



## Documento de diseño



centro de  
innovación de  
infraestructuras  
inteligentes

Esta página se ha dejado en blanco intencionadamente.

## Índice

1. Introducción .....	4
2. Agradecimientos .....	5
3. Documentación .....	5
Anexo I: Diseño mecánico .....	6
Subsistema mecánico: .....	7
Subsistema neumático .....	8
Subsistema eléctrico .....	8
Subsistema electrónico .....	8
Panel de control .....	8
Dimensiones .....	8
Anexo I: Subsistema Mecánico .....	9
Anexo II: Subsistema neumático .....	10
Anexo III: Subsistema eléctrico .....	12
Anexo IV: Subsistema electrónico .....	13
Anexo V: Panel de control .....	14
Anexo V: Lista de componentes .....	15
Planos .....	17
Sistema Neumático .....	17
Sistema Eléctrico: Conexionado .....	17
Licencia y Descarga de Responsabilidad .....	18

Fecha	Versión del Documento	Autores
8-10-2020	1.0	Pablo Hyam David López Javier Rojo Mariano de Diego Daniel Jimenez

## 1. Introducción

Ante el escenario de emergencia ante la pandemia del COVID-19, el equipo de desarrollo de la *Fundación Centro de Innovación e Infraestructuras Inteligentes* (CI3), y en colaboración con Ferrovial, el Digital Hub y Sngular, se ha inspirado en el modelo *HelpAir* y colaborado con los citados equipos para desarrollar una segunda versión industrializada: *HelpAir 2.0 Industrial*. De esta manera, se pretende conseguir un prototipo apto para el uso en hospitales con el fin último de permitir su producción en el contexto nacional e internacional.

La documentación referente al proyecto original de HelpAir está disponible en el siguiente repositorio:

<https://gitlab.com/helpair/helpair>

Ante la urgencia de la situación, el equipo de desarrollo de CI3 se ha centrado en el control por volumen en un régimen dirigido por la máquina (no asistido). Se trata del control más sencillo dentro de los distintos modos de funcionamiento de un respirador, pero uno que podría llegar a salvar vidas mientras se trabaja en otros acercamientos al problema.

CI3 ha tomado como base las especificaciones publicadas por el gobierno de Reino Unido, y las recomendaciones publicadas por el gobierno de España y la Agencia Española del Medicamento, durante el desarrollo del respirador. Estas condiciones permean cada apartado del diseño, desde la instrumentación y el control hasta el suministro eléctrico. Es imprescindible entender la importancia de cumplir estas especificaciones. En caso contrario, se podría provocar un mal mayor a la inicial.

El equipo de desarrollo de CI3 presenta este prototipo como un recurso a disposición del personal sanitario. Recomienda, sin embargo, usar un equipo homologado por los cauces habituales siempre que sea posible. El equipo de desarrollo de CI3, pese a tener que cumplir con las certificaciones exigidas por cada gobierno, no se hace responsable de problemas derivados del uso de este respirador.

En los anexos de este documento se puede encontrar los diferentes apartados del diseño, tales como neumática, control, sistema eléctrico, etc. así como una lista de componentes.

## 2. Contacto e Información

Desde la Fundación CI3 queremos poner a disposición nuestras lecciones aprendidas y esta información y documentación liberada para que cualquier otro equipo en cualquier parte del mundo pueda hacer uso de esta.

Además, cualquier persona o equipo interesado en desarrollar un sistema similar o basado en este puede contactarnos a través del siguiente correo: [mdiego@ci3.es](mailto:mdiego@ci3.es).

### 3. Agradecimientos

El equipo de desarrollo de CI3 agradece tanto al equipo del Digital Hub de Ferroviario como a Singular, por haber plantado la semilla de este proyecto y haber servido de inspiración para este nuevo acercamiento al diseño. También desea dedicar unas palabras para Carlota Largo e Ignacio Álvarez del equipo médico del Hospital Universitario La Paz, los cuales han permitido llevar a cabo las primeras pruebas clínicas del *HelpAir*.

Así mismo, se agradece la dedicación del equipo comercial de SIEMENS España y su participación en esta fase de diseño, fundamental para la correcta elección de los equipos incluidos. También agradecer el soporte dado por la empresa IGUS, suministrado los elementos mecánicos necesarios.

Por último, CI3 quisiera expresar su más profundo agradecimiento a todo el personal sanitario que a lo largo y ancho de nuestro país que está luchando, entregando lo mejor de sí mismo para conseguir salvar miles de vidas.

El Equipo de CI3:

**Dirección Técnica:** Pablo Hyam

**Ingeniería y Diseño:**

David López Astorga

Javier Rojo Muñoz

Daniel Jiménez

Mariano de Diego

### 4. Documentación

Este documento y toda la documentación asociada y referenciada, así como planos y esquemas, están disponibles bajo dominio público (Ver Licencia y Descarga de Responsabilidad) en el siguiente repositorio online:

<https://github.com/fci3/HelpAir2.0Industrial>

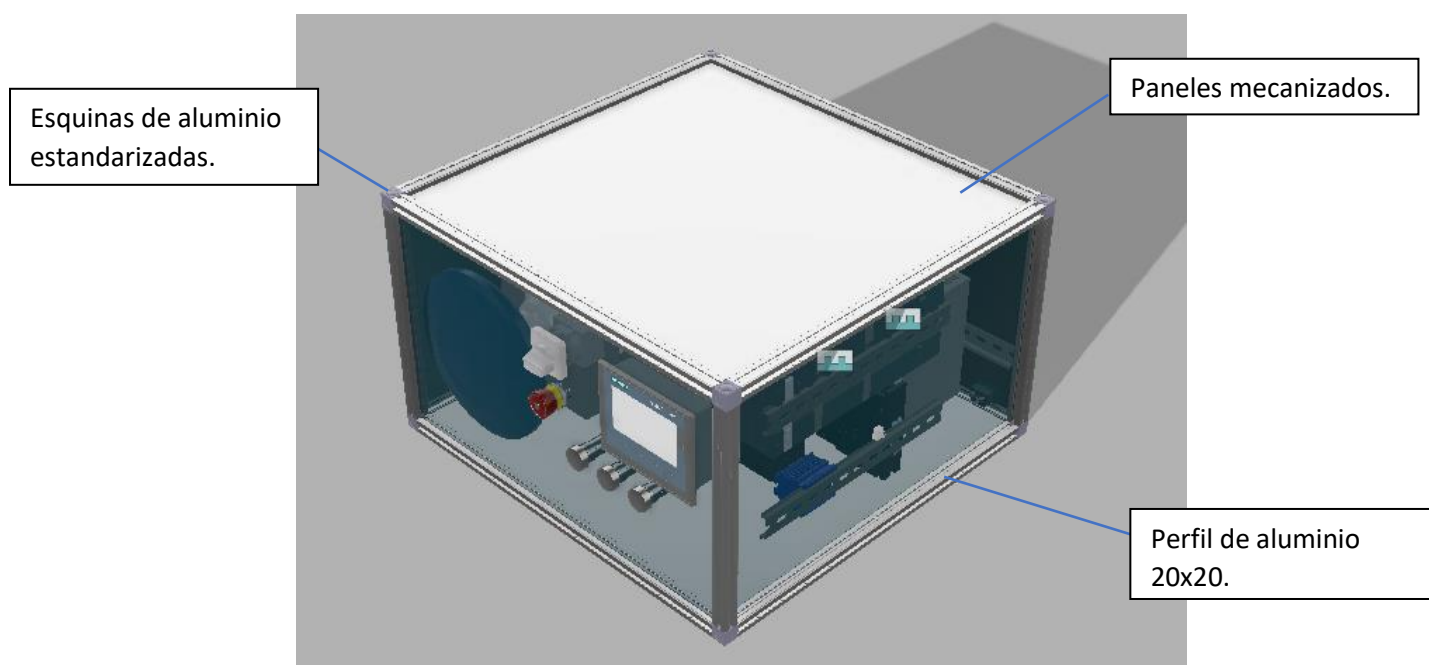
## Anexo I: Diseño mecánico

El diseño mecánico de este dispositivo está basado en módulos y sistemas industriales estándar. Así, encontramos 2 componentes estructurales principales:

- Perfiles de aluminio extruido de 20x20 mm.
- Esquinas de montaje estandarizadas para panel de aluminio.
- Planchas mecanizadas para conformar los paneles laterales. Estas planchas podrán ser bien de policarbonato o similar o en aluminio. Esta segunda opción sería más aconsejable de cara a la superación de un posible estudio de emisiones electromagnéticas. Dependiendo del material disponible, el grosor de dichos paneles podrá ser de hasta 5 mm.

En los alojamientos mecanizados de las planchas laterales se montarán los diferentes componentes electrónicos.

Además, en el interior, se dispondrá de carriles DIN normalizados (en aluminio o similar), que podrán ser remachados contra los paneles.



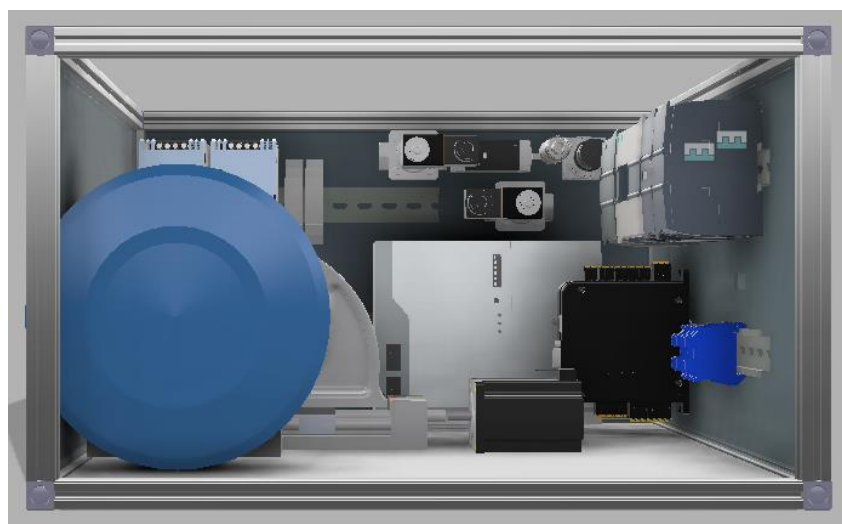
El sistema consta de otros 3 subsistemas, que se montan sobre cada uno de los correspondientes paneles laterales, frontales o inferiores. Estos subsistemas son:

- Subsistema mecánico: el encargado de suministrar la presión necesaria al sistema neumático.
- Sistema neumático: transmite y controla el flujo neumático al paciente mediante el uso de electroválvulas, racores y tuberías adecuadas.
- Sistema eléctrico: alimenta y gestiona la potencia del resto de los subsistemas.
- Subsistema electrónico: controla el resto de subsistema.
- Panel principal de control.

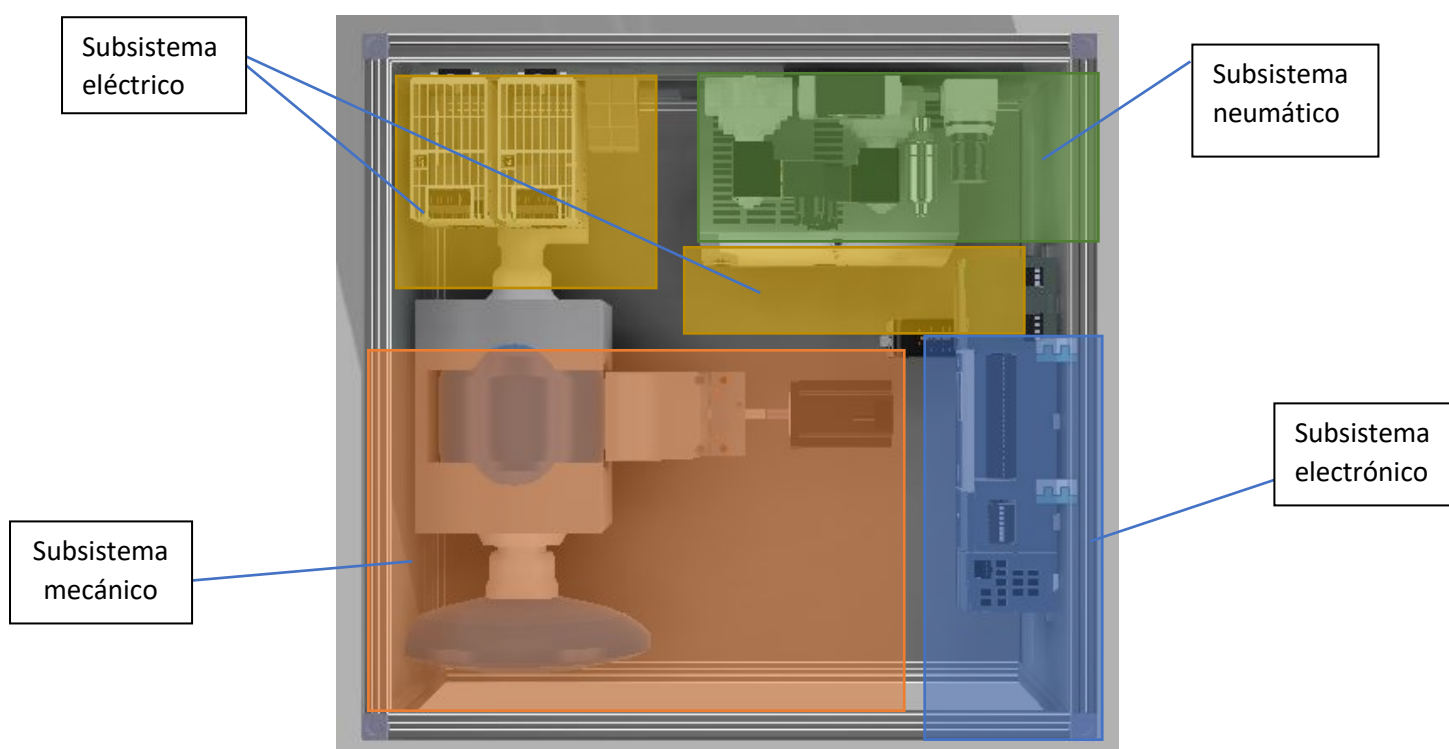
### Subsistema mecánico:

Consta de 4 partes bien diferenciadas:

- AMBU médico modelo MARK IV para adultos.
- Alojamiento para el AMBU. Pieza impresa en 3D.
- Pala de empuje para AMBU. Pieza impresa en 3D.
- Sub-conjunto de mesa con husillo, de IGUS (ver Lista de materiales).
- Motor Nema 23 XL de Igus (ver Lista de materiales).



Vista general del interior



### Subsistema neumático

Controla y dirige ambos flujos respiratorios, mediante un sistema de válvulas y sensores, tanto de presión como de flujo.

### Subsistema eléctrico

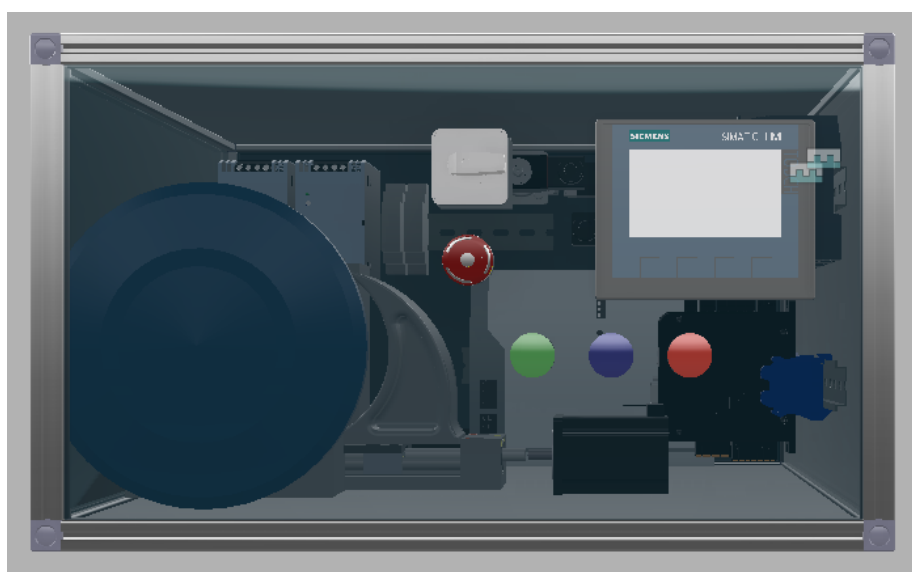
Fuentes de alimentaciones y UPS necesarias para la potencia del conjunto completo.

### Subsistema electrónico

Sistemas basados en un PLC de Siemens, así como sus interfaces eléctricas para el control del resto de subsistemas.

### Panel de control

Panel frontal con los interfaces Hombre-Máquina necesarios para controlar el equipo.



Vista del panel frontal

### Dimensiones

Las dimensiones generales del equipo son las siguientes: ver **Planos**.



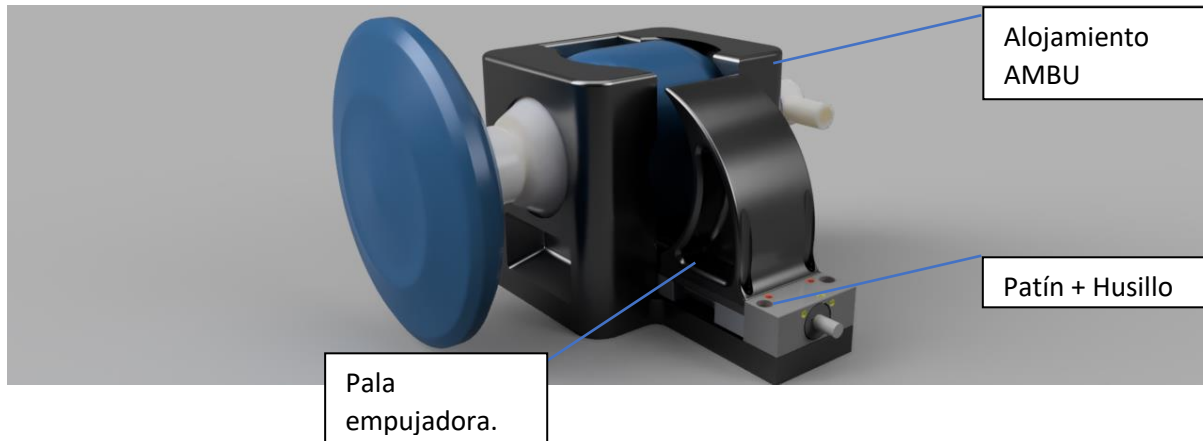
## Anexo I: Subsistema Mecánico

El subsistema mecánico consta de los siguientes elementos:

- Motor NEMA 23 XL
- Mesa con husillo de 100 mm de longitud.

Estos dos elementos subministrados por Igus.

Dos piezas mecánicas impresas en 3D para, por un lado, alojar el AMBU y todas sus conexiones neumáticas, por el otro, una pala empujadora que se monta sobre el patín de la mesa.



## Anexo II: Subsistema neumático

El subsistema neumático se divide en tres partes: un circuito de inspiración, las partes externas en contacto con el paciente y un circuito de espiración. Las conexiones entre los distintos circuitos, así como la conexión con el subsistema mecánico, se produce mediante racores unidos a una serie de conectores que modifican el diámetro para ser compatible con los sensores utilizados.



El circuito de inspiración se conecta a la salida del subsistema mecánico. El primer elemento consiste en una electroválvula, que separa ambas partes del circuito. Tras esta electroválvula se encuentran los sensores de flujo y presión. Por último, existe una válvula de regulación de presión previo a un racor que conecta con el exterior. Esta válvula permite que ninguna presión potencialmente dañina llegue al paciente, independientemente del buen funcionamiento del sistema de control.



Letra	Identificador del componente según fabricante
A	Véase esquema de racores
B	FESTO-VZWF-B-L-M22C-G14-135-1P4-10
C	RS PRO-499-2931
D	OMRON-D6F-50A6
E	LEGRIS-01451313
F	RS PRO-175-5007
G	METALWORK-5626R166-REG SY2 1 012
H	Véase esquema de racores

El circuito externo consiste en una serie de dos tubos (uno de inspiración y otro de espiración) que confluyen en un conector en T. Esta T se conectará con la mascarilla del paciente, pudiendo incluir un filtro bacterio-viral entre ambos componentes.



El circuito de espiración parte del segundo tubo y consiste en una electroválvula que permitirá cortar el paso ante la medida del sensor de presión del circuito.

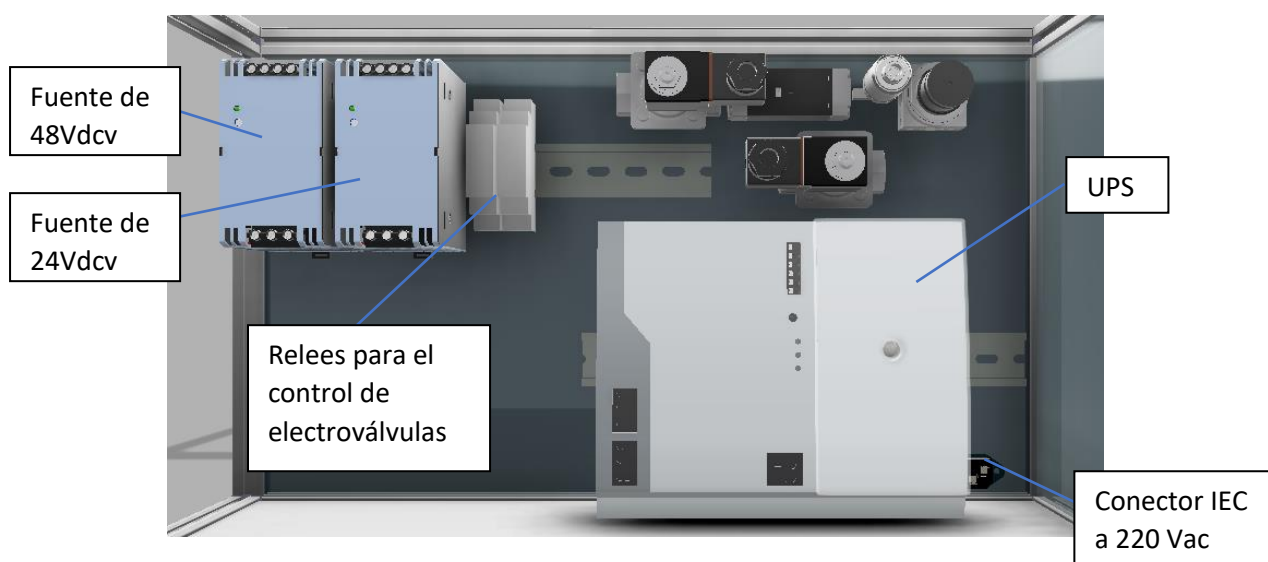


## Anexo III: Subsistema eléctrico

El sistema eléctrico está conformado por los siguientes componentes, montados sobre carril DIN:

- 1 Fuente de alimentación de 48Vdc, necesaria para alimentar el motor del sistema mecánico.
- 1 Fuente de alimentación de 24 Vdc para alimentar las electroválvulas, así como elementos indicadores.
- 1 Fuente de alimentación de 24 Vdc para alimentar el subsistema de control de manera independiente.
- 1 UPS a 220 Vac para alimentar el sistema en caso de desconexión de la línea eléctrica.
- 2 relees para el correcto funcionamiento de las válvulas de control neumático.
- Una serie de bornes para montaje en carril DIN(no disponible en el siguiente esquema), para el correcto cableado de los diferentes equipos (ver Planos, Cableados).
- Un ventilador a 24vdc y su rejilla correspondiente de montaje en panel para la correcta ventilación del equipo.

A continuación, se dan detalles de los citados elementos:



## Anexo IV: Subsistema electrónico

El sistema de control está conformado por los siguientes equipos de SIEMENS, montados carril DIN:

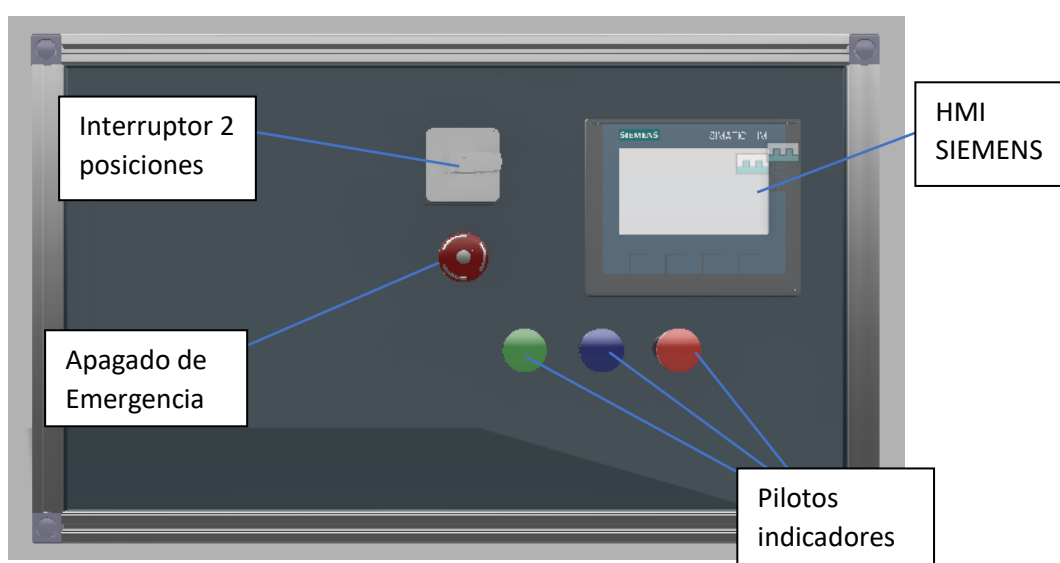
- Fuente de alimentación a 24 Vdc.
- PLC Siemens S7-1214.
- Módulo de extensión de 8 entradas analógicas (en previsión de poder incluir más sensores de los incluidos en esta primera versión).
- Switch profinet para la interconexión del sistema de control, tanto con el panel frontal como con una posible conexión externa o sistema maestro de monitorización.



## Anexo V: Panel de control

El panel de control es el principal sistema de manejo del respirador. Incluye los elementos necesarios para su operación y las interfaces hombre-máquina. Incluye los siguientes elementos:

- 1 interruptor de encendido de 2 posiciones.
- 1 botón de emergencia para detener el equipo en caso necesario.
- 1 panel HMI SIEMENS KTP400 con un display LCD y 4 botones programables.
- 3 pilotos LED a 24vdc que indican los diferentes modos de funcionamiento del equipo:
  - Verde: Encendido si el equipo está alimentado correctamente. Parpadeante si alimentado por UPS.
  - Azul: Encendido en cada inspiración, apagado en cada espiración.
  - Rojo: Encendido si existe algún tipo de alarma o error de funcionamiento.
- 1 alarma sonora a 24 vdc que se activará en caso de emergencia o mal funcionamiento.



## Anexo V: Lista de componentes

Los precios en la siguiente tabla se corresponden al precio unitario de cada componente. Algunos componentes se distribuyen por paquetes de varias unidades.

Identificador	Descripción	N	Precio unitario (sin IVA)
SIEMENS-6ES7214-1AG40	PLC de SIEMENS con CPU1214	1	508,43 €
SIEMENS-6ES7222-1BD30-0XB0	Tarjeta PWM de SIEMENS	1	
SIEMENS-6GK7277-1AA10-0AA0	Switch Profinet SIEMENS	1	
SIEMENS-6EP1332-1SH71	Fuente de alimentación SIEMENS	1	
SIEMENS-6AV2123-2DB03-0AX0	Sistema HMI KTP400 básico SIEMENS	1	
SIEMENS-6ES7231-4HF32-0XB0	Ampliación de entradas analógicas SIEMENS	1	
RS PRO-168-2506	Fuente UPS + batería	1	918,75 €
EAO-84-5030-0020	Pulsador de emergencia con enclavamiento	1	25,96 €
RS PRO-617-3053	Zumbador piezoeléctrico	1	4,24 €
RS PRO-488-191	Conector IEC	1	4,89 €
RS PRO-731-6191	Cable de alimentación Schuko a C13 (IEC)	1	15,78 €
RS PRO-175-5007	Sensor de presión R1/4, 0-50mbar	1	258,84 €
BINDER-99-1430-812-04	Cable adaptador para sensor de presión	1	23,25 €
OMRON-D6F-50A6	Sensor de flujo	1	185,64 €
OMRON-D6F-CABLE1	Cable para sensor de flujo	1	8,94 €
RS PRO-668-8836	Ventilador axial 60x60x25mm	1	8,40 €
RS PRO-737-4049	Rejilla de ventilación	1	0,95 €
FESTO-VZWF-B-L-M22C-G14-135-1P4-10	Electroválvula solenoide G1/4	2	64,72 €
FINDER-20.23.9.024.0000	Relé para control de electroválvula	2	22,04 €
DRYLIN-MOT-NA-S-060-035-060-L-A-AAAA	Motor Nema23-XL para el ambú	1	747,00 €
DRYLIN-dryve D1	Driver motor Nema 23-XL	1	
U-PLETINA-UNIÓN-ADAPTABLE	Pletina unión adaptable a la mesa	1	
U-MESA-HUSILLO	Mesa con husillo	1	130,87 €
TSCP-240-148	Fuente de alimentación motor 48V	1	
RS PRO-467-406	Carril DIN 500mm	2	3,91 €
RS PRO-872-5637	Tope carril DIN	4	0,26 €
PHOENIX CONTACT-3045208	Bornes carril DIN	4	1,17 €
PHOENIX CONTACT-1758364	Bornes alimentación HMI	2	2,25 €
RS PRO-472-9519	Caja industrial	1	241,59 €
AMBU-MARK IV	Ambú	1	185,00 €
AMAZON-Tornillos y tuercas	Tornillería 1 tornillos y tuercas 500 piezas	1	20,19 €
AMAZON-Arandela plana	Tornillería 2 Arandelas planas 360 piezas	1	10,99 €
IBEROMED-RAAL001	Tubo corrugado 1m/22mm	2	6,13 €
IBEROMED-PIT001	Conector T de medidas 22F/22F/15M	1	2,45 €
IBEROMED-i7093	Mascarilla con conexión estándar	1	1,90 €
METALWORK-5626R166-REG SY2 1 012	Regulador de presión	1	20,65 €
RS PRO-708-3287	Prensaestopa	4	4,45 €

LEGRIS-01451313	Conector en T 3xHembra G1/4	1	5,07 €
RS PRO-499-2931	Conector macho-macho R1/4-R1/4	3	2,08 €
IMOPAC-F245012014X	Conector macho-macho R1/4-R1/2	3	4,76 €
IMOPAC-F270012X	Manguito rosca G1/2	3	4,69 €
IMOPAC-F246012034X	Conector macho-hembra R1/2-G3/4	1	12,27 €
IMOPAC-F245012014X	Racor R3/4-22mm	2	4,76 €
IMOPAC-F092014X	Codo R1/4 G1/4	1	4,49 €
PARKER-GE20SREDCF	Racor R3/4-20mm	1	15,35 €
MOLLET-SKU:6720030050	Tubo PVC 15-22mm (precio por metro)	1	1,95 €
PARKER-12-8HMK4S	Conector pasante macho-macho R1/2-G3/4	2	4,195 €
LEGRIS-0155-27-27	Manguito rosca G3/4	2	5,49 €
SMC-2500-1/4	Conector pasante macho-macho G1/4	1	1,77 €
NORGREN-222F10028	Tuerca G1/4	1	2,73 €

Coste estimado de material por respirador (sin IVA): 3653,44 €

Coste estimado de material por respirador (con IVA): 4420,66 €





## Licencia y Descarga de Responsabilidad

El diseño presentado en este documento queda liberado a Dominio Público, según Licencia GNU GPL 3.0.

Los productos de terceros incluidos en este diseño quedan excluidos de esta licencia, siendo solo objeto el diseño en si del equipo, así como aquellas piezas o partes diseñadas íntegramente por la Fundación CI3, que quedarán liberadas igualmente bajo la GNU GPL 3.0..

La Fundación CI3 no puede, ni podrá en un futuro, hacerse responsable de cualquier uso derivado de este material, cuyo único objetivo es el que pueda ser de utilidad a alguna entidad (empresa, persona o colectivo), en la lucha contra el COVID-19.

Los criterios de diseño seguidos han sido tal bajo criterios de buena causa y buena intención, intentándose seguir estándares de seguridad en aquellos ámbitos donde aplicase, pudiéndose haber cometido errores no detectados en la fecha de publicación del documento. Esta información debería de tratarse con el estudio y la prudencia correspondiente.

Nota sobre el software: como se ha podido comprobar, no existe software asociado a este diseño, debido a la falta de tiempo para su implementación. Para un correcto funcionamiento de esta máquina será necesario programar, según los estándares correspondientes, un sistema de control acorde a los requisitos del ventilador. Así, la Fundación CI3 no se hace responsable de ningún tipo de aplicación derivada del uso de estos diseños, ni de un supuesto software diseñado a tal fin.

Para más detalles, puede consultar el tipo de liberación especificado por GNU en:

<https://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.html>

