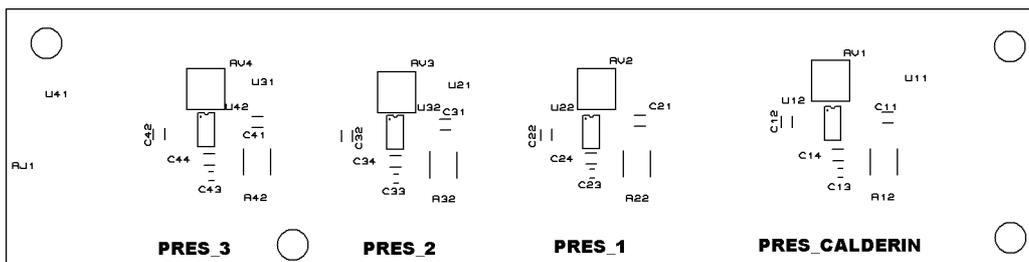
BOTTOM



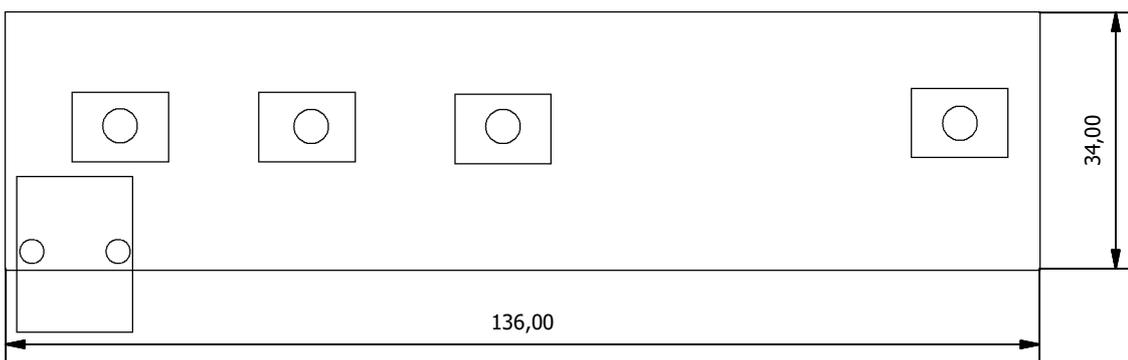
Unidades en mm

DISEÑADO POR: Carlos Sánchez Díaz	COMPROBADO POR: Roberto Zazo Manzaneque	FECHA: 13/06/2017	ESCALA: 1 : 1
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	Máscaras placa de presiones		
	PROYECTO: Prototipo dispositivo Endoworm v3.0	PLANO Nº 21	HOJA 21 / 24

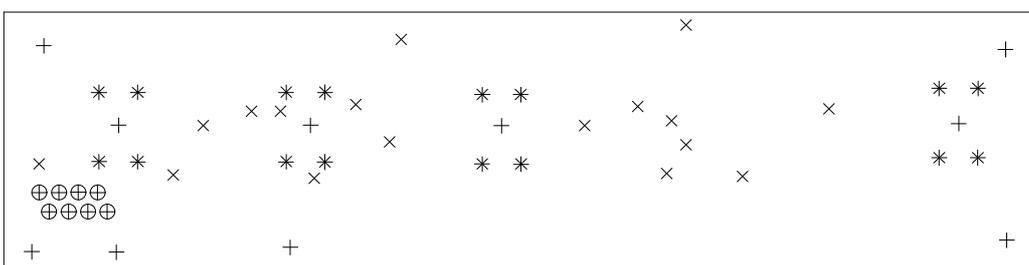
SERIGRAFIA TOP



SERIGRAFIA BOTTOM



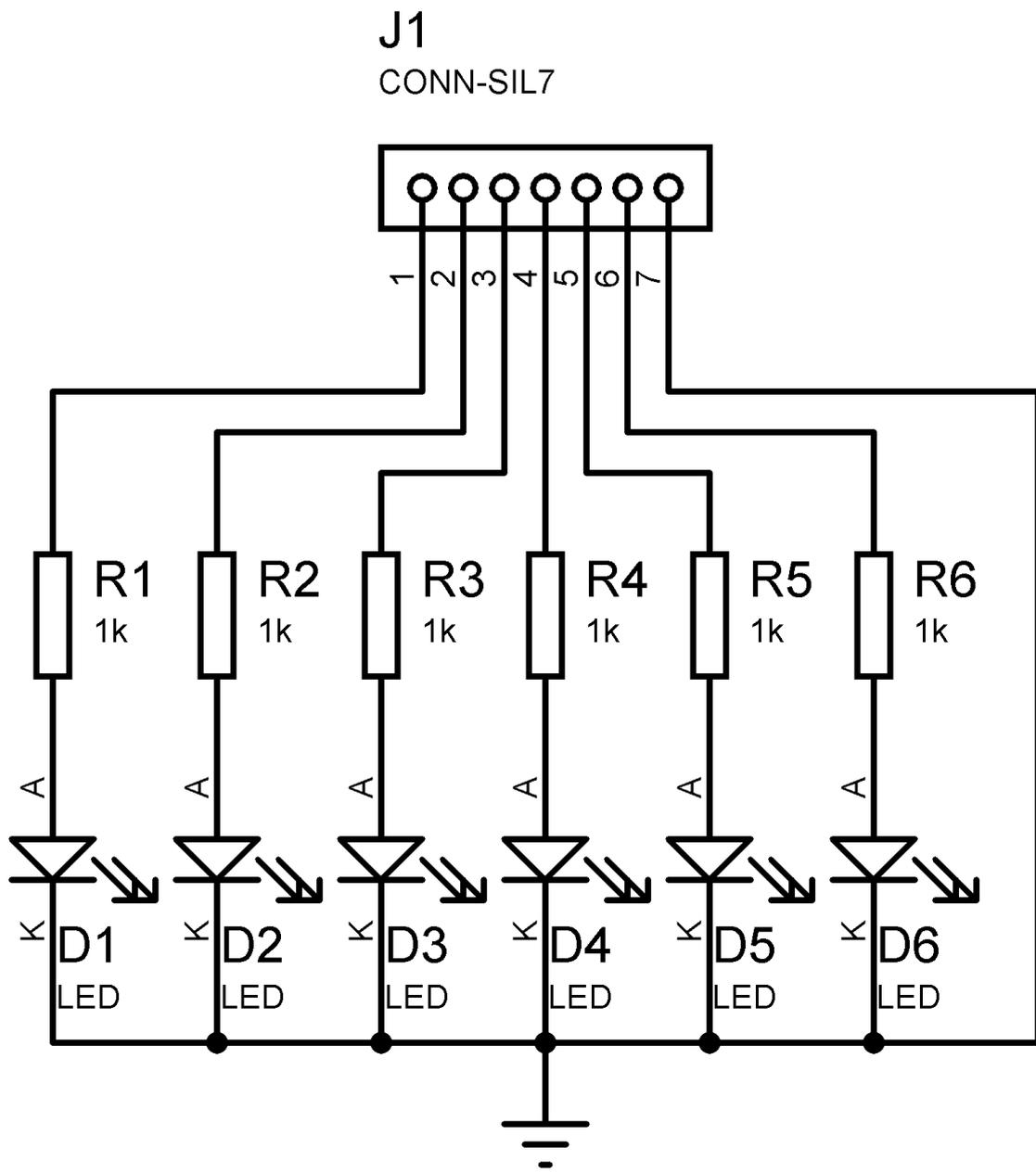
TALADROS



+ 3.5mm (10) × 0.508mm (17) * 0.762mm (16) ⊕ 0.965mm (8)

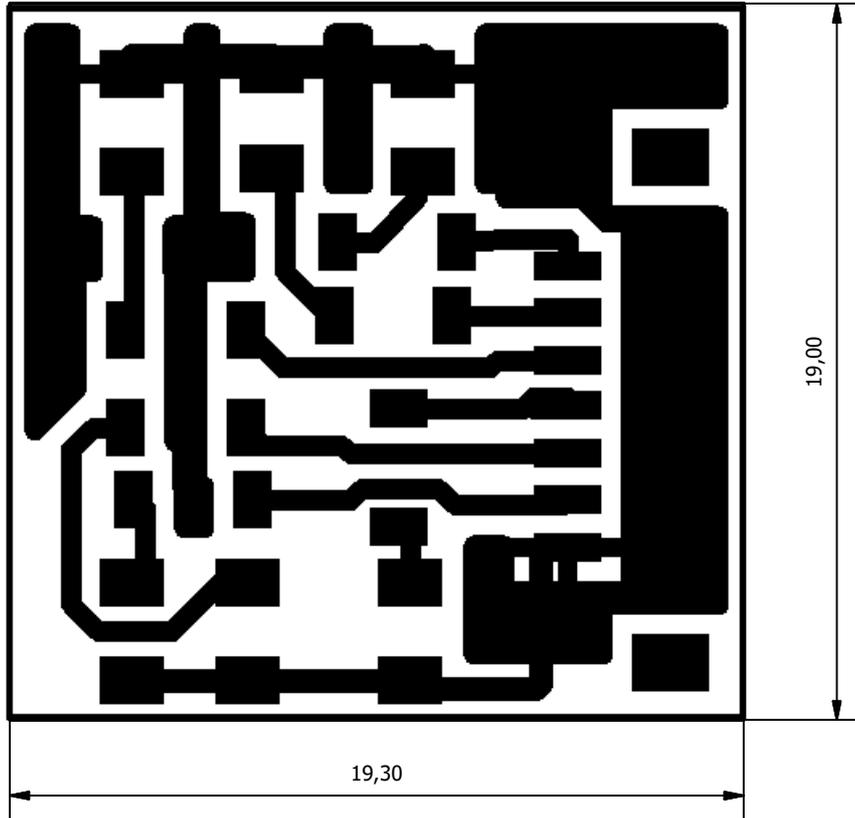
Unidades en mm

LISTA DE COMPONENTES			
COMPONENTE	CTDAD	DESCRIPCION	
C11, C14, C21, C24, C31, C34, C41, C44	8	Condensador cerámico multicapa MLCC, AVX, 100nF, ±5%, 50 V dc, SMD 1206, X7R dieléctrico	
C12, C22, C32, C42	4	Condensador cerámico multicapa MLCC, AVX, 10nF, ±10%, 50 V dc, SMD 1206, X7R dieléctrico	
C13, C23, C33, C43	4	Condensador cerámico multicapa MLCC, KEMET, 470nF, Tol. -20 +80 %, 16 V, SMD 0805, Y5V dieléctrico	
R12, R22, R32, R42	4	Resistencia SMD serie 3520, formato 2512 de alta potencia TE Connectivity, 10kΩ, ±5%, 1W	
U11, U21, U31, U41	4	Sensor de presión diferencial o absoluta Honeywell 26PCDF A2G, rango de 0 a 30psi, 10 Vdc	
U12, U22, U32, U42	4	Amplificador de Instrumentación, AD620BRZ, 0.05mV Offset, 120kHz 80dB CMRR, SOIC8	
RJ1	1	Conector RJ45 Molex 95501-2881, Vías: 8, Cat3, No apantallado, Ángulo de 90°, Orificio Pasante, Hembra, Serie RJ45	
RV1-RV4	4	Potenciómetro multivuelta Bourns PVG5H, 1kΩ máximo, ±10%, ±150ppm/°C, 1/4W, vueltas: 11, SMD	
DISEÑADO POR: Carlos Sánchez Díaz		COMPROBADO POR: Roberto Zazo Manzanegue	FECHA: 13/06/2017
		ESCALA: 1 : 1	
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		Serigrafía y taladros placa de presiones	
		PROYECTO: Prototipo dispositivo Endoworm v3.0	PLANO Nº 22

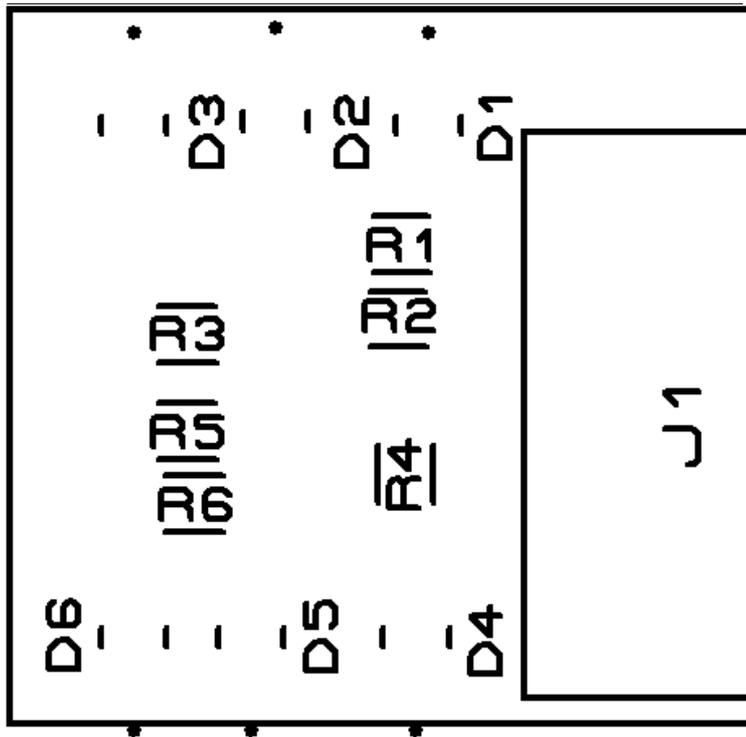


DISEÑADO POR: Roberto Zazo Manzaneque	COMPROBADO POR: Carlos Sánchez Díaz	FECHA: 13/06/2017	ESCALA: -
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		Esquemático placa de LED's	
PROYECTO: Prototipo dispositivo Endoworm v3.0		PLANO Nº 23	HOJA 23 / 24

Máscara



Serigrafía



Unidades en mm

LISTA DE COMPONENTES

COMPONENTE	CTDAD	DESCRIPCION
R1-R6	6	Resistencia SMD 1206 de película gruesa TE Connectivity, 1k Ω , \pm 1%, 0,25W
D1-D3	3	LED Kingbright, Rojo, 640 nm, 100 mcd, 1,85 V, 120°, SMD 1206
D4-D6	3	LED Kingbright, Verde, 568 nm, 12 mcd, 2,2 V, 120°, Serie 1206, SMD 1206
J1	1	Conector macho PCB, Molex serie PICOBLADE, 90°, 7 pines 1 fila paso 1,25mm, Terminación Soldada

DISEÑADO POR: Roberto Zazo Manzaneque	COMPROBADO POR: Carlos Sánchez Díaz	FECHA: 13/06/2017	ESCALA: 5 : 1
--	--	----------------------	-------------------------



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Máscara y serigrafía placa de LED's

PROYECTO: Prototipo dispositivo Endoworm v3.0	PLANO Nº 24	HOJA 24 / 24
--	-----------------------	-----------------



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE Y SOFTWARE DEL PROTOTIPO ENDOWORM 3.0 PARA REALIZACIÓN DE ENTEROSCOPIAS

3. PLIEGO DE CONDICIONES



Departamento de ingeniería electrónica

Curso: 2016/2017

Autor: Zazo Manzaneque, Roberto

Tutor: Sánchez Díaz, Carlos

Cotutora: Vidaurre Garayo, Ana Jesús

Valencia, septiembre de 2017

Índice del pliego de condiciones

1	Definición y alcance del pliego	1
2	Normativa	2
3	Condiciones generales	3
3.1	Condiciones facultativas	3
3.1.1	Facultades del promotor del proyecto	3
3.1.2	Obligaciones y derechos del contratista	4
3.1.3	Obligaciones y derechos del proyectista y director de obra	7
3.2	Condiciones económicas.....	8
3.2.1	Fianza y devolución.....	8
3.2.2	Seguros	9
3.2.3	Condición de pago	10
3.2.4	Mediciones y valoración.....	10
3.2.5	Precios	11
3.2.6	De la valoración y abono de os trabajos	13
3.2.7	Mejoras de obras libremente ejecutadas	16
3.2.8	Penalizaciones	16
3.2.9	Revisión de precios.....	17
3.3	Condiciones legales	18
3.3.1	Contratista.....	18
3.3.2	Contrato	18
3.3.3	Responsabilidades del contratista.....	18
3.3.4	Impuestos.....	18
3.3.5	Reconocimiento de marcas registradas.....	19
3.3.6	Derechos de autor	19
3.3.7	Causas de rescisión del proyecto.....	19

4	Condiciones técnicas particulares.....	20
4.1	Sistema neumático	20
4.1.1	Condiciones de los materiales	20
4.1.2	Normas de ejecución de las instalaciones	21
4.1.3	Pruebas reglamentarias	23
4.1.4	Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad	23
4.1.5	Certificados y documentación	23
4.2	Sistema electrónico	24
4.2.1	Condiciones de los materiales	24
4.2.2	Normas de ejecución de las instalaciones	24
4.2.3	Pruebas reglamentarias	25
4.2.4	Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad	25
4.2.5	Certificados y documentación	26
4.3	Sistema eléctrico	27
4.3.1	Condiciones de los materiales	27
4.3.2	Normas de ejecución de las instalaciones	27
4.3.3	Pruebas reglamentarias	28
4.3.4	Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad	28
4.4	Carcasa.....	29
4.4.1	Condiciones de los materiales	29
4.4.2	Normas de ejecución de las instalaciones	29
4.4.3	Pruebas reglamentarias	29
4.5	Software	30

1 Definición y alcance del pliego

El objeto de este documento es regular la ejecución del proyecto fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando las intervenciones que corresponden, con arreglo a la legislación aplicables, al Promotor o dueño del proyecto, al Contratista o constructor del mismo, sus técnicos y encargados, al Ingeniero, así como las relaciones entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones en orden al cumplimiento del contrato de ejecución del proyecto.

Este documento que rige las normas que han de cumplirse en el diseño, construcción y elaboración del proyecto. Figurarán las exigencias técnicas, económicas y legales de modo que durante el desarrollo del proyecto no existan ambigüedades que puedan incurrir en un conflicto entre las partes contratantes.

El presente proyecto se ha realizado bajo la supervisión del Departamento de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), y desarrolla un prototipo de control (*Endoworm 3.0*) de un sistema de translación neumático para la realización de enteroscopias en humanos, y en su ejecución deberá cumplirse con la normativa vigente.

Si por negligencia, desidia profesional o dejadez en la estricta consecución del proyecto, no se realizara el proyecto tal y como se indica en los presentes documentos, el proyectista no se responsabiliza de su mal funcionamiento o posibles causas de dicho comportamiento.

El presente documento fija las condiciones técnicas mínimas que debe cumplir el diseño y fabricación del prototipo de control *Endoworm 3.0*, especificando los requisitos de durabilidad, fiabilidad y seguridad que ha de cumplir obligatoriamente.

El ámbito de aplicación de este documento se extiende a todos los sistemas y subsistemas del hardware y del software que forman parte del dispositivo. En determinados supuestos se podrán adoptar, por la propia naturaleza del mismo o del desarrollo tecnológico, soluciones diferentes a las exigidas en este documento, siempre que quede suficientemente justificada su necesidad y que no impliquen una disminución de las exigencias mínimas de calidad especificadas en el mismo.

En los sistemas y subsistemas que lo requieran, también formarán parte el Estudio de Seguridad y Salud, y el Programa de Control de Calidad.

Queda excluido del alcance de este proyecto el mantenimiento preventivo del dispositivo, la evaluación del dispositivo para ser apto en uso clínico con humanos y la totalidad de servicios postventa que pueda acarrear el mismo.

En cada documento, las especificaciones literales prevalecen sobre las gráficas y en los planos, la cota prevalece sobre la medida a escala.

2 Normativa

Para el diseño del prototipo del *Endoworm 3.0* no se ha recurrido a consultar ninguna normativa de “*equipamiento y dispositivos médicos*”, ya que se trata de un prototipo experimental y por lo tanto todavía se va a comercializar.

Una vez se halla verificado la efectividad del nuevo sistema de translación del endoscopio, se procederá a realizar un último versionado que deberá de cumplir la siguiente normativa:

- **UNE-EN ISO 80369-1:2011:** Conectores de diámetro pequeño para líquidos y gases para aplicaciones sanitarias. Parte 1: Requisitos generales.
- **UNE-EN ISO 80369-3:2017:** Conectores de diámetro pequeño para líquidos y gases para aplicaciones sanitarias. Parte 3: Conectores para aplicaciones enterales.
- **UNE-EN ISO 80369-20:2015:** Conectores de diámetro pequeño para líquidos y gases para aplicaciones sanitarias. Parte 20: Métodos de ensayo comunes.
- **UNE-EN 62366:2009/A1:2015:** Dispositivos médicos. Aplicación de la ingeniería de aptitud de uso a los dispositivos médicos.
- **UNE-EN 62304:2007 CORR:2009:** Software de dispositivos médicos. Procesos del ciclo de vida del software.
- **UNE-EN ISO 13485:2016/AC:2017:** Productos sanitarios. Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos para fines reglamentarios. (ISO 13485:2016).
- **UNE-EN ISO 14155:2012:** Investigación clínica de productos sanitarios para humanos. Buenas prácticas clínicas.
- **UNE-EN ISO 14971:2012:** Productos sanitarios. Aplicación de la gestión de riesgos a los productos sanitarios.

Además, para poder comercializar el producto en la *Unión Europea* se deberá de adquirir el mercado CE para productos sanitarios.

3 Condiciones generales

Las condiciones del encargo del proyecto vienen impuestas por las necesidades requeridas para hacer que el sistema de translación funcione correctamente. Al ser un proyecto de investigación, las características que ha de cumplir el dispositivo no son del todo claras y están van surgiendo según se van realizando avances en las distintas partes del proyecto.

Se tiene una serie de condiciones temporales y económicas que vienen prefijadas por el *Ministerio de Educación y Cultura (MEC)*.

El plazo temporal de la fase actual del proyecto termina a final del mes de junio de 2017, por lo que se disponía de un tiempo de dos años, desde que se inició el trabajo fin de grado, para la culminación del diseño, montaje, testeo y redacción de documentación del prototipo *Endoworm 3.0*.

3.1 Condiciones facultativas

En estas se recogen los derechos y obligaciones de cada una de las partes integrantes del proyecto.

3.1.1 Facultades del promotor del proyecto

El objeto del presente proyecto es la realización de un *Trabajo Fin de Grado*, cuyos promotores indirectos son el *Instituto de Investigación Sanitaria la Fe* en colaboración con la *Universidad Politécnica de Valencia*. Siendo directamente subvencionado por el *Ministerio de Educación y Cultura*.

Igualmente tiene la facultad de cambiar alguna de las especificaciones del Proyecto, siempre y cuando dicha modificación no suponga un perjuicio claro para el proyectista, al alterar parte del trabajo ya realizado. Cualquier modificación se recomienda se efectúe previa consulta del proyectista.

Asimismo, se le faculta para decidir sobre los plazos de entrega, en caso de una demora excesiva y no razonada en la ejecución del proyecto.

La evaluación final del *Trabajo Fin de Grado* será llevada a cabo por el *Tutor y Cotutora del trabajo* y la comisión de *Evaluación de Trabajos Fin de Grado* de la *Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño* de la *Universidad Politécnica de Valencia*.

Controles de calidad y ensayos.

Para comprobar el correcto funcionamiento del prototipo desarrollado, se deberá facilitar por parte del promotor la correspondiente indicación sobre los datos y los resultados. Las pruebas con dichos datos serán las que validen los resultados obtenidos con el programa objeto el presente proyecto.

Recepción provisional del programa.

El promotor del proyecto de investigación, recibirá una copia del programa antes de la presentación del trabajo ante la comisión de evaluación. Cuando existan causas que así lo justifiquen, dicho plazo puede reducirse a una semana.

Período de prueba y garantías

El periodo de prueba del programa es el plazo comprendido entre la fecha de la recepción provisional del programa y la fecha cuando se cierra el plazo para presentar públicas alegaciones al proyecto. Durante este periodo, el proyectista deberá subsanar cualquier fallo que se observe por parte del promotor del proyecto.

Recepción definitiva.

Una vez superada la fecha de presentación de alegaciones, se procederá a la recepción definitiva si han sido subsanadas las anomalías observadas durante el periodo de prueba. En caso contrario se realizará cuando dichos defectos sean corregidos.

Plazo de entrega.

El plazo de entrega del proyecto finalizado no será superior a treinta días hábiles contados a partir del día de firma del contrato, y cualquier incumplimiento del plazo de fiscalización se cargará sobre la fianza como posteriormente se adjunta.

3.1.2 Obligaciones y derechos del contratista

Corresponde al Contratista:

- (i) Antes de dar comienzo la fabricación del dispositivo, consignar por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la fabricación del mismo, pudiendo solicitar las aclaraciones pertinentes.
- (ii) Organizar los trabajos de ejecución, redactando los planes de fabricación necesarios y proyectando o autorizando los medios auxiliares del prototipo.

- (iii) Elaborar cuando se requiera, el Plan de Seguridad y Salud de la instalación en aplicación del estudio correspondiente, y disponer la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad en el trabajo.
- (iv) Suscribir con el Ingeniero Técnico, el acta de replanteo del prototipo.
- (v) Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción. A tal efecto ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la fabricación y coordina la intervención de los subcontratistas.
- (vi) Asegurar la idoneidad de todos los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparados en fábrica y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción del Ingeniero Técnico, los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos.
- (vii) Facilitar al Ingeniero Técnico con antelación suficiente, los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- (viii) Suscribir con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva, en su caso.
- (ix) Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la fabricación.
- (x) Tener a su disposición del *Programa de Control de Calidad*, si para la instalación fuera necesario, en el que se especificarán las características y requisitos que deberán cumplir los materiales y unidades de obra, y los criterios de aceptación de los materiales; ensayos, análisis y pruebas a realizar, determinación de lotes y otros parámetros definidos en el Programa por el Ingeniero Técnico.
- (xi) Comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo en la fábrica, que tendrá carácter de Encargado de Fabricación, con dedicación plena y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas decisiones completan la contrata.
- (xii) Mantener en la instalación y determinar el personal especialista; la falta de cualificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al Ingeniero Técnico para ordenar la paralización de la obra, sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.
- (xiii) Reclamar las órdenes en contra de la Dirección Facultativa, sólo podrá presentarlas a través del Ingeniero Técnico ante la Propiedad, si son de orden

- económico. Contra disposiciones de orden técnico, no se admitirá reclamación alguna.
- (xiv) Tener conocimiento de las leyes referentes a su actividad profesional para su correcto cumplimiento.
 - (xv) Si causase algún desperfecto durante el montaje del proyecto, tendrá que repararlos por su cuenta dejándolos tal y como los encontró.
 - (xvi) Siendo la Memoria de Proyecto un documento que sirve de base, no se admitirá reclamación alguna de la falta de coincidencia que pudiera existir entre aquella y el resto de documentos del proyecto, planos, presupuesto y pliego de condiciones.
 - (xvii) Comprobar el buen funcionamiento del equipo antes de la entrega definitiva, de modo que una vez acabado el montaje, el sistema de control funcione correctamente.
 - (xviii) La empresa contratante se compromete a proporcionar las mayores facilidades al Contratista para que la puesta en marcha se realice de forma rápida y precisa.
 - (xix) El sistema de control deberá cumplir los requisitos mencionados en la memoria, cualquier variación por pequeña que sea deberá ser consultada con el proyectista.
 - (xx) Las características de los elementos y componentes serán los especificados en la Memoria del TFG.
 - (xxi) La contratación del proyecto para el desarrollo del dispositivo de control *Endoworm 3.0* para se considerará válida cuando las dos partes implicadas, Propiedad y Contratista, se comprometan a cumplir las cláusulas del Contrato para lo cual deberán ser firmados los documentos adecuados en una reunión tras haber llegado a un acuerdo.
 - (xxii) Poseer por escrito las especificaciones requeridas y cualquier documento del proyecto que pueda tener información relevante para desempeñar su labor.
 - (xxiii) z) Obligatoria y por escrito, deberá dar cuenta al Ingeniero Técnico del comienzo de los trabajos al menos con tres días de antelación.

3.1.3 Obligaciones y derechos del proyectista y director de obra

Corresponde al proyectista y encargado de fabricación:

- (i) Cumplir con la legislación vigente.
- (ii) Realizar el proyecto según las condiciones del contratista.
- (iii) Cumplir la normativa general y específica vigente que afecte a totalidad o parte del proyecto.
- (iv) Respetar las leyes de derechos de autor y patentes asociadas al proyecto de investigación “*Desarrollo de un prototipo para la realización de la enteroscopia diagnóstica y terapéutica*”.
- (v) Consultar con el contratista del proyecto cualquier modificación de las especificaciones iniciales, así como proponer soluciones alternativas que puedan resolver los nuevos problemas planteados.
- (vi) Informar periódicamente al promotor del estado en que se encuentra el proyecto.
- (vii) Disponer del material necesario para la realización del proyecto.
- (viii) Ser informado, por parte del promotor, de los derechos legales sobre el proyecto.
- (ix) Recibir solución a los problemas técnicos no previstos que aparezcan durante la ejecución del proyecto y no imputables a una mala ejecución del mismo.
- (x) Disponer con suficiente antelación de una lista con las especificaciones del programa objeto del proyecto.
- (xi) En caso de ausencia del promotor del proyecto, el proyectista responsable del proyecto, ante cualquier imprevisto u objeción que apareciese, tiene plenas potestades para adoptar solución, que deberá ser asumida por el promotor.
- (xii) Dirigir la fabricación coordinándola con el Proyecto de Ejecución, facilitando su interpretación técnica.
- (xiii) Redactar las modificaciones, adiciones o rectificaciones del proyecto que se precisen.
- (xiv) Asistir a las instalaciones, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las instrucciones precisas para asegurar la correcta interpretación de lo proyectado.
- (xv) Asesorar al promotor durante el proceso de fabricación

3.2 Condiciones económicas

Por las características del *Trabajo Fin de Grado* no está previsto el pago de ninguna cantidad económica en concepto de honorarios. El proyectista recibirá la fracción de los ingresos que resulten de la explotación y venta del objeto del presente proyecto que estipule la ley.

En el caso de la venta del presente proyecto, en este apartado se describirán y regularán las relaciones económicas existentes entre la Propiedad y el Contratista.

3.2.1 Fianza y devolución

El Contratista prestará fianza con arreglo a alguno de los siguientes procedimientos, según se estipule:

- Depósito previo, en metálico o valores, o aval bancario, por importe entre el 10 % y 18 % del precio total de la contrata.
- Mediante retención en las certificaciones parciales o pagos a cuenta en igual proporción. Fianza provisional.

En el caso de que la fabricación se adjudique por subasta pública, el depósito provisional para tomar parte en ella se especificará en el anuncio de la misma, y su cuantía será de ordinario, y salvo estipulación distinta en el Pliego de Condiciones particulares vigente en la obra, de un 10 % como mínimo, del total del presupuesto de contrata.

El Contratista a quien se haya adjudicado la ejecución de fabricación deberá depositar en el punto y plazo fijados en el anuncio de la subasta o el que se determine en el Pliego de Condiciones particulares del Proyecto, la fianza definitiva que se señale y, en su defecto, su importe será el 18 % de la cantidad por la que se haga la adjudicación de la obra, fianza que puede constituirse en cualquiera de las formas especificados en el apartado anterior.

El plazo señalado en el párrafo anterior, y salvo condición expresa establecida en el Pliego de Condiciones particulares, no excederá de treinta días naturales a partir de la fecha en que se le comunique la adjudicación, y dentro de él deberá presentar el adjudicatario la carta de pago o recibido que acredite la constitución de la fianza a que se refiere el mismo párrafo.

La falta de cumplimiento de este requisito dará lugar a que se declare nula la adjudicación, y el adjudicatario perderá el depósito provisional que hubiese hecho para tomar parte en la subasta.

Ejecución de trabajos con cargo a la fianza

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la fabricación en las condiciones contratadas, el Encargado de Fabricación, en nombre y representación del Propietario, los ordenará ejecutar a un tercero, o, podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Propietario, en el caso de que el importe de la fianza no bastare para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

De su devolución en general

La fianza retenida será devuelta al Contratista en un plazo que no excederá de treinta días una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva. La Propiedad podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la instalación, tales como salarios, suministros, subcontratos, etc.

Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales.

Si la Propiedad, con la conformidad del encargado de fabricación, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el Contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

3.2.2 Seguros

La Contrata deberá disponer de los seguros necesarios para garantizar los posibles daños en los equipos durante la ejecución del proyecto, también deberá estar en posesión de un seguro de Responsabilidad Civil.

El Contratista estará obligado a asegurar la fabricación contratada durante todo el tiempo que dure hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en el caso de siniestro, se ingresará en cuanto a nombre del Propietario, para que con cargo a ella se abone la fabricación que se implemente, y a medida que ésta se vaya realizando.

El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la fabricación. En ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista, hecho en documento público, el Propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos del de reparación de la parte siniestrada; la infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el Contratista pueda resolver el contrato, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc., y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al Contratista por el siniestro y que no se le hubiesen abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la Compañía Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el Encargado de Fabricación.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza o pólizas de Seguros, los pondrá el Contratista, antes de contratarlos, en conocimiento del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

3.2.3 Condición de pago

El abono de los trabajos se realizará como sigue:

- Se abonará un 30 % del presupuesto de contrata a la firma del contrato.
- El 70% restante del presupuesto se abonará a la puesta en marcha tras la aprobación por parte del Contratista y comprobado el correcto funcionamiento.

3.2.4 Mediciones y valoración

Los criterios para la medición y la valoración de los diferentes sistemas y subsistemas del prototipo son los que quedan recogidos en el *Cuadro de Precios Descompuestos* del presente *Trabajo Fin de Grado*.

Los precios unitarios que figuran en el Cuadro de Precios Descompuestos, tienen en cuenta los materiales, mano de obra con todos sus gravámenes y cargas sociales y los medios auxiliares (maquinaria con su personal, combustible, amortización, etc.), que intervienen en la fabricación de cada Sistema o subsistema. Además, incluyen también los gastos de oficinas, almacenes y los de personal adscrito exclusivamente al diseño y la fabricación.

El importe de la fabricación de los subsistemas y sistemas se acreditará mensualmente al Contratista por medio de certificaciones, expedidas por el Encargado de Fabricación en la forma legalmente establecida.

3.2.5 Precios

Composición de precios unitarios

El cálculo de los precios de las distintas unidades de fabricación (sistemas y subsistemas) es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

Se considerarán **costes directos**:

- (i) La mano de obra, con sus pluses y cargas y seguros sociales, que interviene directamente en el diseño y fabricación del sistemas o subsistema.
- (ii) Los materiales que queden integrados en la unidad de fabricación que se trate o que sean necesarios para su fabricación.

Se considerarán **costes indirectos**:

- (i) Los gastos de mantenimiento de laboratorios, fabrica, seguros, etc.
- (ii) Los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la fabricación y los imprevistos.
- (iii) Los equipos y sistemas técnicos de seguridad e higiene para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- (iv) Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de lo proyectado.
- (v) Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

Todos los gastos indirectos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos pertenecientes a una misma unidad de fabricación, bajo el nombre de *Medios Auxiliares* y que dependiendo de una a otra puede variar el porcentaje aplicable sobre los costes directos.

Precio de Ejecución Material

Se denomina Precio de Ejecución material el resultado obtenido por la suma de los costes directos e indirectos que se han definido anteriormente para la fabricación íntegra del prototipo.

Gastos Generales

Los gastos generales son los asociados a la empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la Administración, legalmente establecidos. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos (precio de ejecución material), siendo en el caso del presente proyecto de un 13%.

Beneficio Industrial

El beneficio industrial del Contratista se establece en el 6 % sobre el precio de la ejecución material.

Precio de Ejecución por Contrata

El precio de Ejecución por Contrata es la suma de los costes directos, indirectos, los Gastos Generales, el Beneficio Industrial y el IVA aplicable a la suma del presupuesto de ejecución material, los Gastos Generales y el Beneficio Industrial.

Precios contradictorios

Se producirán precios contradictorios sólo cuando la Propiedad por medio del Encargado de Fabricación decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista. El Contratista estará obligado a efectuar los cambios.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Encargado de Fabricación y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que se determine en el Pliego de Condiciones particulares, siempre teniendo en cuenta la descomposición de precios del cuadro correspondiente.

Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas

Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras (con referencia a Facultativas).

Formas tradicionales de medir o de aplicar precios

En ningún caso podrá alegar el Contratista los usos y costumbres del país respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de fabricación ejecutadas, se estará a lo previsto en primer lugar, al Pliego General de Condiciones Particulares.

3.2.6 De la valoración y abono de os trabajos

Formas varias de abono de las obras

Según la modalidad elegida para la contratación de fabricación y salvo que, en el Pliego Particular de Condiciones Económicas, se preceptúe otra cosa, el abono de los trabajos se efectuará de la siguiente manera:

- (i) Tipo fijo o tanto alzado total. Se abonará la cifra previamente fijada como base de la adjudicación, disminuida en su caso en el importe de baja efectuada por el adjudicatario.
- (ii) Tipo fijo o tanto alzado por unidad de fabricación, cuyo precio invariable se haya fijado de antemano, pudiendo variar solamente el número de unidades ejecutadas. Previa medición y aplicando al total de las diversas unidades de fabricación ejecutadas, del precio invariable estipulado de antemano para cada una de ellas, se abonará al contratista el importe de las comprendidas en los trabajos ejecutados y ultimados con arreglo y sujeción a los documentos que constituyen el Proyecto, los que servirán de base para la medición y valoración de las diversas unidades.
- (iii) Tanto variable por unidad de fabricación, según las condiciones en que se realice y los materiales autorizados en la forma que el presente Pliego determina. Se abonará al Contratista en idénticas condiciones al caso anterior.
- (iv) Por listas de jornales y recibos de materiales, autorizados en la forma que el presente Pliego determina.
- (v) Por horas de trabajo, ejecutado en las condiciones determinadas en el Contrato.

Pagos

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de fabricación conformadas por el Encargado de fabricación, en virtud de las cuales se verificarán aquellos.

Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía

Efectuada la recepción provisional y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el Contratista a su debido tiempo, y el Encargado de fabricación exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto y abonado de acuerdo con lo establecido en los Pliegos Particulares o en su defecto en los Generales, en el caso de que dichos precios fuesen inferiores a los que rijan en la época de su realización; en caso contrario, se aplicarán estos últimos.

Relaciones valoradas y certificaciones

En cada una de las épocas o fechas que se fijen en el contrato o en los Pliegos de Condiciones Particulares que rijan en la fabricación, formará con Contratista una relación valorada de los sistemas y subsistemas manufacturados durante los plazos previstos, según la medición que habrá practicado el Encargado de fabricación.

Lo ejecutado por el Contratista en las condiciones preestablecidas, se valorará aplicando al resultado de la medición general, superficial, lineal, ponderal, o numeral correspondiente para cada unidad de fabricación, los precios señalados en el presupuesto para cada una de ellas, teniendo presente además lo establecido en el presente Pliego, respecto a mejoras o sustituciones de material.

Al Contratista, que podrá presenciar las mediciones necesarias para extender dicha relación, se le facilitarán por el Encargado de fabricación los datos correspondientes de la relación valorada, acompañándolos de una nota de envío, al objeto de que, dentro del plazo de diez días a partir de la fecha del recibo de dicha nota, pueda el Contratista examinarlos o devolverlos firmados con su conformidad o hacer, en caso contrario, las observaciones o reclamaciones que considere oportunas. Dentro de los diez días siguientes a su recibo, el Encargado de fabricación aceptará o rechazará las reclamaciones del Contratista si las hubiera, dando cuenta al mismo de su resolución, pudiendo éste, en el segundo caso, acudir ante el Propietario contra la resolución del Encargado de fabricación en la forma prevenida en los Pliegos de Condiciones Facultativas y Legales.

Tomando como base la relación valorada indicada en el párrafo anterior, expedirá el Encargado de fabricación la certificación de las ejecutadas.

De su importe se deducirá el tanto por ciento que para la fabricación de la fianza se haya preestablecido.

El material acopiado a pie de fabrica por indicación expresa y por escrito del Propietario, podrá certificarse hasta el noventa por ciento de su importe, a los precios que figuren en los documentos del Proyecto, sin afectarlos del tanto por ciento de la contrata.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la fabricación ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere. En el caso de que el Encargado de fábrica lo exigiera, las certificaciones se extenderán al origen.

Abono de trabajos presupuestados con partida alzada

El abono de los trabajos presupuestados en partida alzada, se efectuará de acuerdo con el procedimiento que corresponda entre los que a continuación se expresan:

- (i) Si existiesen precios contratados para unidades de fabricación iguales, las presupuestadas mediante partida alzada, se abonarán previa medición y aplicación del precio establecido.
- (ii) Si existiesen precios contratados para unidades de fabricación similares, se establecerán precios contradictorios para las unidades con partida alzada, deducidos de los similares contratados.
- (iii) Si no existiesen precios contratados para unidades de fabricaciones iguales o similares, la partida alzada se abonará íntegramente al Contratista, salvo el caso de que en el Presupuesto de la fabricación se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse, en cuyo caso, el Encargado de fabricación indicará al Contratista y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que ha de seguirse para llevar dicha cuenta, que en realidad será de Administración, valorándose los materiales y salarios a los precios que figuren en el Presupuesto aprobado o, en su defecto, a los que con anterioridad a la ejecución convengan las dos partes, incrementándose su importe total con el porcentaje que se fije en el Pliego de Condiciones Particulares de Gastos Generales y Beneficio Industrial del Contratista.

3.2.7 Mejoras de obras libremente ejecutadas

Cuando el Contratista, incluso con autorización del Encargado de fabricación, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el Proyecto o sustituyese una clase de fábrica con otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquiera otra modificación que sea beneficiosa a juicio del Encargado de fabricación, no tendrá derecho, sin embargo, más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido el prototipo con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

3.2.8 Penalizaciones

Importe de la indemnización por retraso no justificado en el plazo de terminación de las obras

La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un tanto por mil del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el Calendario de fabricación. Las sumas resultantes se descontarán y retendrán con cargo a la fianza.

Demora de los pagos.

Si el Propietario no efectuase el pago de los sistemas y subsistemas ejecutados, dentro del mes siguiente al que corresponde el plazo convenido, el Contratista tendrá además el derecho de percibir el abono de un 4'5 % anual, en concepto de interese de demora, durante el espacio de tiempo del retraso y sobre el importe de la mencionada certificación. Si aún transcurrieran dos meses a partir del término de dicho plazo de un mes sin realizarse dicho pago, tendrá derecho el Contratista a la resolución del contrato, procediéndose a la liquidación correspondiente de las partes ejecutadas y de los materiales acopiados, siempre que éstos reúnan las condiciones preestablecidas y que su cantidad no exceda de la necesaria para la terminación de lo contratado o adjudicado. No obstante, lo anteriormente expuesto, se rechazará toda solicitud de resolución del contrato fundada en dicha demora de pagos, cuando el Contratista no justifique que en la fecha de dicha solicitud ha invertido en la fabricación o en materiales acopiados admisibles la parte de presupuesto correspondiente al plazo de ejecución que tenga señalado en el contrato.

3.2.9 Revisión de precios

Contratándose la fabricación a riesgo y ventura, no se admitirá la revisión de los precios en tanto que el incremento no alcance, en la suma de las unidades que falten por realizar de acuerdo con el Calendario, un montante superior al 3% del importe del presupuesto de Contrato. Caso de producirse variaciones en alza superiores a este porcentaje, se efectuará la correspondiente revisión de acuerdo con la fórmula establecida en el Pliego de Condiciones Particulares, si las hubiese, o cualquiera de las establecidas en la Ley de contratos del Estado, percibiendo el Contratista la diferencia en más que resulte por la variación del IPC superior al 3 %.

No habrá revisión de precios de las unidades que puedan quedar fuera de los plazos fijados en el Calendario de la oferta. Todos los que intervienen el proceso de instalación tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas. La propiedad, el contratista y, en su caso, los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago

3.3 Condiciones legales

En este capítulo se incluirán las condiciones generales de carácter legal del proyecto, los deberes y derechos del Contratista, el Contrato y los Impuestos.

3.3.1 Contratista

El Contratista deberá ser capaz de realizar el Proyecto de forma correcta y siguiendo las indicaciones de los pliegos de condiciones, de modo que el resultado final sea el requerido por la memoria.

El Contratista dispondrá, una vez finalizado el proyecto, de un técnico capaz de enseñar el funcionamiento del dispositivo de control *Endoworm 3.0* al personal de la empresa promotora. El adiestramiento para el control del dispositivo se realizará en dependencias de la propia empresa Promotora durante un tiempo total no inferior a cinco horas y a cargo del Presupuesto de Ejecución Por Contrata.

Todas las Subcontratas cumplirán los mismos criterios que la contrata.

3.3.2 Contrato

En el contrato deberá quedar reflejado el presupuesto total para la realización del proyecto, el importe de la fianza, así como los plazos de entrega y de devolución de la fianza.

El contrato deberá realizarse siempre por escrito y cumpliendo todos los requisitos legales.

3.3.3 Responsabilidades del contratista

En este apartado se quiere indicar las responsabilidades que debe asumir el Contratista durante la vigencia del contrato:

- (i) Solvencia económica, pago de los materiales, mano de obra y demás gastos.
- (ii) Buena calidad de ejecución.
- (iii) Situación legal y laboral del personal.

3.3.4 Impuestos

Se exigirá que la contrata esté en posesión de las licencias y certificados necesarios para la realización del proyecto.

También se exigirá estar al corriente del pago de los impuesto, tasas y contribuciones necesarios para el normal desarrollo de las actividades de la empresa.

Todo el personal deberá de estar contratado legalmente por la Contrata o Subcontratas y deberán estar de alta en la Seguridad Social.

En el pago del producto se aplicará el impuesto sobre el valor añadido I.V.A. del 21%.

3.3.5 Reconocimiento de marcas registradas

El autor del presente proyecto y su promotor reconocen públicamente las marcas registradas que aparezcan durante su desarrollo y ejecución, así como los derechos de autor de la bibliografía consultada y utilizada.

3.3.6 Derechos de autor

Los derechos del autor del presente proyecto son los estipulados por las leyes y la reglamentación vigentes en el momento del inicio del proyecto, salvo posibles correcciones legales como resultado de los recursos legales que se interpongan contra las citadas leyes y reglamentaciones.

Debe de permanecer en perfecta confidencialidad, por todas las partes integrantes del contrato, toda información asociada al proyecto de investigación “*Desarrollo de un prototipo para la realización de la enteroscopia diagnóstica y terapéutica*”. Se consideran que este *Trabajo Fin de Grado* es de carácter confidencial al exponer información que va a ser objeto de patente. Esto incluye imágenes del prototipo, esquemas, definiciones y resultados que de ser publicados perderían uno de los requisitos legales de las patentes.

Por ello la entrega y defensa de este *Trabajo de Fin de Grado* se realice bajo condiciones de confidencialidad.

3.3.7 Causas de rescisión del proyecto

El promotor del proyecto puede rescindir el contrato con el proyectista cuando se den las siguientes causas:

- (i) Por un retraso excesivo en la ejecución del proyecto.
- (ii) Por un abandono del proyecto sin causa justificada.
- (iii) Por fallecimiento del proyectista.
- (iv) Por causas administrativas.
- (v) Por mutuo acuerdo entre las partes, siempre y cuando ninguna de ellas se considere gravemente perjudicada.

4 Condiciones técnicas particulares

Este Pliego de Condiciones Técnicas Particulares comprende el conjunto de características que deberán cumplir los materiales empleados en el dispositivo, así como las técnicas, si las hubiese, en su fabricación.

4.1 Sistema neumático

Dentro de este apartado se engloban todos los materiales y técnicas de fabricación que conforman el sistema neumático del prototipo Endoworm 3.0 que ha sido descrito en la memoria del Trabajo Fin de Grado.

4.1.1 Condiciones de los materiales

Todos los materiales empleados en la fabricación del prototipo han de tener, como mínimo, las características técnicas que se han especificado en la memoria del Trabajo Fin de Grado y se recogen en este Pliego de Condiciones.

Sistema de calderines

Se deberá utilizar un sistema de almacenamiento de aire (calderín) que sea capaz de tolerar, al menos, una presión de 400 kPa. Debiéndose ajustar a las medidas de los calderines especificados en la memoria, ya que en caso contrario se pudiera dar que en el montaje de los distintos sistemas que componen el prototipo en la carcasa, no entren debidamente.

La capacidad, tanto del calderín de llenado como el de vaciado, deberá estar comprendida entre 1 y 1,5 L. Este rango garantiza un correcto funcionamiento del prototipo.

Sistema generador de presiones

Se deberá de emplear una bomba de vaciado de tecnología de diafragma y que sea capaz de generar, al menos, una presión de vaciado de 100 mbar. Las dimensiones de las mismas se han de ajustar de forma rigurosa a las medidas de la bomba de vaciado descrita en la memoria. Se permitirá un margen de error en cada una de las dimensiones de un 3 – 5 mm, no siendo nunca superior.

La bomba de llenado ha de ser de tecnología de pistón, preferentemente, y capaz de generar presiones de al menos 400 kPa. Además, debe de tener un flujo de aire no inferior a 12 l/min. Las dimensiones de la bomba de llenado han de ser lo más parecidas posibles

a la que se indica en la memoria del Trabajo Fin de Grado, permitiéndose un margen de error en cada una de las dimensiones de 2-3 mm.

En caso de encontrar varias bombas de llenado que reúnan los requisitos, se ha de seleccionar la que tenga un menos nivel de ruido mecánico y sonoro.

Los puntos de conexión de las bombas con el resto de componentes del circuito neumático han de ser compatibles con conexión a mangueras y tuberías de dimensión 1/8 de pulgada.

Sistema de válvulas

Los bloques de electroválvulas empleados han de ser capaces de operar perfectamente a presiones superiores a los 380 kPa y han de ser de control todo o nada. Las dimensiones han de ser lo más similares posibles a las facilitadas en el plano N.º 3 del Trabajo Fin de Grado. Los puntos de conexión de entrada y salida de aire han de ser compatibles con la conexión de mangueras o tuberías de dimensión 1/8 de pulgada. Preferentemente se seleccionarán electroválvulas de solenoide-pistón, aunque será válida el empleo de cualquier otra tecnología, siempre y cuando permita su control a una tensión de 12 o 24 V y tenga un tiempo de respuesta inferior a 150 ms y cumpla con el resto de especificaciones indicadas.

La válvula de accionamiento manual ha de ser capaz de soportar presiones de 400 kPa sin presentar fugas. En este caso se puede sustituir el empleo de la válvula de emergencia indicada en la memoria del Trabajo Fin de Grado, siempre y cuando cumpla con las características indicadas y las dimensiones sean similares a la indicada en dicha memoria.

Sistema de conductos

Los conductos o mangueras a emplear deberán ser de silicona o poliuretano, materiales con baja permeabilidad a los gases y que no contienen plastificantes que pueden causar contaminación y repercutir en daños a los pacientes. Deben de ser capaces de soportar presiones superiores a los 320 kPa. Deben de ser capaces de operar en un rango de temperaturas de -20 a 70 °C.

4.1.2 Normas de ejecución de las instalaciones

Sistema de calderines

Para la instalación del sistema de calderines se hará uso de los componentes indicados en el plano N.º 2 del Trabajo Fin de Grado. El montaje del mismo se realizará de forma manual por un técnico especializado.

Se deberá de poner cinta de teflón en las roscas de los componentes que lo conforman con la finalidad de evitar cualquier fuga de aire que se pueda producir.

El montaje del sistema de calderines en la carcasa del prototipo se realizará con cuatro pares tornillo-tuerca de las métricas especificadas en los planos y en la memoria del Trabajo Fin de Grado.

Sistema generador de presiones

Ambas bombas, llenado y vaciado, deberán ser instaladas sobre la carcasa del prototipo mediante elementos amortiguadores de las vibraciones mecánicas que producen durante su funcionamiento.

Además, se deberá colocar en la entrada de aire de la bomba de llenado y en la salida de aire de la bomba de vaciado un filtro silenciador. Los amortiguadores deberán ser sujetos a la carcasa del dispositivo con los pares tornillo-tuerca necesarios para garantizar la correcta sujeción. El número mínimo de sujeciones de cada una de las bombas se encuentra descrito en los planos N.º 1 y 7 y la memoria del Trabajo Fin de Grado.

Se deberá de conectar al sistema de conductos según se indica en el esquema neumático del sistema neumático (véanse los planos del Trabajo Fin de Grado), siendo las juntas selladas con el empleo de abrazaderas de modo que se impida la fuga de aire.

Sistema de válvulas

Las electroválvulas deberán ser dispuestas en las posiciones indicadas en el plano N.º 1 y que cuadre con los taladros realizados en el carcasa-caja del plano N.º 7. Las sujeciones entre ambos se realizarán con tornillos de cabeza plana y de la métrica que se indica en los planos.

Las conexiones de las electroválvulas con el sistema de tuberías no serán necesario el empleo de abrazaderas para evitar fugas, aunque se recomienda su colocación en caso de ser necesario.

La electroválvula de emergencia se ha de colocar en la posición indicada en el plano N.º 1 del Trabajo Fin de Grado y se ha de conectar con el sistema de conductos del sistema neumático sin el empleo de abrazaderas.

Sistema de conductos

El montaje de los conductos ha de realizarse tal y como se especifica en la memoria del Trabajo Fin de Grado.

Se ha de disponer de modo que no sobre manguera o tubo entre los componentes y subsistemas que conforman el sistema neumático del prototipo Endoworm 3.0.

4.1.3 Pruebas reglamentarias

Una vez este montado todo el sistema neumático, se deberá de testar el mismo para detectar la existencia de posibles fugas. En el caso de que se detecten fugas, estas se intentarán subsanar, indicándose en el registro de fabricación el tipo y la localización de la fuga reparada.

El test de fuga consistirá en llenar el calderín de llenado con 320 kPa y el de vaciado, variarle hasta los 100 mbar y comprobar mediante los sensores de presión si se produce una pérdida de carga significativa durante el periodo de 2 minutos.

4.1.4 Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

El sistema debe de usarse en el rango de presiones de 0 a 320 kPa, ya que en rangos de presiones fuera de estos puede que se den funcionamientos anómalos del dispositivo y supondrá un deterioro prematuro del mismo.

Se realizará un mantenimiento preventivo frente a la corrosión de los componentes metálicos mediante un purgado sistemático del calderín de llenado. Además, se deberá comprobar la integridad de cada uno de los componentes del prototipo cada 6 meses con la finalidad de garantizar que están en las condiciones óptimas para su funcionamiento. En caso de que se detecte alguna anomalía en algún componente, este deberá ser remplazado, reflejándose el cambio efectuado en la ficha técnica del dispositivo.

4.1.5 Certificados y documentación

El sistema neumático deberá cumplir con todos los requisitos técnicos recogidos en la normativa a la que se hace referencia en este Pliego de Condiciones. Además de cumplir con la normativa considerada por el mercado CE. El cumplimiento de esto dotará al sistema de la certificación y documentación necesaria para su comercialización.

4.2 Sistema electrónico

Dentro de este apartado se engloban todos los materiales y técnicas de fabricación que conforman el sistema electrónico del prototipo Endoworm 3.0 que ha sido descrito en la memoria del Trabajo Fin de Grado.

4.2.1 Condiciones de los materiales

Todos los materiales empleados en la fabricación del prototipo han de tener, como mínimo, las características técnicas que se han especificado en la memoria del Trabajo Fin de Grado y se recogen en este Pliego de Condiciones.

Placas de circuito impreso

Todos los componentes han de reunir especificaciones idénticas a los componentes descritos en el presupuesto del Trabajo Fin de Grado. El empleo de otro valor resistivo, condensador o circuito integrado debe de estar debidamente justificado su cambio, siempre y cuando tenga unas prestaciones similares y el mismo encapsulado. Esto es aplicable a todos los materiales empleado para la fabricación de las placas que componen el sistema electrónico del prototipo Endoworm 3.0. Todas las placas de circuito impreso, a excepción de la placa de LEDs, han de tener material conductor en ambas caras. Se recomienda subcontratar la fabricación de las placas de circuito impreso.

Fuentes de alimentación

Las fuentes de alimentación a emplear han de ser conmutadas y poseer de certificado para su uso médico, ya que garantiza que las corrientes de fuga que van a presentar son mínimas, así como la posesión de mecanismos adicionales de seguridad.

Se recomienda emplear fuentes de alimentación con los mismos niveles de corriente, tensión y dimensiones que las descritas en la memoria del Trabajo Fin de Grado.

4.2.2 Normas de ejecución de las instalaciones

Placas de circuito impreso

La de circuito impreso ha de tener las dimensiones y grosores de pista que se indican en los planos N.º 14, 15 y 16.

Los componentes se deberán soldar preferentemente por onda de calor o a mano. No se deberá superar la temperatura de 240 °C durante el proceso de soldadura para ninguno de

los componentes, pudiendo llegar como máximo a 270 °C durante 10 segundos como caso excepcional.

Todas las placas deberán ser debidamente aisladas en los puntos de conexión con el resto de subsistemas que conforman el prototipo, evitando así contactos eléctricos indeseados. Para ello se recomienda emplear los materiales aislantes que aparecen en el plano N°. 11 o en el presupuesto del Trabajo Fin de Grado.

Fuentes de alimentación

Las fuentes de alimentación deberán ser instaladas con tornillos de la métrica apropiada y en la posición indicada según los planos N° 1, 4 y 7. En el caso de las fuentes de alimentación que no dispongan de una carcasa aislantes, todas menos la RSP-75-24, deberá de utilizarse una carcasa con las medidas y características más parecidas posibles a la que aparece en el plano N° 4 del Trabajo Fin de Grado.

4.2.3 Pruebas reglamentarias

Se deberán de testear las placas de control y potencia mediante la alimentación de las mismas y la comprobación en las salidas pertinentes de los valores de tensión deseados frente determinados estímulos de entrada.

La placa de presiones será testeada con el sistema neumático, haciendo un barrido de presiones en cada una de las cavidades y comprobando que mide correctamente la presión en todo el rango de presiones. En caso de no ser así se recomienda que se ajuste la ganancia de los sensores con los potenciómetros de la placa. En caso de no ser suficiente con dicho ajuste, se realizará un remplazo del sensor defectuoso y se indicará en la ficha técnica del dispositivo.

La placa de LEDs se testeará introduciendo alimentación de 12 V a todas las señales de las electroválvulas. Si los LEDs enciende correctamente el test será válido, en caso negativo se procederán a hacer las sustituciones necesarias para que la placa pase el test.

4.2.4 Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

Se ha de mantener aislado las placas con respecto el resto de componentes del dispositivo, con la finalidad de evitar funcionamientos anómalos de las mismas o corrientes de fugas a través de la carcasa que puedan afectar a los usuarios del prototipo *Endoworm 3.0*.

Los componentes que se deterioren deberán ser remplazados por otros de las mismas características e igual encapsulado, véase la memoria y los planos del Trabajo Fin de Grado.

4.2.5 Certificados y documentación

El sistema electrónico deberá cumplir con todos los requisitos técnicos recogidos en la normativa a la que se hace referencia en este Pliego de Condiciones. Además de cumplir con la normativa considerada por el mercado CE. El cumplimiento de esto dotará al sistema de la certificación y documentación necesaria para su comercialización.

4.3 Sistema eléctrico

Dentro de este apartado se engloban todos los materiales y técnicas de fabricación que conforman el sistema eléctrico del prototipo *Endoworm 3.0* que ha sido descrito en la memoria del Trabajo Fin de Grado.

4.3.1 Condiciones de los materiales

Las condiciones que deben de reunir los materiales para ser empleados en el sistema eléctrico son los que se exponen en el presente apartado.

Cableado

El cableado a emplear para la alimentación de los componentes electrónicos y electromecánicos se ha de realizar con cable para equipo con unas características lo más similares posibles a los cables mencionados en la memoria del Trabajo Fin de Grado.

El resto de cableado se puede realizar con cualquier tipo de cable que tenga unas características similares a los descritos en la memoria.

Conectores

Los conectores a emplear para cada una de las conexiones han de ser lo más parecido posibles a los que se han descrito en la memoria del Trabajo Fin de Grado. Conviene mencionar que se pueden modificar modelos distintos, siempre y cuando sean compatibles con el diseño proyectado en la memoria.

Canalización del cableado

La canalización de los cables se ha de realizar con canaletas de panel ranurada, 15 mm x 15mm, de material aislante.

4.3.2 Normas de ejecución de las instalaciones

Las conexiones se deberán realizar con los conectores y entre los cables según se ha descrito en la memoria y en el plano N° 13 del Trabajo Fin de Grado. En la medida de lo posible los cables deben de ser recogidos en las canalizaciones de los cables, dejando únicamente fuera de estas los tramos finales de los cables que van directamente a los actuadores.

Para la colocación de conectores terminales de los cables, como puede ser los cables de salida del filtro IEC, conectores a las fuentes de alimentación y placa de LEDs, se

recomienda el empleo de las herramientas de crimpado que permitan el montaje rápido y sencillo de cada uno de los conectores sobre los cables.

La canalización de los cables se ha de realizar con canaletas de panel ranurada dispuestas según se muestra en la *Figura 65* de la memoria del Trabajo Fin de Grado. La sujeción de estas a la carcasa se realizará mediante pares tornillos-tuerca con las dimensiones especificadas en el plano N° 7.

4.3.3 Pruebas reglamentarias

Se deberá de comprobar la continuidad eléctrica de cada uno de los cables y la no posibilidad de cortocircuito entre estos, antes de ser encendido el dispositivo. La finalidad de ello es garantizar la no existencia de cortocircuito en el dispositivo, lo que podría dar lugar a que se queme algunos de los componentes eléctricos que constituyen el prototipo.

Para ello se realizará la comprobación con un multímetro, cable por cable, de la conductividad.

4.3.4 Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

Se recomienda que el sistema eléctrico funcione en un rango de temperaturas comprendido entre los -20 a los 70 °C. Dándose fuera de este rango la posibilidad de encontrarse funcionamientos anómalos del sistema eléctrico.

4.4 Carcasa

Dentro de este apartado se engloban todos los materiales y técnicas de fabricación que conforman las carcasas del prototipo *Endoworm 3.0* que ha sido descritas en la memoria del Trabajo Fin de Grado.

4.4.1 Condiciones de los materiales

La carcasa- caja y la carcasa-tapa han de ser fabricadas en material de chapa de aluminio con un espesor de 0,5 mm y debe de tener las dimensiones indicadas en los planos N°. 7 y 8.

Mientras que la carcasa frontal se realizará con los materiales especificados en la memoria del Trabajo Fin de Grado y con las dimensiones representadas en el plano N°. 8.

4.4.2 Normas de ejecución de las instalaciones

La fabricación de las carcasas ha de realizarse cumpliendo con las especificaciones recogidas en la memoria y los planos del Trabajo Fin de Grado. No siendo susceptible a la modificación de ninguna de las medidas reflejadas en los planos N°. 6, 7 y 8.

Los procesos de prototipado rápido de las carcasas son descritos en la memoria y son los que se han empleado para la realización del prototipo. Para la producción en serie del dispositivo, se recomienda externalizar la fabricación de las carcasas, sometiéndose en este caso a posibles modificaciones en cuanto al empleo de los materiales que la constituyen.

El recurso imprescindible que han de cumplir es la conexión de las partes metálicas de la carcasa a tierra, Esta se realiza a través del filtro IEC del prototipo.

4.4.3 Pruebas reglamentarias

Se deberán hacer ensayos de compresión de la carcasa caja y carcasa-tapa con la finalidad de garantizar que las carcasas diseñadas cumplen con los requisitos mínimos como dispositivos médicos.

Además, se comprobará la correcta puesta a tierra de las partes metálicas de la carcasa con la finalidad de garantizar que la corriente de fugas valla a tierra y no a los usuarios del dispositivo, ya que en caso de usuarios con marcapasos puede ser un riesgo potencial de shock eléctrico.

4.5 Software

Formación del usuario y responsabilidad ante funcionamiento incorrecto

El usuario deberá tener conocimientos de Windows y Linux.

El usuario deberá tener conocimientos de programación en C++, Matlab, octave y en la programación de microcontroladores.

El usuario deberá tener conocimiento de programación con el software de programación de la pantalla táctil.

El incorrecto funcionamiento del programa puede deberse a:

Incorrección en la introducción de los parámetros presión o tiempos de hinchado de las cavidades. Siendo obligatoria la correcta introducción de los datos y parámetros del técnico responsables de la programación del microcontrolador, así como de la pantalla táctil.

Introducir alternativas incorrectas:

Es responsabilidad del usuario la elección de los parámetros de diseño.

No localizar alguno de los ficheros necesarios para el funcionamiento del programa:

Es responsabilidad del usuario la instalación de los ficheros y softwares necesarios para el correcto funcionamiento del programa en los directorios indicados en los apartados correspondientes.



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE Y SOFTWARE DEL PROTOTIPO ENDOWORM 3.0 PARA REALIZACIÓN DE ENTEROSCOPIAS

4. PRESUPUESTO



Departamento de ingeniería electrónica

Curso: 2016/2017

Autor: Zazo Manzaneque, Roberto

Tutor: Sánchez Díaz, Carlos

Cotutora: Vidaurre Garayo, Ana Jesús

Valencia, septiembre de 2017

Índice del presupuesto

- **Cuadro de Precios Unitarios de Mano de Obra**
- **Cuadro de Precios Unitarios de Materiales**
- **Cuadro de Precios nº 1**
- **Cuadro de Precios nº 2**
- **Resumen del Presupuesto**

Cuadro de mano de obra

Cuadro de mano de obra

Página 1

Num. Código	Denominación de la mano de obra	Precio	Horas	Total
1 MOOE-01	Ingenierio Técnico Industrial encargado de la tarea de diseño de hardware como del software necesario para cada una de las partidas.	27,800	1.298,000 h	36.084,40
2 MOOE-02	Técnico de laboratorio electrónico es responsable del montaje de los distintos materiales, para dar lugar a los distintos sistemas y subsistemas.	13,920	47,500 h	661,20
			Total mano de obra:	36.745,60

Cuadro de materiales

Num.	Código	Denominación del material	Precio	Cantidad	Total
1	PFXGP4401T...	Pantalla táctil de 7,5'' de 65.536 colores, TFT, de la marca Pro-face modelo PFXGP4401TAD, alimentación a 24Vdc y consumo de 0,5 A. Viene con cables de programación y conectores para realizar las conexiones pertinentes. N° de referencia del fabricante: 124829D046346	990,000	1,000 ud	990,00
2	31404010186	Software de programación de pantallas táctiles, específico de la casa Pro-face. Cod de referencia del fabricante: 31404010186.	360,000	1,000 ud	360,00
3	KNF-NPK09	Bomba KNF NPK09 DC - 24V. Cod. distribuidor: 2605220205932.	352,000	1,000 ud	352,00
4	PCB	Prototipos de placa de circuito impreso (PCB) para la placa de control. En esta vienen incluida hasta 8 placas de control por el precio unitario que se ha especificado. El encargo del diseño de estas placas va así.	250,000	0,758 pa...	189,50
5	660-1264	MPLAB ICD 3 In-Circuit Debugger System. Cod. RS: 660-1264	185,390	1,000 ud	185,39
6	GR42X25	Bomba de diafragma ElectroAD Serie MR GR 42X25.	121,890	1,000 ud	121,89
7	238-895	Filtro IEC, Macho, 6A, 250 V ac, 50Hz a 400Hz, C14. Schaffner modelo FN393-6-05-11. Cod. RS: 238-895	63,850	1,000 ud	63,85
8	753-7679	Fuente de alimentación SMPS 43.5W de 3 salidas, 5 y +-15 V dc, Mean Well MPT-45C. Cód. RS: 753-7679.	56,920	1,000 ud	56,92
9	753-7647	Fuente de alimentación SMPS, potencia 44.4W,12Vdc / 3.7A, Mean Well MPS-45-12. Cod. RS: 753-7647.	51,610	1,000 ud	51,61
10	815-7422	Fuente de alimentación SMPS, potencia 76.8W, 24Vdc/3,2A, Mean Well RSP-75-24. Cod. RS: 815-7422	50,130	1,000 ud	50,13
11	753-7625	Fuente de alimentación SMPS, potencia 28.8W, 24Vdc/1.2A, Mean Well MPS-30-24, Cod. RS: 753-7625	48,970	2,000 ud	97,94
12	BATN902000...	Batería de 3 EV. 3/2NC, BP, modular, ALUM-NBR,12VDC, 2,5W. ATENCIÓN: se deben pedir que envíen las electroválvulas con 4 muelles de 6 bares y 2 de 1 bar. Cod. Lasber: BATN90200000468.3	44,950	2,000 ud	89,90
13	050001	Calderín metálico 1dm3 (Acero Fe PO4), 2 roscas de G1/2", presión max 11bar, API SBCV 1SBCV2. Cod. Lasber: 050001.	31,170	2,000 ud	62,34
14	12345	Caja de ordenador de sobre mesa de color negro. El material de la caja es de chapa con 0,5 mm de espesor y pintada de color negro. Las medidas son: 420 x 375.5 x 181 mm (ancho x largo x alto). La morfología y las dimensiones que ha de tener se recogen en el plano N° 7.	30,000	1,000 ud	30,00
15	192-9148	Válvula neumática de control manual 3/2 SMC VM1000-4N-08, Control mediante Palanca de Conmutación, Cuerpo PBT. Cod. RS: 192-9148	24,000	1,000 ud	24,00
16	655-8189	Sensor de presión diferencial o absoluta Honeywell 26PCDF A2G, rango de 0 a 30 psi, 10 Vdc. Cod. RS: 655-8189	23,510	4,000 ud	94,04
17	978025	Plancha de Poliestireno rígido de color blanco (HIPS), con un espesor de 3 mm y un tamaño de plancha 50 x 100 c. Distribuidor desconocido.	15,500	1,000 ud	15,50
18	050601	Soporte Calderines, acero galvanizado, API STSB 050601. Cod. Lasber: 050601.	12,590	2,000 ud	25,18

Num.	Código	Denominación del material	Precio	Cantidad	Total
19	544-0661	Ventilador Axial AC, 80 x 80 x 38mm, 51m³/h, 16W, 220 V a 240 V en AC, Serie SF, modelo SF23080A/2083HSL.GN. Cod. RS: 544-0661	11,120	1,000 ud	11,12
20	TLP150CJ	Carcasa para fuentes de alimentación de la casa comercial Artesyn, modelo TLP150CJ. Cod. Mouser: 826-TLP150CJ.	10,950	4,000 ud	43,80
21	56789	Tapa de la caja de la carcasa de un ordenador de sobremesa. Material de chapa con 0,5 mm de espesor y pintada de color negro. Las dimensiones y morfología que ha de tener vienen recogidas en el plano N° 8.	10,000	1,000 ud	10,00
22	523-7572	Amplificador de Instrumentación, AD620BRZ, 0.05mV Offset, 120kHz 80dB CMRR, SOIC8. Cod. RS: 523-7572.	8,560	4,000 ud	34,24
23	719-9113	Conector D-sub PCB TE Connectivity, Serie Amplimite HD-20, paso 2.74mm, ángulo de 90°, Orificio	7,630	1,000 ud	7,63
24	UC2707DW	Pasante, Hembra. Cod. RS: 719-9113 Driver de potencia de 2 canales UC2707DW, 1.5A cada salida, rango de operación de 4 a 40V, SOIC16 wide. Cod. Mouser: 595-UC2707DW	7,530	3,000 ud	22,59
25	731-6169	Cable de alimentación RS Pro, 2,5m, Negro, C13, 10 A a Conector macho Schuko, 250 V. Conexión del filtro IEC con la toma de corriente de red Europea. Cod. RS: 731-6169	7,000	1,000 ud	7,00
26	544-342	Canalización de cables Betaduct 08702, Negro, PVC, Cerrado, Canaleta de panel ranurada, 15 mm 15mm, 1m. Betaduct modelo 08702. Cod. RS: 544-342	4,473	2,000 m	8,95
27	684-0356	Relé sin enclavamiento, DPDT, Montaje en PCB, 12Vdc, Omron G5V-2-H 12DC. Cod. RS: 684-0356	4,360	2,000 ud	8,72
28	623-0825	PIC18F4550, microcontrolador de 8 bit, 2048 B RAM, 32 kB, 256 B Flash, TQFP44, velocidad de 48MHz USB. Cod. RS: 623-0825.	4,110	1,000 ud	4,11
29	504000	Válvula antirretorno 1/8" Hembra - Hembra. Cod. Lasber: 504000	3,730	1,000 ud	3,73
30	050603	Racord soporte de fijación. Conexión del soporte-calderín, adaptador macho- hembra G1/2 de latón niquelado, API PRSB 050603 Cod. Lasber: 050603	3,590	4,000 ud	14,36
31	394-475	Interruptor de palanca DPDT, Funcionamiento On-On. RS-Pro modelo 1MD1T1B1M1QES-1. Cod. RS: 394-475	3,580	1,000 ud	3,58
32	285-8609	Patas ajustables Nu-Tech Engineering, A040/004. Cod. RS: 285-8609	3,360	4,000 ud	13,44
33	700-4539	Tubos termorretráctiles RS Pro, Poliolefina, Negro, relación de contracción: 3:1, diámetro 9mm, Longitud 5m. Cod. RS: 700-4539.	2,793	0,800 m	2,23
34	1230945	5096C - Cable Multiconductor Apantallado, Xtra Guard® 1, Por M, Gris, 6 Hilos, 24 AWG, 0.2 mm². Cod. Farnell: 1230945	2,650	0,500 m	1,33
35	684-1967	Condensador electrolítico de aluminio Vishay MAL203856472E3, 4700 uF, +- 20%, 25 V dc, Orificio Pasante +85°C. Cod. RS: 684-1967	2,400	2,000 ud	4,80
36	800-4489	Relé sin enclavamiento, DPDT, Montaje en PCB, 10 A, 12V. Cod. RS: 800-4489.	2,350	1,000 ud	2,35
37	322-9850	Funda para conector D entrada sup. 9vías, MH Connectors, modelo DTPPK9-K. Cod. RS: 322-9850	2,160	2,000 ud	4,32
38	403-897	Borne de potencia, Montaje en Cable, 4 vías, Sujeto con Tornillo, 14A. Cod. RS: 403-897	2,112	1,000 ud	2,11

Num.	Código	Denominación del material	Precio	Cantidad	Total
39	419-0040	Tubo flexible Saint-Gobain Silicona 25m de largo Transparente, diám. ext. 8mm, diám. int. 5mm, No, para aplicaciones varias. Cod. RS: 419-0040	2,041	1,000 m	2,04
40	669-6714	Potenciómetro multivuelta Bourns PVG5H, 1k ohmios máximo, +-10%, +150ppm/°C, 1/4W, vueltas: 11, SMD. Cod. RS: 669-6714.	1,870	4,000 ud	7,48
41	361-709	Cable para Equipos RS Pro, área transversal 0,75 mm ² Filamentos del Núcleo 24/0,2 mm Amarillo, 750 V, long. 100m, 2491X. Cod RS: 361-709.	1,864	1,500 m	2,80
42	361-686	Cable para Equipos RS Pro, área transversal 0,75 mm ² Filamentos del Núcleo 24/0,2 mm Rojo, 750 V, long. 100m, 2491X. Cod. RS: 361-686	1,864	10,000 m	18,64
43	361-642	Cable para Equipos RS Pro, área transversal 0,75 mm ² Filamentos del Núcleo 24/0,2 mm Negro, 750 V, long. 100m, 2491X. Cod. RS: 361-642	1,864	10,000 m	18,64
44	361-658	Cable para Equipos RS Pro, área transversal 0,75 mm ² Filamentos del Núcleo 24/0,2 mm Azul, 750 V, long. 100m, 2491X. Cod. RS: 361-658	1,864	1,500 m	2,80
45	557-262	Latiguillo de Ethernet Cat5e RS Pro, 1m, U/UTP, PVC, Rojo. Cod. RS: 557-262.	1,780	1,000 ud	1,78
46	289-9896	Cable Cinta Plano RS Pro, 20 vías, No Apantallado, Anchura 25,4 mm. Empleado para la interconexión de la placa de control con la placa de LEDs. Cod. RS: 289-9896	1,764	0,750 m	1,32
47	711-8319	Interruptor Táctil tipo émbolo, Transparente, IP67, KNITTER-SWITCH TSSE12S. Cod. RS: 711-8319	1,680	1,000 ud	1,68
48	454-7367	Silenciador neumático RS Pro, 0674, Polietileno, 10bar, Roscado, Macho M5 x 0,8, M5 x 0.8plg. Cod RS: 454-7367	1,540	2,000 ud	3,08
49	126-4291	Soportes antivibración macho a hembra cilíndricos RS Pro fabricados de caucho natural diseñados para una fijación sencilla y económica. Los soportes antivibración logran una alta amortiguación de vibraciones tanto en corte como en compresión. Cod. RS: 126-4291	1,478	7,000 ud	10,35
50	787-3852	Conector D-sub de soldadura MH Connectors MHDB9SS, Serie MHDB, 9, 2.77mm, Recto, Montaje de Cable, Hembra, 250 V, 5A. Cod. RS: 787-3852	1,450	1,000 ud	1,45
51	787-3858	Conector D-sub de soldadura MH Connectors MHDB9SP, Serie MHDB, 9, 2.77mm, Recto, Montaje de Cable, Macho, 250 V, 5A. Cod. RS: 787-3858	1,450	1,000 ud	1,45
52	728-8162	Unidad de cristal 20MHz, +-30ppm, SMD, 2-Pin, SMD 6 x 3.5 x 1.2mm. Cod RS: 728-8162	1,184	1,000 ud	1,18
53	168-1155	Cable Industrial, Alpha Wire, 3 núcleos, 0,56 mm ² , 300 V, temperatura de funcionamiento -20 a +60 °C, Apantallado. Cod. RS: 168-1155	1,168	0,100 m	0,12
54	774-7059	Manguera de aire RS Pro, Transparente, 30m, diám. ext. 8mm, diám. int. 5mm, máx. presión de funcionamiento 13 bar, Poliuretano, -20 a +70°C. Cod. RS: 774-7059.	1,103	3,000 m	3,31

Num.	Código	Denominación del material	Precio	Cantidad	Total
55	240-0935	Conector RJ45 Molex 95501-2881, V??as: 8, Cat3, No apantallado, ángulo de 90°, Orificio Pasante, Hembra, Serie RJ45. Cod. RS: 240-0935	1,070	2,000 ud	2,14
56	761-3515	Transistor MOSFET, BUZ11_NR4941, N-Canal, 30 A, 50 V, 3-Pin, TO-220AB .Cod. RS: 761-3515	1,040	5,000 ud	5,20
57	684-1955	Condensador electrolítico de aluminio Vishay MAL203856222E3, 2200 uF, +-20%, 25 Vdc, Orificio Pasante. Cod. RS: 684-1955	1,026	5,000 ud	5,13
58	xxxxx0	Reductor macho - macho de G1/4 a G1/8 de latón niquelado. Cod. Lasber: desconocido.	1,000	2,000 ud	2,00
59	452140	Tapón Allen Tórica 1/2" M. Cod. Lasber: 452140.	1,000	2,000 ud	2,00
60	403-875	Borne de potencia, Montaje en Cable, 2 vías, Sujeto con Tornillo, 14A. Cod RS: 403-875	0,972	24,000 ud	23,33
61	466010	Te 1/8" M-H-H, dos hembras y un macho de latón niquelado. Cod. Lasber: 466010.	0,960	1,000 ud	0,96
62	xxxxx1	Te 1/8" H-H-H, tres hembras de latón niquelado. Cod. Lasber: desconocido.	0,960	1,000 ud	0,96
63	795-398	Acoplamiento en T, Macho, para tubos de diámetro interior de 5mm, modelo TS5, POM. Cod RS: 795-398	0,958	8,000 ud	7,66
64	403-954	Bloque de terminal PCB, Weidmuller serie OMNIMATE SL, Recto 4 pines 1 fila paso 5.08mm, Terminaci??n Soldada. Cod. RS: 403-954	0,928	1,000 ud	0,93
65	263-9818	Regulador de tensión lineal, BA17810FP-E2, 1A 10 V 1W TO-252 3 pines. Cod. RS: 263-9818.	0,908	1,000 ud	0,91
66	120070	Macho de adaptación para las mangueras conexión macho G1/8 de latón niquelado. Cod. Lasber: 120070.	0,870	13,000 ud	11,31
67	403-932	Bloque de terminal PCB, Weidmuller serie OMNIMATE SL, Recto 2 pines 1 fila paso 5.08mm, Terminación Soldada. Cod. RS: 403-932	0,862	23,000 ud	19,83
68	KB132000B9	Conector clase B, DIN43650, 30x22, 2P+T. Cod. Lasber: KB132000B9	0,850	6,000 ud	5,10
69	674-1328	Conector USB tipo B, ASSMANN WSW, 1 puerto, ??ngulo de 90??, Orificio Pasante, Hembra. Cod. RS: 674-1328	0,822	1,000 ud	0,82
70	737-4171	Condensador electrolítico de aluminio NIC Components NRSZ332M25V16X35.5F, 3300 uF, +-20%, 25 V dc, Orificio Pasante +105°C. Cod. RS: 737-4171	0,810	1,000 ud	0,81
71	527-971	Tornillos mecánicos, Acabado Plano, Nylon, Cilíndrico, M3 x 6mm. Cod. RS: 527-971	0,734	10,000 ud	7,34
72	660-6730	Transceptor de línea doble, MAX232ID, 2-TX 2-RX 120kbps, SOIC16, RS-232, 5 V. Cod. RS: 660-6730	0,699	1,000 ud	0,70
73	545-2298	Transistor, BD137G, NPN 1,5 A 60 V HFE:25 TO-225, 3 pines. Cod. RS: 545-2298	0,600	2,000 ud	1,20
74	452110	Tapón Allen Tórica 1/8" M, para sellado de una de las salidas del bloque de electroválvulas. Cod. Lasber: 452110.	0,560	2,000 ud	1,12
75	331-6421	Conector hembra RJ11 RS Pro, 6P6C v??as, ??ngulo de 90??, Montaje en PCB, Hembra, Conector Hembra Modular. Cod RS: 331-6421	0,550	1,000 ud	0,55
76	251-8165	Cabezal de pines, RS Pro, Recto 20 pines 2 filas paso 2.54mm, Terminaci??n Soldada, Orificio Pasante. Cod. RS: 251-8165	0,500	1,000 ud	0,50
77	178-664	Aislante de tornillo RS Pro Nylon, M3, 3mm. Cod RS: 178-664	0,444	2,000 ud	0,89

Num.	Código	Denominación del material	Precio	Cantidad	Total
78	908-9046	Abrazadera para Tubos Flexibles Jubilee, NB0709MS, Miniabrazadera de combustible, Abrazadera de tornillo y tuerca. Cod. RS: 908-9046	0,436	18,000 ud	7,85
79	525-701	Tuerca hexagonal 5.4mm Plano Natural Nylon Completo, M3. Cod. RS: 525-701	0,411	10,000 ud	4,11
80	684-1958	Condensador electrolítico de aluminio Vishay MAL203856471E3, 470 uF, +-20%, 25 Vdc, Orificio Pasante. Cod. RS: 684-1958.	0,362	4,000 ud	1,45
81	537-0966	Fusible de cartucho Cooper Bussmann S500-10-R 10A. Cod. RS: 537-0966	0,359	2,000 ud	0,72
82	679-5085	Carcasa de conector de crimpado Molex 09-50-3061, Serie KK 396, paso: 3.96mm, 6 contactos, 1 fila, Recto, Hembra. Cod. RS: 679-5085	0,335	2,000 ud	0,67
83	671-1084	MOSFET, NDS352AP, P-Canal, 900 mA, 30 V, 3-Pin, SOT-23. Cod. RS: 671-1084	0,333	1,000 ud	0,33
84	342-1696	Carcasa de conector de crimpado Molex 51021-0700, Serie PICOBLADE, paso: 1,25mm, 7 contactos, 1 fila, Recto, Hembra. Cod. RS: 342-1696	0,322	1,000 ud	0,32
85	708-4581	Optoacoplador Vishay, CNY75C, entrada DC, Salida Fototransistor, orificio pasante, PDIP 6. Cod. RS: 708-4581.	0,318	8,000 ud	2,54
86	481-0722	Jumper Stelvio Kontek 3132512020476, Recto, Hembra, Azul, 2 contactos, 1 fila, 2.54mm. Cod. RS: 481-0722	0,300	8,000 ud	2,40
87	434-8176	Condensador cerámico multicapa MLCC, KEMET, 10 uF, +-10%, 10 V dc, SMD 1210, X5R dieléctrico. Cod. RS: 434-8176.	0,296	1,000 ud	0,30
88	708-8000	Diodo, BY255P-E3/54, Conmutación, 3A, 1300V, 3us, DO-201AD, 2-Pines, Conexión de silicio. Cod. RS: 708-8000	0,263	1,000 ud	0,26
89	629-0473	Diodo, GFLG-E3/67A, Conmutación, 1A, 400V, 2 us, DO-214BA, 2-Pines, Conexión de silicio. Cod. RS: 629-0473	0,262	2,000 ud	0,52
90	547-3166	Cabezal de pines, HARWIN serie M20, Recto 36 pines 1 fila paso 2.54mm, Terminación Soldada, Orificio Pasante, Cod RS: 547-3166	0,240	4,000 ud	0,96
91	727-0307	Condensador PPS de Panasonic, 47nF, 16 V dc, +-5% SMD 1206. Cod. RS: 727-0307	0,235	2,000 ud	0,47
92	382-967	Aislador, RS Pro, Hexagonal, Macho/Hembra, 6mm, M3 x M3. Cod. RS: 382-967	0,227	8,000 ud	1,82
93	485-486	Diodo, BAT760,115, 1A, 20V, SOD-323, 2-Pines. Cod. RS: 485-486	0,224	2,000 ud	0,45
94	542-7141	Conector macho PCB, Molex serie PICOBLADE, 90°, 7 pines 1 fila paso 1,25mm, Terminación Soldada. Cod. RS: 542-7141.	0,224	1,000 ud	0,22
95	466-4046	LED Kingbright, Verde, 570 nm, 300 mcd, 2,1 V, 35 °, Serie 1206, 3216 (SMD 1206) .Cod. RS: 466-4046.	0,182	7,000 ud	1,27
96	9733272	90119-2110 - Contacto, C-Grid III™, Serie 90119, Hembra, Crimpado, 22 AWG, Contactos Chapados en Oro. Fabricante Molex con n° de referencia 90119-2110. Cod. distribuidor Farnell: 9733272	0,160	4,000 ud	0,64
97	464-6751	Condensador cerámico multicapa MLCC, AVX, 22pF, +-5%, 100 V dc, SMD 1206, C0G dieléctrico. Cod. RS: 464-6751	0,153	2,000 ud	0,31
98	679-5076	Carcasa de conector de crimpado Molex 09-50-3051, Serie KK 396, paso: 3.96mm, 5 contactos, 1 fila, Recto, Hembra. Cod. RS: 679-5076	0,138	2,000 ud	0,28

Num. Código	Denominación del material	Precio	Cantidad	Total
99 196-889	Condensador cerámico multicapa MLCC, Murata, 470 nF, +-10%, 16 Vdc, SMD 1206, X7R dieléctrico. Cod. RS: 196-889	0,127	4,000 ud	0,51
100 224-0395	Resistencia SMD serie 3520, formato 2512 de alta potencia TE Connectivity, 1k ohmios, +-5%, 1W. Cod. RS: 224-0395.	0,121	2,000 ud	0,24
101 224-0575	Resistencia SMD serie 3520, formato 2512 de alta potencia TE Connectivity, 1M ohmios, +-5%, 1W .Cod. RS: 224-0575.	0,120	1,000 ud	0,12
102 451-6600	LED Kingbright, Montaje en orificio pasante, Verde, 568 nm, 3 mcd, 2,5 V, 110 °, Serie Rectangular. Cod. RS: 451-6600	0,118	2,000 ud	0,24
103 679-5072	Carcasa de conector de crimpado Molex 09-50-3041, Serie KK 396, paso: 3.96mm, 4 contactos, 1 fila, Recto, Hembra. Cod. RS: 679-5072	0,118	2,000 ud	0,24
104 224-0424	Resistencia SMD serie 3520, formato 2512 de alta potencia TE Connectivity, 4,7 k ohmios, +-5%, 1W. Cod. RS: 224-0424	0,109	3,000 ud	0,33
105 224-0503	Resistencia SMD serie 3520, formato 2512 de alta potencia TE Connectivity, 100k ohmios, +-5%, 1W. Cod. RS: 224-0503	0,109	1,000 ud	0,11
106 224-0468	Resistencia SMD serie 3520, formato 2512 de alta potencia TE Connectivity, 33kohmios, +-5%, 1W. Cod. RS: 224-0468	0,104	1,000 ud	0,10
107 224-0367	Resistencia SMD serie 3520, formato 2512 de alta potencia TE Connectivity, 470 ohmios, +-5%, 1W. Cod. RS: 224-0367	0,103	1,000 ud	0,10
108 224-0430	Resistencia SMD serie 3520, formato 2512 de alta potencia TE Connectivity, 10kohmios, +-5%, 1W. Cod. RS: 224-0430.	0,101	9,000 ud	0,91
109 2.2KQBK-ND	Resistencia de película de carbón de 2.2k Ohmios, ±5%, 1/4W, de orificio pasante. Cod. Digi-key: 2.2KQBK-ND	0,100	2,000 ud	0,20
110 CF14JT680R...	Resistencia de película de carbón de 680 ohmios, ±5%, 1/4W, de orificio pasante.Cod. Digi-Key: CF14JT680RCT-ND	0,100	5,000 ud	0,50
111 870-8816	Condensador de poliéster PET KEMET, 470nF, ±5%, 40 V ac, 63 V dc, Orificio Pasante. Cod. RS: 870-8816	0,095	2,000 ud	0,19
112 264-4444	Condensador cerámico multicapa MLCC, KEMET, 470nF, Tol. -20 +80 %, 16 V, SMD 0805, Y5V dieléctrico. Cod. RS: 264-4444	0,095	4,000 ud	0,38
113 466-3908	LED Kingbright, Verde, 568 nm, 12 mcd, 2,2 V, 120°, Serie 1206, SMD 1206. Cod. RS: 466-3908.	0,092	3,000 ud	0,28
114 534-351	Conector de crimpado, RS Pro, Hembra, Revestimiento de Estaño, Rojo, Aislado, 6.3 x 0.8mm, 0.5mm ² a 1.5mm ² , 22AWG. Cod. RS: 534-351	0,092	2,000 ud	0,18
115 527-612	Tuerca hexagonal 13mm Galvanizado brillante Acero Completo, M8. Cod. RS: 527-612	0,090	8,000 ud	0,72
116 223-2186	Resistencia fija SMD 1206 de película gruesa TE Connectivity, 330 ohmios, +-1%, 0,25W. Cod. RS: 223-2186	0,089	11,000 ud	0,98
117 679-5079	Carcasa de conector de crimpado Molex 09-50-3031, Serie KK 396, paso: 3.96mm, 3 contactos, 1 fila, Recto, Hembra. Cod. RS: 679-5079	0,088	2,000 ud	0,18
118 464-6852	Condensador cerámico multicapa MLCC, AVX, 100nF, +-5%, 50 Vdc, SMD 1206, X7R dieléctrico. Cod. RS: 464-6852.	0,070	17,000 ud	1,19
119 189-563	Tuerca hexagonal 5.5mm Plano Acero Inoxidable Completo, M3, 316, A4. Cod. RS: 189-563	0,069	50,000 ud	3,45

Num. Código	Denominación del material	Precio	Cantidad	Total
120 525-896	Tuerca hexagonal 7mm Galvanizado brillante Acero Completo, M4. Cod. RS: 525-896.	0,067	25,000 ud	1,68
121 466-3914	LED Kingbright, Rojo, 640 nm, 100 mcd, 1,85 V, 120°, SMD 1206. Cod. RS: 466-3914.	0,064	3,000 ud	0,19
122 223-2271	Resistencia fija smd 1206 de película gruesa TE Connectivity, 1k2 ohmios, +-1%, 0,25W. Cod. RS: 223-2271	0,061	2,000 ud	0,12
123 797-6190	Tornillos mecánicos, Acabado Plano, Acero Inoxidable, Truncocónico, M2.5 x 10mm. Cod. RS: 797-6190	0,059	2,000 ud	0,12
124 190-440	Tornillos mecánicos, Acabado Plano, Acero Inoxidable, Truncocónico, M3 x 10mm. Cod. RS: 190-440	0,059	20,000 ud	1,18
125 264-4191	Condensador cerámico multicapa MLCC, KEMET, 100nF, +-20%, 50 V dc, SMD 1206, Z5U dieléctrico. Cod. RS: 264-4191.	0,058	4,000 ud	0,23
126 190-434	Tornillos mecánicos, Acabado Plano, Acero Inoxidable, Truncocónico, M3 x 8mm. Cod. RS: 190-434	0,057	18,000 ud	1,03
127 649-1165	Diodo, 1N4007RLG, Conmutación, 1A, 1000V, DO-41, 2-Pines, Conexión de silicio. Cod. RS: 649-1165	0,047	5,000 ud	0,24
128 560-675	Tornillos mecánicos, Acabado Galvanizado brillante, pasivado transparente, Acero, Truncocónico, M4 x 6mm. Cod. RS: 560-675	0,043	10,000 ud	0,43
129 560-681	Tornillos mecánicos, Acabado Galvanizado brillante, pasivado transparente, Acero, Truncocónico, M4 x 10mm. Cod. RS: 560-681	0,041	15,000 ud	0,62
130 670-2254	Contacto de crimpado Molex 08-50-0107, KK 396, 2578, Hembra, Revestimiento de Estaño. Cod. RS: 670-2254	0,038	18,000 ud	0,68
131 223-1997	Resistencia SMD1206 de película gruesa TE Connectivity, 10 ohmios, +-1%, 0,25W. Cod. RS: 223-1997.	0,030	1,000 ud	0,03
132 464-6830	Condensador cerámico multicapa MLCC, AVX, 10nF, +-10%, 50 V dc, SMD 1206, X7R dieléctrico. Cod. RS: 464-6830.	0,030	4,000 ud	0,12
133 560-580	Tornillos mecánicos, Acabado Galvanizado brillante, pasivado transparente, Acero, Truncocónico, M3 x 6mm. Cod. RS: 560-580	0,029	12,000 ud	0,35
134 223-2164	Resistencia SMD1206 de película gruesa TE Connectivity, 220 ohmios, +-1%, 0,25W. Cod. RS: 223-2164	0,027	2,000 ud	0,05
135 223-2215	Resistencia SMD1206 película gruesa TE Connectivity, 470 ohmios, +-1%, 0,25W. Cod. RS: 223-2215	0,020	1,000 ud	0,02
136 670-6414	Contacto de crimpado Molex 50058-8000, PICOBLADE, 50058, Hembra, Revestimiento de Estaño. Cod. RS: 670-6414	0,018	7,000 ud	0,13
137 223-2265	Resistencia SMD1206 de película gruesa TE Connectivity, 1k ohmios, +-1%, 0,25W. Cod. RS: 223-2265.	0,017	12,000 ud	0,20
138 282-0575	Lámina de fluoroplástico PTFE Opaco de 1,5 mm de espesor. Cod. RS: 282-0575	0,016	480,000 cm2	7,68
139 248-4567	Tuerca hexagonal 5mm Plano Acero Inoxidable Completo, M2.5, 316, A4. Cod. RS: 248-4567	0,016	2,000 ud	0,03
Total materiales:				3.304,28

Cuadro de precios n° 1

Cuadro de precios nº 1

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
1.1	<p>1 Sistema Neumático</p> <p>ud Esta partida contendrá los costes asociados al subsistema neumático encargado del almacenar el aire comprimido a presión.</p>	835,94	OCHOCIENTOS TREINTA Y CINCO EUROS CON NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
1.2	<p>ud Esta partida contendrá los costes asociados al subsistema neumático encargado de la generación de presiones.</p>	2.847,89	DOS MIL OCHOCIENTOS CUARENTA Y SIETE EUROS CON OCHENTA Y NUEVE CÉNTIMOS
1.3	<p>ud Esta partida contendrá los costes asociados al subsistema de válvulas encargadas del control del flujo de aire entrante y saliente de las cavidades del motor neumático.</p>	2.466,93	DOS MIL CUATROCIENTOS SESENTA Y SEIS EUROS CON NOVENTA Y TRES CÉNTIMOS
1.4	<p>ud Esta partida contendrá los costes asociados al subsistema de conductos neumáticos encargado de interconectar los distintos subsistemas del sistema neumático del Endoworm v3.0.</p>	608,21	SEISCIENTOS OCHO EUROS CON VEINTIUN CÉNTIMOS
	<p>2 Sistema Electrónico</p>		
2.1	<p>ud Placa de circuito impreso del control del dispositivo Endoworm v3.0. Esta compuesta por dos etapas. Una etapa digital compuesta por el microcontrolador que gobierna el comportamiento del dispositivo y las comunicaciones con la pantalla táctil, programador y placa de presiones. Una etapa de potencia que se encarga de la activación de los actuadores.</p>	14.300,23	CATORCE MIL TRESCIENTOS EUROS CON VEINTITRES CÉNTIMOS
2.2	<p>ud Placa de circuito impreso de presiones que se miden en la cabeza del dispositivo. Mide las presiones del calderín de llenado, y de las cavidades que conforman el motor neumático que se desea controlar.</p>	2.542,45	DOS MIL QUINIENTOS CUARENTA Y DOS EUROS CON CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS
2.3	<p>ud Placa de circuito impreso de la etapa de potencia adicional debido a los accionamientos que funcionan a 24V, en lugar de 12V. Se encarga de dar la tensión y corriente necesarias para la activación de las tres electroválvulas de llenado, la electroválvula de vaciado de la cavidad de expansión axial y la bomba de llenado.</p>	3.639,57	TRES MIL SEISCIENTOS TREINTA Y NUEVE EUROS CON CINCUENTA Y SIETE CÉNTIMOS
2.4	<p>ud Placa de circuito impreso de LED's para comprobar el correcto funcionamiento de los drivers de potencia encargados de activar las electroválvulas. Además sirve como indicador de la apertura o cierre de cada una de las electroválvulas que controlan la presión de las cavidades del motor neumático.</p>	729,13	SETECIENTOS VEINTINUEVE EUROS CON TRECE CÉNTIMOS

Cuadro de precios nº 1

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
2.5	ud Esta partida incluye los costes asociados a la interfaz gráfica entre el usuario en el Endoworm v3.0. La encarg de la intefaz es la pantalla táctil y el programa que se ha tenido que implementar para ello.	10.761,95	DIEZ MIL SETECIENTOS SESENTA Y UN EUROS CON NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS
2.6	ud En esta partida se recogen todos los costes asociados al sistema de alimentación del Endoworm v3.0. Se trata de un conjunto de fuentes de alimentación de distintas tensiones de alimentación y potencias que se encargan de alimentar las distintas PCB y componentes electromecánicos del dispositivo.	1.045,21	MIL CUARENTA Y CINCO EUROS CON VEINTIUN CÉNTIMOS
3 Sistema Eléctrico			
3.1	ud Esta partida contendrá los costes asociados al subsistema de cableado eléctrico encargado de interconectar los distintos accionadores electromecánicos del sistema neumático y los distintos subsistemas que conforman el sistema electrónico del Endoworm v3.0.	801,56	OCHOCIENTOS UN EUROS CON CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS
3.2	ud Esta partida contendrá los costes asociados a los conectores empleados para unir el cableado eléctrico a los distintos componentes eléctricos y electrónicos del Endoworm v3.0.	485,77	CUATROCIENTOS OCHENTA Y CINCO EUROS CON SETENTA Y SIETE CÉNTIMOS
4 Carcasa			
4.1	ud Esta partida contendrá los costes asociados al diseño y la fabricación de la carcasa-caja para el prototipado rápido del Endoworm v3.0.	294,25	DOSCIENTOS NOVENTA Y CUATRO EUROS CON VEINTICINCO CÉNTIMOS
4.2	ud Esta partida contendrá los costes asociados al diseño y la fabricación de la carcasa-tapa para el prototipado rápido del Endoworm v3.0.	72,53	SETENTA Y DOS EUROS CON CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS
4.3	ud Esta partida contendrá los costes asociados al diseño y la fabricación de la carcasa frontal para el prototipado rápido del Endoworm v3.0.	220,73	DOSCIENTOS VEINTE EUROS CON SETENTA Y TRES CÉNTIMOS
5 Otros			
5.1	ud En esta partida se recogen el resto de componentes que no han sido incluidos en el resto de sistemas del dispositivo Endoworm v3.0. Algunos de estos tienen relación con la programación del dispositivo.	400,00	CUATROCIENTOS EUROS

Cuadro de precios n° 2

Cuadro de precios nº 2

Advertencia: Los precios del presente cuadro se aplicarán única y exclusivamente en los casos que sea preciso abonar obras incompletas cuando por rescisión u otra causa no lleguen a terminarse las contratadas, sin que pueda pretenderse la valoración de cada unidad de obra fraccionada en otra forma que la establecida en dicho cuadro.

Nº	Designación	Importe		
		Parcial (Euros)	Total (Euros)	
1.1	1 Sistema Neumático			
	ud Esta partida contendrá los costes asociados al subsistema neumático encargado del almacenar el aire comprimido a presión.			
	(Mano de obra)			
	Ingeniero Técnico Industrial	24,000 h	27,800	
	Técnico de Laboratorio Electrónico	1,000 h	13,920	
	(Materiales)			
	Calderín metálico de 1L	2,000 ud	31,170	
	Soporte Calderines	2,000 ud	12,590	
	Racord soporte de fijación	4,000 ud	3,590	
	Adaptador Macho Cilíndrico Rosca 6-1/8"	4,000 ud	0,870	
	Tapón Allen Tórica 1/2" M	2,000 ud	1,000	
	Te 1/8" M-H-H	1,000 ud	0,960	
	Válvula antirretorno 1/8" Hembra - Hembra	1,000 ud	3,730	
	Reductor G1/2 a G1/8, M-M	2,000 ud	1,000	
	Te 1/8" H-H-H	1,000 ud	0,960	
(Resto obra)		39,81		
1.2	ud Esta partida contendrá los costes asociados al subsistema neumático encargado de la generación de presiones.		835,94	
	(Mano de obra)			
	Ingeniero Técnico Industrial	80,000 h	27,800	
	Técnico de Laboratorio Electrónico	0,750 h	13,920	
	(Materiales)			
	Adaptador Macho Cilíndrico Rosca 6-1/8"	1,000 ud	0,870	
	Silenciador neumático	2,000 ud	1,540	
	Bomba de diafragma	1,000 ud	121,890	
	Bomba de pistón	1,000 ud	352,000	
	(Resto obra)		135,61	
	1.3	ud Esta partida contendrá los costes asociados al subsistema de válvulas encargadas del control del flujo de aire entrante y saliente de las cavidades del motor neumático.		2.847,89
		(Mano de obra)		
		Ingeniero Técnico Industrial	80,000 h	27,800
		Técnico de Laboratorio Electrónico	0,250 h	13,920
		(Materiales)		
Adaptador Macho Cilíndrico Rosca 6-1/8"		8,000 ud	0,870	
Válvula neumática de control manual 3/2		1,000 ud	24,000	
Tapón Allen Tórica 1/8" M		2,000 ud	0,560	
Bloque de 3 electroválvulas 3/2 NC		2,000 ud	44,950	
(Resto obra)			117,47	
				2.466,93

Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
1.4	<p>ud Esta partida contendrá los costes asociados al subsistema de conductos neumáticos encargado de interconectar los distintos subsistemas del sistema neumático del Endoworm v3.0.</p> <p>(Mano de obra)</p> <p>Ingeniero Técnico Industrial 16,000 h 27,800</p> <p>Técnico de Laboratorio Electrónico 8,000 h 13,920</p> <p>(Materiales)</p> <p>Tubo flexible de silicona 1,000 m 2,041 2,04</p> <p>Tubo termorretráctil 0,800 m 2,793 2,23</p> <p>Tubo semirrígido de poliuretano 3,000 m 1,103 3,31</p> <p>Acoplamiento en T macho TS5 8,000 ud 0,958 7,66</p> <p>Abrazadera para tubos flexibles 18,000 ud 0,436 7,85</p> <p>(Resto obra) 28,96</p>		
			608,21
2.1	<p>2 Sistema Electrónico</p> <p>ud Placa de circuito impreso del control del dispositivo Endoworm v3.0. Esta compuesta por dos etapas. Una etapa digital compuesta por el microcontrolador que gobierna el comportamiento del dispositivo y las comunicaciones con la pantalla táctil, programador y placa de presiones. Una etapa de potencia que se encarga de la activación de los actuadores.</p> <p>(Mano de obra)</p> <p>Ingeniero Técnico Industrial 480,000 h 27,800</p> <p>Técnico de Laboratorio Electrónico 8,000 h 13,920</p> <p>(Materiales)</p> <p>Condensador cerámico de 470 nF 4,000 ud 0,127 0,51</p> <p>Resistencia 10 ohmios 1,000 ud 0,030 0,03</p> <p>Resistencia de 220 ohmios 2,000 ud 0,027 0,05</p> <p>Resistencia de 330 ohmios 11,000 ud 0,089 0,98</p> <p>Resistencia de 470 ohmios 1,000 ud 0,020 0,02</p> <p>Resistencia de 1k ohmios 6,000 ud 0,017 0,10</p> <p>Resistencia de 1k2 ohmios 2,000 ud 0,061 0,12</p> <p>Resistencia de 470 ohmios 1,000 ud 0,103 0,10</p> <p>Resistencia de 1k ohmios 2,000 ud 0,121 0,24</p> <p>Resistencia de 4k7 ohmios 3,000 ud 0,109 0,33</p> <p>Resistencia de 10k ohmios 5,000 ud 0,101 0,51</p> <p>Resistencia de 33k ohmios 1,000 ud 0,104 0,10</p> <p>Resistencia de 100k ohmios 1,000 ud 0,109 0,11</p> <p>Resistencia de 1M ohmios 1,000 ud 0,120 0,12</p> <p>Conector RJ45 hembra 1,000 ud 1,070 1,07</p> <p>Cabezal de 20 pines distribuidos en 2 fil... 1,000 ud 0,500 0,50</p> <p>Regulador de tensión lineal a 10 V 1,000 ud 0,908 0,91</p> <p>Condensador cerámico de 100 nF 4,000 ud 0,058 0,23</p> <p>Conector hembra RJ11 1,000 ud 0,550 0,55</p> <p>Bloque de terminal PCB de 2 pines 9,000 ud 0,862 7,76</p> <p>Bloque de terminal PCB de 4 pines 1,000 ud 0,928 0,93</p> <p>Condensador cerámico 10 uF 1,000 ud 0,296 0,30</p> <p>Condensador cerámico 22 pF 2,000 ud 0,153 0,31</p> <p>Condensador cerámico de 100 nF 9,000 ud 0,070 0,63</p> <p>LED Kingbright, Verde, 570 nm 7,000 ud 0,182 1,27</p> <p>Jumper recto de 2 contactos 8,000 ud 0,300 2,40</p> <p>Diodo BAT760 2,000 ud 0,224 0,45</p> <p>Transistor bipolar NPN, BD137G 2,000 ud 0,600 1,20</p> <p>Cabezal de tira de pines en una fila 4,000 ud 0,240 0,96</p> <p>Microcontrolador PIC18F2550 1,000 ud 4,110 4,11</p> <p>Diodo, GF1G-E3/67A, 2,000 ud 0,262 0,52</p> <p>Tansceptro de comunicaciones RS-232, MAX2... 1,000 ud 0,699 0,70</p> <p>Transistos MOSFET de canal-P, NDS352AP 1,000 ud 0,333 0,33</p> <p>Conector USB-B hembra 1,000 ud 0,822 0,82</p> <p>Relé Omron G5V-2-H 12DC 2,000 ud 4,360 8,72</p> <p>Condensador electrolítico de 2200 uF 5,000 ud 1,026 5,13</p> <p>Condensador electrolítico de 470 uF 4,000 ud 0,362 1,45</p> <p>Optoacoplador CNY75C 8,000 ud 0,318 2,54</p> <p>Interruptor de tipo émbolo 1,000 ud 1,680 1,68</p> <p>Conector D-sub 9 hembra 1,000 ud 7,630 7,63</p> <p>Condensador PPS de 47 nF 2,000 ud 0,235 0,47</p>		

Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación	Importe		
		Parcial (Euros)	Total (Euros)	
2.2	Cristal de curado de 20 MHz Prototipos de placa de circuito impreso (... Driver de potencia de 2 canales UC2707DW (Resto obra)	1,000 ud 0,333 pack 3,000 ud	1,184 250,000 7,530	1,18 83,25 22,59 680,96
	ud Placa de circuito impreso de presiones que se miden en la cabeza del dispositivo. Mide las presiones del calderín de llenado, y de las cavidades que conforman el motor neumático que se desea controlar. (Mano de obra) Ingeniero Técnico Industrial Técnico de Laboratorio Electrónico (Materiales) Resistencia de 10k ohmios Conector RJ45 hembra Condensador cerámico de 470 nF Condensador cerámico de 10 nF Condensador cerámico de 100 nF Amplificador de Instrumentación AD620B Sensor de presión diferencial Honeywell 2... Potenciómetro multivuelta de 1k ohmios Prototipos de placa de circuito impreso (... (Resto obra)	80,000 h 2,000 h	27,800 13,920	2.224,00 27,84 0,40 1,07 0,38 0,12 0,56 34,24 94,04 7,48 31,25 121,07
2.3	ud Placa de circuito impreso de la etapa de potencia adicional debido a los accionamientos que funcionan a 24V, en lugar de 12V. Se encarga de dar la tensión y corriente necesarias para la activación de las tres electroválvulas de llenado, la electroválvula de vaciado de la cavidad de expansión axial y la bomba de llenado. (Mano de obra) Ingeniero Técnico Industrial Técnico de Laboratorio Electrónico (Materiales) Resistencia de 2k2 ohmios Bloque de terminal PCB de 2 pines LED rectangular de color verde a 568 nm Diodo conmutación 1N4007 Condensador electrolítico de 4700 uF Diodo conmutación BY255 Condensador electrolítico de 3300 uF Transistor BUZ11 Relé sin enclavamiento montaje en PCB Condensador de poliéster de 470 nF Resistencia de 680 ohmios Prototipos de placa de circuito impreso (... (Resto obra)	120,000 h 3,000 h	27,800 13,920	3.336,00 41,76 0,20 11,21 0,24 0,24 4,80 0,26 0,81 5,20 2,35 0,19 0,50 62,50 173,31
2.4	ud Placa de circuito impreso de LED's para comprobar el correcto funcionamiento de los drivers de potencia encargados de activar las electroválvulas. Además sirve como indicador de la apertura o cierre de cada una de las electroválvulas que controlan la presión de las cavidades del motor neumático. (Mano de obra) Ingeniero Técnico Industrial Técnico de Laboratorio Electrónico (Materiales) Resistencia de 1k ohmios LED verde a 568 nm LED rojo a 640 nm Conector macho PCB de 7 pines y paso 1.25... Prototipos de placa de circuito impreso (... (Resto obra)	24,000 h 1,000 h	27,800 13,920	667,20 13,92 0,10 0,28 0,19 0,22 12,50 34,72
				729,13

Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
2.5	<p>ud Esta partida incluye los costes asociados a la interfaz gráfica entre el usuario en el Endoworm v3.0. La encargada de la interfaz es la pantalla táctil y el programa que se ha tenido que implementar para ello.</p> <p>(Mano de obra)</p> <p>Ingeniero Técnico Industrial 320,000 h 27,800</p> <p>Técnico de Laboratorio Electrónico 0,250 h 13,920</p> <p>(Materiales)</p> <p>Software programación GP-Pro EX v4.0 1,000 ud 360,000</p> <p>Pantalla táctil PFXGP4401TAD 1,000 ud 990,000</p> <p>(Resto obra) 512,47</p>	8.896,00	
2.6	<p>ud En esta partida se recogen todos los costes asociados al sistema de alimentación del Endoworm v3.0. Se trata de un conjunto de fuentes de alimentación de distintas tensiones de alimentación y potencias que se encargan de alimentar las distintas PCB y componentes electromecánicos del dispositivo.</p> <p>(Mano de obra)</p> <p>Ingeniero Técnico Industrial 24,000 h 27,800</p> <p>Técnico de Laboratorio Electrónico 2,000 h 13,920</p> <p>(Materiales)</p> <p>Fuente de alimentación 24Vdc / 1,2A 2,000 ud 48,970</p> <p>Fuente de alimentación 12Vdc / 3,7A 1,000 ud 51,610</p> <p>Fuente de alimentación 5 y +- 15Vdc / 43,... 1,000 ud 56,920</p> <p>Fuente de alimentación 24Vdc / 3,2A 1,000 ud 50,130</p> <p>Carcasa fuentes de alimentación 4,000 ud 10,950</p> <p>(Resto obra) 49,77</p>	667,20	10.761,95
3.1	<p>3 Sistema Eléctrico</p> <p>ud Esta partida contendrá los costes asociados al subsistema de cableado eléctrico encargado de interconectar los distintos accionadores electromecánicos del sistema neumático y los distintos subsistemas que conforman el sistema electrónico del Endoworm v3.0.</p> <p>(Mano de obra)</p> <p>Ingeniero Técnico Industrial 24,000 h 27,800</p> <p>Técnico de Laboratorio Electrónico 3,000 h 13,920</p> <p>(Materiales)</p> <p>Cable pantalla táctil 0,500 m 2,650</p> <p>Cable programación-ejecución 0,100 m 1,168</p> <p>Cable cinta plano para conexión placa LEDs 0,750 m 1,764</p> <p>Cable para equipos negro 10,000 m 1,864</p> <p>Cable para equipos azul 1,500 m 1,864</p> <p>Cable para equipos rojo 10,000 m 1,864</p> <p>Cable para equipos amarillo 1,500 m 1,864</p> <p>Cable RJ45 macho-macho, U/UTP, 1m 1,000 ud 1,780</p> <p>Cable para red eléctrica 1,000 ud 7,000</p> <p>(Resto obra) 38,17</p>	667,20	1.045,21
			801,56

Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación	Importe		
		Parcial (Euros)	Total (Euros)	
3.2	ud Esta partida contendrá los costes asociados a los conectores empleados para unir el cableado eléctrico a los distintos componentes eléctricos y electrónicos del Endoworm v3.0. (Mano de obra) Ingeniero Técnico Industrial 12,000 h 27,800 Técnico de Laboratorio Electrónico 6,000 h 13,920 (Materiales) Carcasa conector DB9 2,000 ud 2,160 Conector cable placa LEDs 1,000 ud 0,322 Interruptor de palanca DPDT para programa... 1,000 ud 3,580 Conector borne de potencia de 2 vías hemb... 24,000 ud 0,972 Conector borne de potencia de 4 vías hemb... 1,000 ud 2,112 Bloque de terminal PCB de 2 pines 1,000 ud 0,862 Conector de crimpado para filtro IEC 2,000 ud 0,092 Contacto de crimpado para conectores de l... 18,000 ud 0,038 Contactor de crimpado para conector cable... 7,000 ud 0,018 Conector fuente alimentación 4 contactos 2,000 ud 0,118 Conector fuente alimentación 5 contactos 2,000 ud 0,138 Conector fuente alimentación 3 contactos 2,000 ud 0,088 Conector fuente alimentación 6 contactos 2,000 ud 0,335 Conector DB9 hembra 1,000 ud 1,450 Conector DB9 macho 1,000 ud 1,450 Conector de crimpado hembra cable programa... 4,000 ud 0,160 Conector eléctrico para electroválvulas 6,000 ud 0,850 (Resto obra) 23,13			
				485,77
4.1	4 Carcasa ud Esta partida contendrá los costes asociados al diseño y la fabricación de la carcasa-caja para el prototipado rápido del Endoworm v3.0. (Mano de obra) Ingeniero Técnico Industrial 8,000 h 27,800 Técnico de Laboratorio Electrónico 2,000 h 13,920 (Materiales) Caja de ordenador de sobremesa 1,000 ud 30,000 (Resto obra) 14,01			
4.2	ud Esta partida contendrá los costes asociados al diseño y la fabricación de la carcasa-tapa para el prototipado rápido del Endoworm v3.0. (Mano de obra) Ingeniero Técnico Industrial 2,000 h 27,800 Técnico de Laboratorio Electrónico 0,250 h 13,920 (Materiales) Tapa de la caja de carcasa de ordenador d... 1,000 ud 10,000 (Resto obra) 3,45			294,25
4.3	ud Esta partida contendrá los costes asociados al diseño y la fabricación de la carcasa frontal para el prototipado rápido del Endoworm v3.0. (Mano de obra) Ingeniero Técnico Industrial 4,000 h 27,800 Técnico de Laboratorio Electrónico 6,000 h 13,920 (Materiales) Plancha de poliestireno blanco 1,000 ud 15,500 (Resto obra) 10,51			72,53
	5 Otros			220,73

Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
5.1	ud En esta partida se recogen el resto de componentes que no han sido incluidos en el resto de sistemas del dispositivo Endoworm v3.0. Algunos de estos tienen relación con la programación del dispositivo.		
	(Mano de obra)		
	Técnico de Laboratorio Electrónico 4,000 h 13,920	55,68	
	(Materiales)		
	Amortiguadores antivibración M4 7,000 ud 1,478	10,35	
	Aislante de tornillo M3 L 3mm 2,000 ud 0,444	0,89	
	Tuerca hexagonal M3 50,000 ud 0,069	3,45	
	Tornillo para equipos M3 x 8 mm 18,000 ud 0,057	1,03	
	Tornillo para equipos M3 x 10 mm 20,000 ud 0,059	1,18	
	Filtro IEC 1,000 ud 63,850	63,85	
	Tuerca hexagonal M2.5 2,000 ud 0,016	0,03	
	Lámina de fluoroplástico PTFE Opaco 480,000 cm2 0,016	7,68	
	Patas dispositivo 4,000 ud 3,360	13,44	
	Aislador hexagonal macho/hembra, 6mm, M3x... 8,000 ud 0,227	1,82	
	Tuerca hexagonal M3 de Nylon 10,000 ud 0,411	4,11	
	Tuerca hexagonal M4 25,000 ud 0,067	1,68	
	Tuerca hexagonal M8 8,000 ud 0,090	0,72	
	Tornillos aislantes de Nylon M3 x 6mm 10,000 ud 0,734	7,34	
	Fusible para filtro IEC 2,000 ud 0,359	0,72	
	Ventilador refrigerador 1,000 ud 11,120	11,12	
	Canalización para cableado 2,000 m 4,473	8,95	
	Tornillo para equipos M3 x 6 mm 12,000 ud 0,029	0,35	
	Tornillo para equipos M4 x 6 mm 10,000 ud 0,043	0,43	
	Tornillo para equipos M4 x 10 mm 15,000 ud 0,041	0,62	
	MPLAB ICD 3 In-Circuit Debugger System 1,000 ud 185,390	185,39	
	Tornillo para equipos M2.5 x 10 mm 2,000 ud 0,059	0,12	
	(Resto obra)	19,05	
			400,00

Resumen del Presupuesto

Proyecto: Prototipo Endoworm v3.0

Capítulo	Importe
1 Sistema Neumático	6.758,97
2 Sistema Electrónico	33.018,54
3 Sistema Eléctrico	1.287,33
4 Carcasa	587,51
5 Otros	400,00
Presupuesto de ejecución material	42.052,35
13% de gastos generales	5.466,81
6% de beneficio industrial	2.523,14
Suma	50.042,30
21% IVA	10.508,88
Presupuesto de ejecución por contrata	60.551,18

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de SESENTA MIL QUINIENTOS CINCUENTA Y UN EUROS CON DIECIOCHO CÉNTIMOS.

