

# PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS

Contrato relativo al suministro de:

**Subministrament d'una equilibradora  
de Motors de Tracció**

Expedient número: **14940313**

Procediment Obert

Aprovat amb data 09 de decembre de 2021



**Transports  
Metropolitans  
de Barcelona**

Andrés Adán Barroso  
Responsable Tècnic Taller Sagrera  
Material Mòbil  
[www.tmb.cat](http://www.tmb.cat)

## INDICE

<b>1. OBJETO.....</b>	<b>5</b>
<b>2. ALCANCE. ....</b>	<b>5</b>
<b>3. DESCARGA, INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA.....</b>	<b>6</b>
<b>3.1 DESCARGA DE MAQUINA.....</b>	<b>6</b>
<b>3.2 INSTALACIÓN DE MÁQUINA. ....</b>	<b>7</b>
<b>3.3 PUESTA EN MARCHA .....</b>	<b>8</b>
<b>4. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS A EQUILIBRAR. ....</b>	<b>8</b>
<b>4.1 ROTOR S2100. ....</b>	<b>9</b>
<b>4.1.1 Datos técnicos del motor de tracción S2100.....</b>	<b>9</b>
<b>4.1.2 Datos dimensionales del rotor S2100.....</b>	<b>10</b>
<b>4.2 ROTOR S5000 .....</b>	<b>11</b>
<b>4.2.1 Datos técnicos del motor 1TB1918-0GA03 Metro Barcelona (CAF S5000). ..</b>	<b>11</b>
<b>4.2.2 Datos dimensionales del rotor S5000.....</b>	<b>12</b>
<b>4.3 ROTOR S9000. ....</b>	<b>13</b>
<b>4.3.1 Datos técnicos del motor 4 LCA 2132 Metro Barcelona (CAF S9000). ....</b>	<b>13</b>
<b>4.3.2 Datos dimensionales del rotor 4 LCA 2132 Metro Barcelona (CAF S9000). ..</b>	<b>14</b>
<b>5. DESCRIPTIVO DE MÁQUINA. ....</b>	<b>15</b>
<b>5.1 Especificaciones de la bancada central. ....</b>	<b>16</b>
<b>5.2 Especificaciones de los caballetes de apoyo. ....</b>	<b>17</b>
<b>5.3 Especificaciones de la transmisión. ....</b>	<b>17</b>
<b>5.4 Especificaciones de los sistemas de medición.....</b>	<b>17</b>
<b>5.5 Especificaciones del interface (HMI) y aplicativo software.....</b>	<b>17</b>
<b>5.6 Especificaciones de los resguardos perimetrales de protección.....</b>	<b>19</b>
<b>5.7 Otras especificaciones de máquina. ....</b>	<b>23</b>

<b>6. MANTENIMIENTO.....</b>	<b>24</b>
<b>6.1 Herramientas y útiles especiales.....</b>	<b>25</b>
<b>6.2 Calibración.....</b>	<b>25</b>
<b>7. PLAN DE FORMACIÓN.....</b>	<b>25</b>
<b>7.1 Módulo de formación teórico.....</b>	<b>25</b>
<b>7.2 Módulo de formación práctico.....</b>	<b>25</b>
<b>8. DOCUMENTACIÓN DE PROYECTO.....</b>	<b>26</b>
<b>8.1 Memoria de proyecto.....</b>	<b>26</b>
<b>8.2 Documentación de entrega de máquina.....</b>	<b>27</b>
<b>9. NORMATIVA APLICABLE.....</b>	<b>27</b>
<b>10. GARANTÍA.....</b>	<b>28</b>

## INDICE FIGURAS

Fig. 1. Plano de ubicación de Taller Sagrera, en Barcelona. ....	6
Fig. 2. Itinerario de acceso a Sección Motores de Taller Sagrera.....	7
Fig. 3. Rotores de motor de tracción de las series S9000, S2100 y S5/6000. ....	9
Fig. 4. Plano dimensional motor S2100. ....	10
Fig. 5. Imagen rotor S2100.....	10
Fig. 6. Dimensional rotor S2100. ....	11
Fig. 7. Plano motor S5000.....	12
Fig. 8. Imagen rotor S5000.....	13
Fig. 9. Dimensional rotor S5000. ....	13
Fig. 10. Imagen motor S9000.....	14
Fig. 11. Imagen rotor S9000. ....	14
Fig. 12. Dimensional rotor S9000. ....	15
Fig. 13. Croquis planta máquina equilibradora. ....	16
Fig. 14. HMI. Ejemplo de pantalla de configuración de pieza. ....	18
Fig. 15. HMI. Ejemplo diagrama polar. ....	18
Fig. 16. Propuesta especificación resguardo perimetral. ....	20
Fig. 17. Propuesta dimensional zonas de máquina. ....	21
Fig. 18. Puerta de acceso a máquina. ....	21
Fig. 19. Puerta de acceso a máquina, cerrada y enclavada.....	21
Fig. 20. Propuesta salida de emergencia del cercado de máquina. ....	22
Fig. 21. Propuesta distribución pulsadores de emergencia en máquina equilibradora. ....	23
Fig. 22. Propuesta zona transitable libre de obstáculos.....	23
Fig. 23. Baliza lumínica.....	24
Fig. 24. RD 485, Anexo II. Colores de seguridad.....	24

## 1. OBJETO.

Este documento Pliego de Prescripciones Técnicas (PPT), describe las especificaciones necesarias para la adquisición por parte de Ferrocarril Metropolità de Barcelona (en adelante Metro de Barcelona), de una MÁQUINA EQUILIBRADORA HORIZONTAL DE ROTORES DE MOTORES ELÉCTRICOS, para el desarrollo del equilibrado durante el proceso de mantenimiento de ciclo largo de motores de tracción.

## 2. ALCANCE.

El alcance de este documento, permite establecer los requisitos técnicos que se deben cumplir para la participación de la presente licitación.

Dentro de estos requisitos se establece, que durante el proceso de licitación, el participante entregará una memoria descriptiva de máquina, justificando la ejecución de los siguientes procesos:

- Estudio de la máquina presentada y adecuación a este PPT.
- Entrega de máquina, con planos asociados.

La máquina solicitada debe dar servicio para el equilibrado de rotores de motores de tracción de trenes de Metro de Barcelona, pertenecientes a las series del constructor CAF y del constructor ALSTOM.

La participación en este proceso de licitación, conlleva la aceptación total de las generalidades y particularidades expresadas en este o cualquier documento emitido por Metro de Barcelona.

Los participantes, deben justificar mediante la emisión de certificado y documento de credenciales, la fabricación de máquinas similares en el plazo de los dos (2) últimos años, y la venta de estas a empresas del sector ferroviario.

### 3. DESCARGA, INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA.

Una vez efectuada la contratación para el suministro de máquina, el proveedor dispondrá de un máximo de 9 meses (a contar desde la fecha de contratación), para la entrega, instalación y puesta en marcha de máquina, según las condiciones definidas en este Pliego de Prescripciones Técnicas.

#### 3.1 DESCARGA DE MAQUINA.

La descarga, instalación y puesta en marcha, se realizará con los medios propios del proveedor del suministro, en las instalaciones del Taller Central de Metro (en adelante Taller Sagrera), situado en el barrio de La Sagrera, en la calle Josep Estivill 47, 08027 de Barcelona.

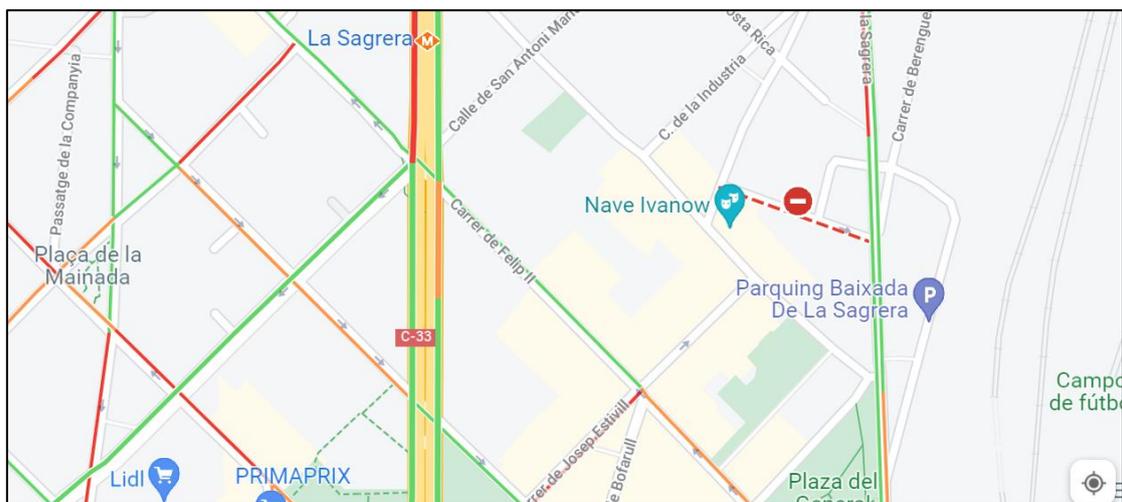


Fig. 1. Plano de ubicación de Taller Sagrera, en Barcelona.

El transporte interno en taller Sagrera, es parte de contrato, y deberá ser realizado por el proveedor con sus propios medios hasta el punto de instalación indicado por taller Sagrera.

La entrada a Taller Sagrera, está condicionado por la infraestructura que da acceso al taller mediante rampa para vehículos, con los siguientes condicionantes:

- Pendiente máxima en el túnel de acceso a taller, (%): 10%.
- Anchura de paso máxima de túnel de acceso a taller, (A): 3.100mm.
- Altura máxima permitida en el túnel de acceso a taller, (Hr): 4.300mm.

La instalación de la máquina se realizará, en la Sección de Motores de Taller Sagrera, ubicada en la zona interior del centro de trabajo. Para el traslado e instalación de la misma, será necesaria la coordinación de actividades entre el proveedor y Metro de Barcelona.

- Altura máxima permitida en la infraestructura, (Hi): 4.100mm (debido a la existencia de equipos de techo).
- Las limitaciones de la infraestructura dentro de taller, pueden condicionar las dimensiones del vehículo de transporte.

El itinerario por el interior de taller Sagrera hasta el punto de instalación de máquina, queda definido en el siguiente plano. La velocidad máxima dentro del centro de trabajo será “Velocidad a paso de hombre” o inferior a 5Km/h. Para este recorrido, se respetará en todo momento lo establecido en el procedimiento interno de Metro de Barcelona P104, que se entregará durante la ejecución de la Coordinación de Actividades Empresariales (CAE) para esta actividad.

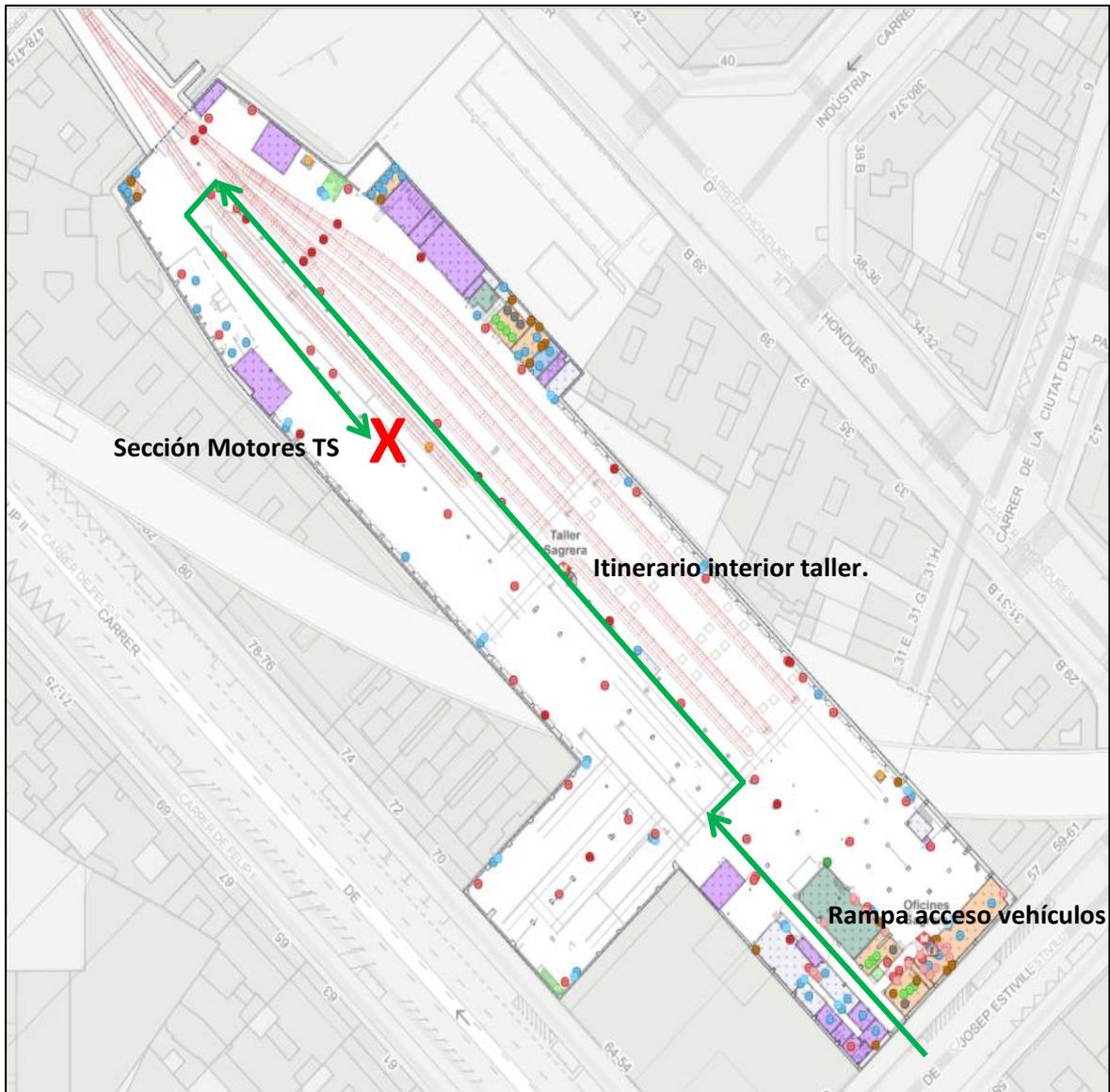


Fig. 2. Itinerario de acceso a Sección Motores de Taller Sagrera.

### 3.2 INSTALACIÓN DE MÁQUINA.

El proveedor del suministro, dispondrá todos los medios necesarios para la instalación de máquina; transporte, medios de elevación y descarga de equipos, manipulación de los diferentes componentes a instalar, así como de las herramientas necesarias para el montaje, no pudiendo hacer uso de herramientas, útiles o maquinaria propiedad de Metro de Barcelona.

En la memoria de proyecto, el proveedor describirá los requerimientos necesarios de instalaciones eléctricas, neumáticas o hidráulicas necesarias para el correcto funcionamiento de la máquina. De la misma forma, también debe reflejar los requerimientos necesarios para el proceso de instalación de máquina.

La puesta en marcha, consistirá en el montaje de la máquina y la totalidad de sus accesorios (cuadros eléctricos auxiliares, sistemas neumáticos o hidráulicos, montaje de resguardos de seguridad propios de la máquina) y de la preparación previa a su uso. Posteriormente se realizarán los ensayos para asegurar el correcto funcionamiento.

Para la realización de las actividades de entrega, instalación y puesta en marcha, taller Sagrera dispone de un horario de actividad de lunes a viernes laborables, de 7:00h a 21:00h. En caso de necesidad, si la puesta en marcha de máquina lo requiere, el proveedor podrá asistir a taller, en sábado no festivos, de 9:00h a 20:00h.

Taller Sagrera cederá una zona de trabajo acotada, para la instalación de máquina, almacenamiento de materiales y herramientas, colocación de útiles..., pero bajo ningún concepto, Metro de Barcelona asumirá la responsabilidad de la guardia y custodia de estos elementos, siendo responsabilidad del proveedor del suministro hasta la entrega oficial de máquina.

### 3.3 PUESTA EN MARCHA

El proveedor dispondrá de un equipo de profesionales multidisciplinar, capacitado para la ejecución de todo el proceso de instalación, puesta en marcha, ensayos y pruebas, y formación posterior. Será responsabilidad del mismo, el seguimiento y control de ejecución de la obra. De la misma forma, su equipo de RRHH dispondrá de los recursos necesarios para el correcto tratamiento en cuanto a Prevención de Riesgos Laborales, durante la instalación de máquina.

La entrega se dará por finalizada una vez completado la totalidad de los siguientes procesos: instalación y puesta en marcha, configuración de máquina y parametrización de programas de equilibrado, ensayos de comprobación de la correcta funcionalidad de máquina y formación de los operadores de Metro de Barcelona. Una vez finalizados todos los procesos, se firmará el Acta de Recepción de Máquina, dando lugar al documento de recepción oficial.

## 4. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS A EQUILIBRAR.

La máquina solicitada debe dar servicio para el equilibrado de rotores de los motores de tracción de trenes de Metro de Barcelona, pertenecientes a las serie S9000 del constructor ALSTOM y series S2100 y S5/6000 del constructor CAF.

Tipología de rotores a equilibrar.

- Rotores cilíndricos rígidos.
- Equipos desde 20Kg hasta 300Kg.
- Rotor con diámetros máximo de 700 mm.
- Ejes de rotor con diámetros de entre 20mm y 80mm.

- Distancia ente caballetes de 300mm hasta 1.300mm



Fig. 3. Rotores de motor de tracción de las series S9000, S2100 y S5/6000.

Los valores indicados a continuación son aproximados, pudiendo incurrir en algún error de precisión. La única finalidad de estos datos, es permitir el conocimiento necesario para el dimensionamiento de máquina.

#### 4.1 ROTOR S2100.

##### 4.1.1 Datos técnicos del motor de tracción S2100.

- |  |                      |
|--|----------------------|
| • Par máximo de arranque del motor         | 960 Nm               |
| • Par máximo de frenado del motor          | 860 Nm               |
| • Potencia del motor en régimen continuo   | 140 kW a 2250 rpm    |
| • Potencia del motor en régimen unihorario | 160 kW a 2250 rpm    |
| • Revoluciones máximas del motor           | 4263 rpm             |
| • Par de cortocircuito                     | 6200 Nm              |
| • Momento de inercia polar del rotor       | 1,2 Kgm <sup>2</sup> |

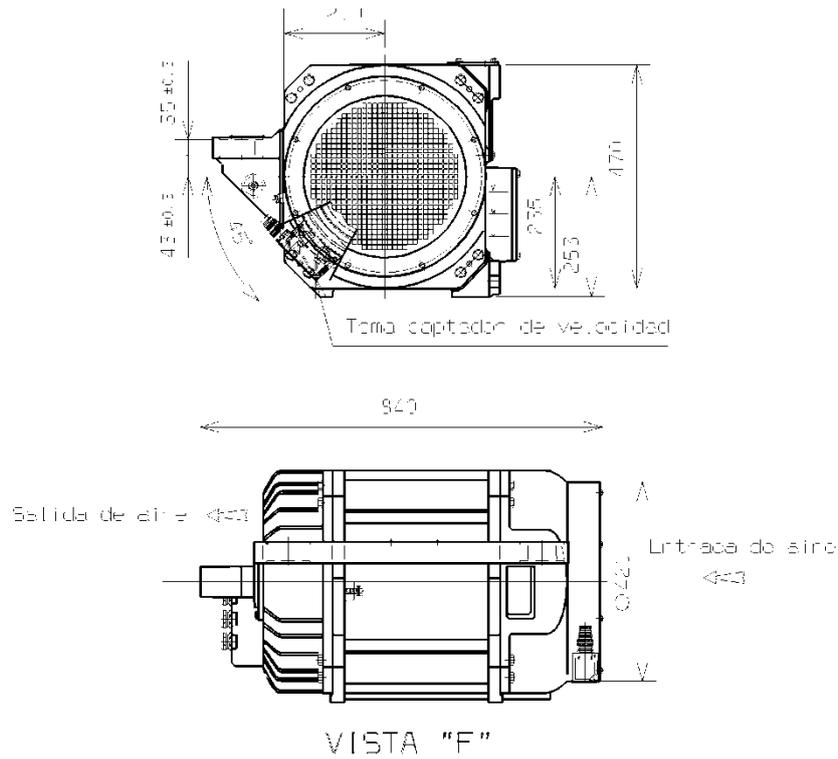


Fig. 4. Plano dimensional motor S2100.

#### 4.1.2 Datos dimensionales del rotor S2100.

- Dimensiones totales 780 mm
- Diámetro rotor 250 mm
- Dimensiones cuerpo rotor 395 mm
- Diámetro eje lado D 63.5 mm
- Diámetro eje lado N 68 mm
- Peso completo rotor 146 Kg

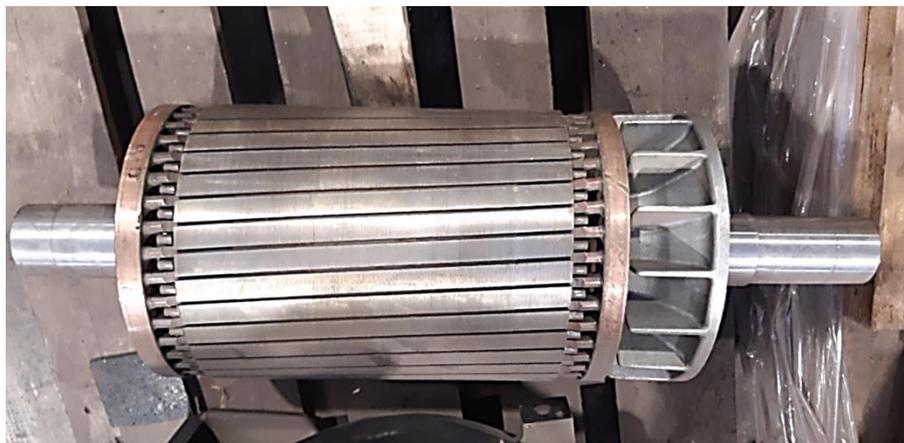


Fig. 5. Imagen rotor S2100.

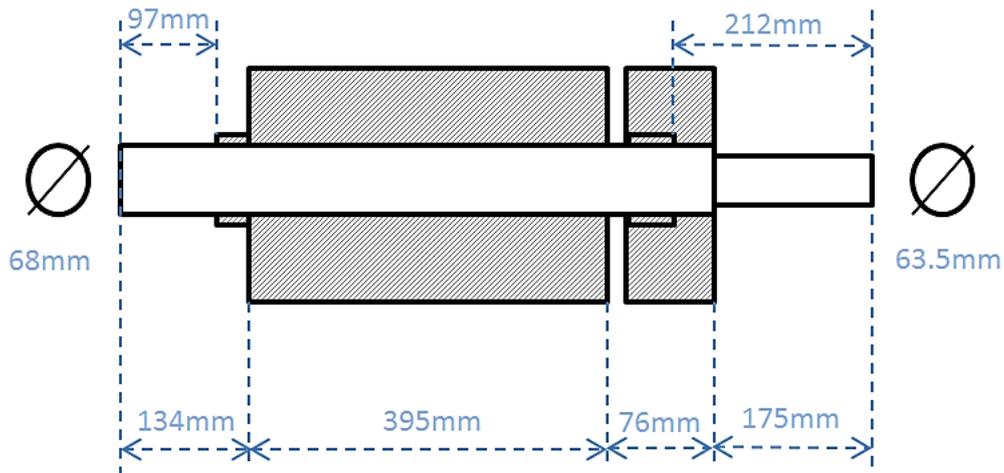


Fig. 6. Dimensional rotor S2100.

## 4.2 ROTOR S5000

### 4.2.1 Datos técnicos del motor 1TB1918-0GA03 Metro Barcelona (CAF S5000).

- Motor asincrono trifásico con rotor en jaula de ardilla
- Completamente encapsulado autoventilado
- Norma valida : EN 60349-2
- Número de polos: 6
- Velocidad máxima en servicio: 4260 min<sup>-1</sup>
- Clase de Aislamiento: 200
- Número de espiras: 63

Servicio nominal	Valor nom.	Servicio 1 hora
• Potencia mecánica	P 125 kW	160 kW
• Velocidad	n 1900 min <sup>-1</sup>	1900 min <sup>-1</sup>
• Par	M 627 Nm	804 Nm
• Potencia eléctrica	P <sub>e1</sub> 134 kW	171 kW
• Voltaje motor	U <sub>1</sub> 900 V	900 V
• (onda fundamental) Corriente motor	I <sub>1</sub> 105 A	129 A
• (onda fundamental) frecuencia	f 96,0 Hz	96,2 Hz
• velocidad síncrona del motor	n <sub>syn</sub> 1920 min <sup>-1</sup>	1924 min <sup>-1</sup>
• DC-Link Voltaje	U <sub>d</sub> 1175 V	1175 V

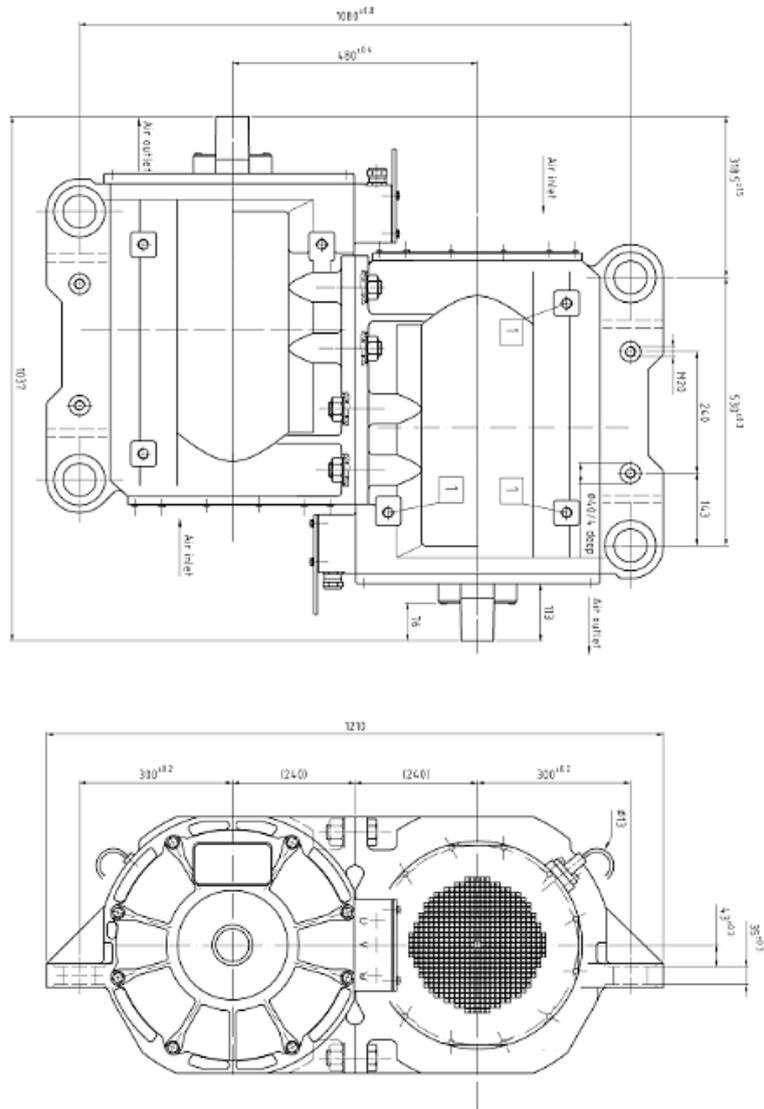


Fig. 7. Plano motor S5000.

#### 4.2.2 Datos dimensionales del rotor S5000.

- Dimensiones totales 690 mm
- Diámetro rotor 300 mm
- Dimensiones cuerpo rotor 305 mm
- Diámetro eje lado D 63 mm
- Diámetro eje lado N 49 mm
- Peso completo rotor 185 Kg



- Longitud 750 mm
- Masa total 655 kg



Fig. 10. Imagen motor S9000.

#### 4.3.2 Datos dimensionales del rotor 4 LCA 2132 Metro Barcelona (CAF S9000).

- Dimensiones totales 742 mm
- Diámetro rotor 310 mm
- Dimensiones cuerpo rotor 355 mm
- Diámetro eje lado D 70 mm
- Diámetro eje lado N 68 mm
- Peso completo rotor 164 Kg



Fig. 11. Imagen rotor S9000.

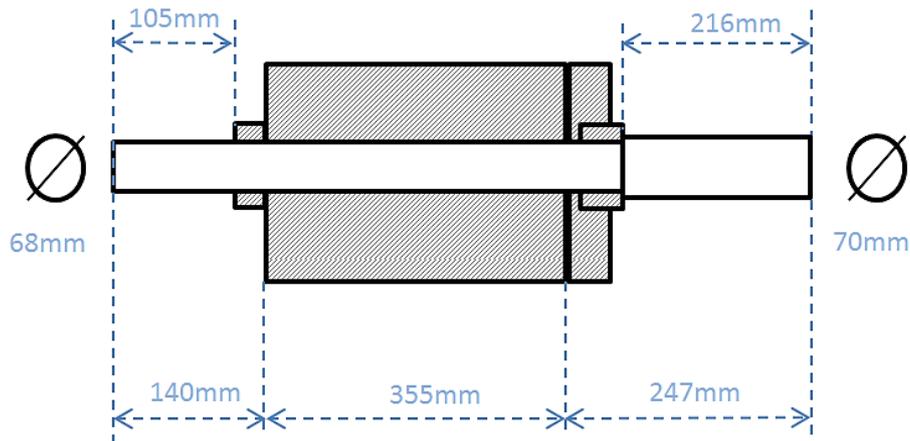


Fig. 12. Dimensional rotor S9000.

## 5. DESCRITIVO DE MÁQUINA.

Este documento recoge las especificaciones para la adquisición y suministro de una máquina para el equilibrado de los rotores de motores de tracción de trenes de Metro de Barcelona.

Se pretende definir una serie de especificaciones técnicas mínimas de máquina, como la precisión del equilibrado y la adaptación de rotores de diferentes dimensiones y pesos al desarrollo del equilibrado, limitando los rangos de funcionamiento.

Se muestra un croquis en planta, como prototipo de distribución de elementos del conjunto "máquina equilibradora". Se aceptaran propuestas que cumpliendo los requisitos definidos en este documento, presenten distribuciones diferentes a la mostrada.

El proveedor del suministro será el responsable de la correcta aplicación de las normas de prevención y seguridad que apliquen sobre este proyecto. Las especificaciones citadas, son propuestas que hacen referencia a la necesidad detectada, pero en ningún caso son definitivas o inalterables.

## CROQUIS PLANTA MÁQUINA EQUILIBRADO

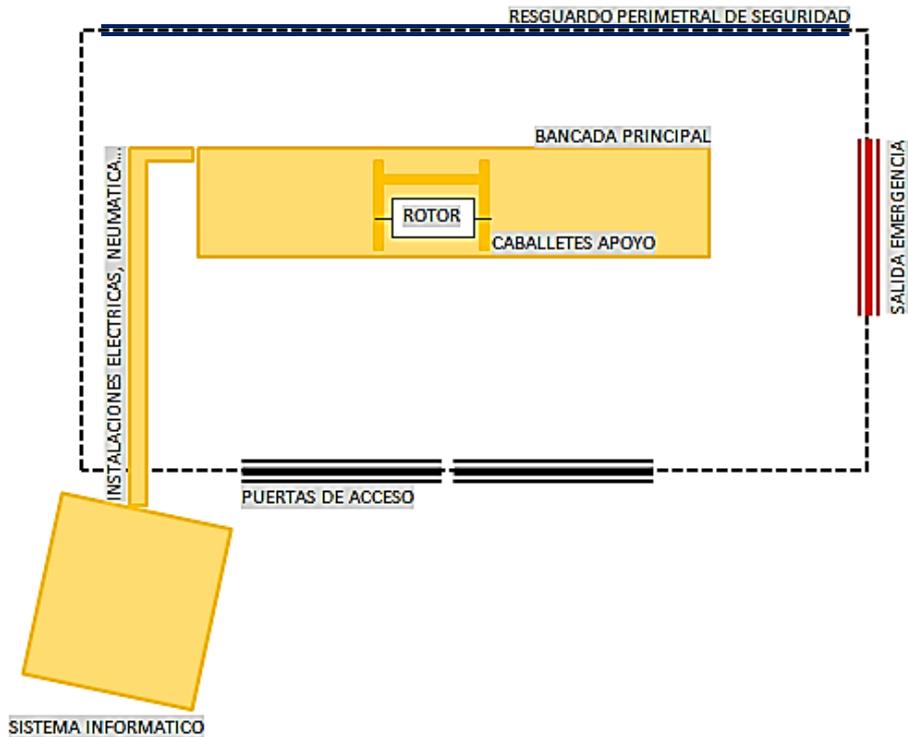


Fig. 13. Croquis planta máquina equilibradora.

### 5.1 Especificaciones de la bancada central.

La bancada es la encargada de la sujeción de los caballetes de apoyo del rotor y de los sistemas de accionamiento. Debe ser robusta para que no se transmitan con facilidad las vibraciones. En este tipo de equipos de soportación, buscamos una rigidez elevada.

- Debe disponer de sistemas de nivelación propios, para permitir la corrección de los errores de cimentación de la obra civil.
- Puntualmente se pueden realizar acciones de equilibrado de elementos rotativos como ventiladores, con ejes en voladizo con el centro de gravedad fuera de los apoyos, por lo que la bancada y caballetes deben contemplar esta posibilidad.
- Para el equilibrado del rotor tipo S5000, se debe contemplar el equilibrado del mismo con el ventilador de motor calado en el eje.
- Los diámetros de agarre para la correa de arrastre deben permitir hasta 700 mm de diámetro.
- Accionadores para el movimiento de los caballetes en sus ejes X, automáticos o motorizados, o en su defecto, mediante sistemas mecánicos de bajo esfuerzo.
- Reglas de medición eléctrica, o en su defecto reglas de posición numéricas para el correcto posicionado de los caballetes en bancada en el eje X.
- Sensores de revolución para la captación de la velocidad de pieza.

## 5.2 Especificaciones de los caballetes de apoyo.

- Centro de gravedad situado entre los apoyos de máquina. Este apoyo debe respetar todos los grados de libertad, con el fin de que las vibraciones captadas por los sensores solo dependan del desequilibrio del equipo ensayado.
- Con posibilidad de carga manual, con cierre y seguro del contra soporte y conexión del accionamiento.
- Accionadores automáticos o motorizados para el movimiento de los equipos de fijación en los ejes Y, y Z de los caballetes de apoyo, o en su defecto, sistemas mecánicos de movimiento de bajo esfuerzo.
- Reglas de medición eléctricas, o en su defecto reglas numéricas de posición de los caballetes en ejes Y, Z, para permitir el correcto posicionado de los equipos de fijación.
- Sensores de precisión para la captación del desequilibrio de pieza, según norma ISO 1940:2003, con grado de tolerancia G 2,5.

## 5.3 Especificaciones de la transmisión.

- La transmisión de la rotación al rotor, se realizara mediante un sistema de arrastre por correa envolvente.
- Sistema de fijación de la correa mediante accionamiento neumático, que permitan el control de la presión ejercida por la correa de arrastre.
- Capacidad para la configuración de parámetros de velocidad, aceleración, tiempo de ensayo, tiempo de desaceleración.
- Velocidad máxima de hasta 2.000 rpm.
- Conexión eléctrica de alimentación de 400V  $\pm$  10%, 50Hz.
- Potencia máxima de accionamiento de 2,2KW.

## 5.4 Especificaciones de los sistemas de medición.

- Precisión del tratamiento de las mediciones efectuadas.
- Captadores de medición sobre caballetes de apoyo, protegidos contra golpes.
- Unidad de medición mediante representación de vector.

## 5.5 Especificaciones del interface (HMI) y aplicativo software.

- Interface de usuario mediante pantalla táctil y botonera.
- Arranque del proceso de medición automático.
- Interface con el operador amigable, con pantalla de acceso a la parametrización de pieza que permita la introducción de datos de forma intuitiva.

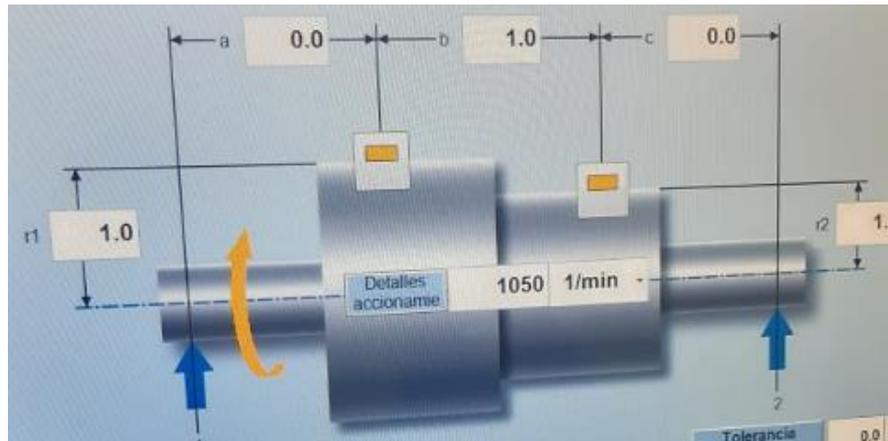


Fig. 14. HMI. Ejemplo de pantalla de configuración de pieza.

- Representación del desequilibrio visual, clara y representativa. La visualización del desequilibrio en pantalla, debe presentarse mediante valores numéricos y gráficos (indicación del desequilibrio en cifras y en diagrama polar), para una mejor interpretación.

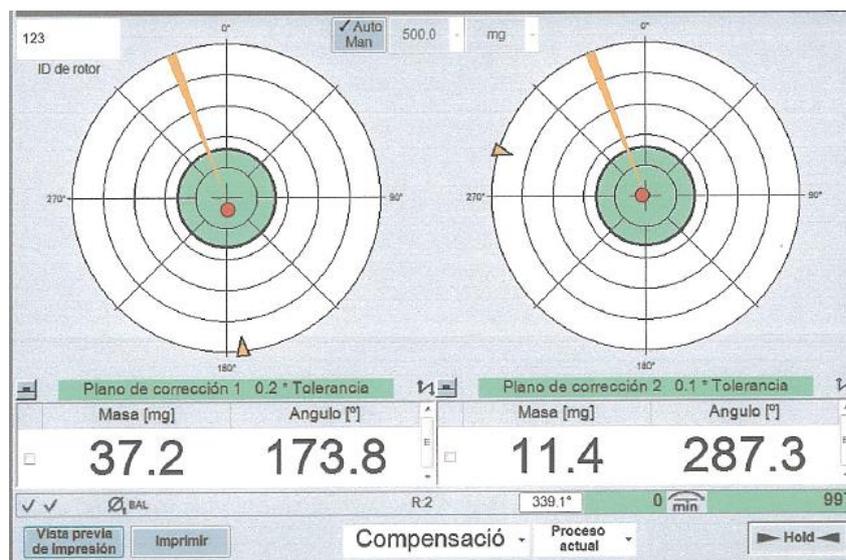


Fig. 15. HMI. Ejemplo diagrama polar.

- Software de soporte usuario, con cálculo de corrección. Software de soporte usuario con visión a tiempo real del proceso.
- Software de calibración de los diferentes sistemas de medición del equipo.
- Software con capacidad para diferentes perfiles de usuario, dotando a cada uno de ellos de ciertos permisos y privilegios de uso.
- Capacidad de edición de informes en formato digital, con indicación de:
  - Posicionamiento relativo del rotor respecto a la bancada y caballetes.
  - Dimensiones de rotor.
  - Desequilibrio inicial de rotor.
  - Punto en grados de desequilibrio.

- Desequilibrio final de rotor.
- Emisión del informe final, con un indicador de APTO o NO APTO bajo la normativa y grado de calidad aplicable.
- Capacidad de emisión de informes en formato digital.
- Capacidad de conexión de máquina a red Ethernet, para poder volcar datos en ubicaciones locales de la red.
- Capacidad de almacenaje de datos, de al menos 1.000 operaciones de equilibrado.
- Indicación del desequilibrio para uno o dos planos de compensación

## 5.6 Especificaciones de los resguardos perimetrales de protección.

La función principal del resguardo perimetral, es evitar los riesgos o accidentes por contactos mecánicos o proyecciones de materiales, limitando el acceso a zonas de trabajo y evitando que algún material pueda salir con velocidad del área de trabajo. Además, deben disponer de dispositivos que detengan la maniobra en caso de accionamiento.

Se muestra un croquis en planta, como prototipo de resguardo del conjunto. Se aceptaran propuestas que cumpliendo los requisitos definidos en este documento, presenten distribuciones diferentes a la mostrada.

- Resguardo perimetral de máquina. Se propone cercado, según normativa ISO 7475, clase C.
- La superficie destinada para la instalación de esta máquina, se encuentra en la sección de motores, y es un rectángulo de 18m<sup>2</sup> (6m de ancho y 3 de profundidad). La totalidad de los elementos de máquina (armarios auxiliares, pantallas, botoneras de mando, etc...) deben instalarse al completo dentro de esta superficie.
  - Se propone para los costados derecho e izquierdo del resguardo, valla metálica rígida de altura mínima 2.200mm, permitiendo la visión de la actividad de máquina, y protegiendo de la intrusión a la zona de trabajo y de un posible contacto mecánico.
  - Se propone para la parte trasera del resguardo, un muro metálico perforado, de altura mínima 2.200mm, impidiendo la visión de la actividad de máquina y actuando como elemento protector sobre posibles proyecciones, protegiendo la intrusión a la zona de trabajo y de un posible contacto mecánico.
  - La parte frontal, debe disponer de los extremos de valla metálica rígida de altura 2.200mm, y en la parte central de puertas de seguridad con visor. Este frontal debe proteger de un posible contacto mecánico, permitir la visión de la actividad y el acceso a la zona de trabajo mediante la apertura de puertas.

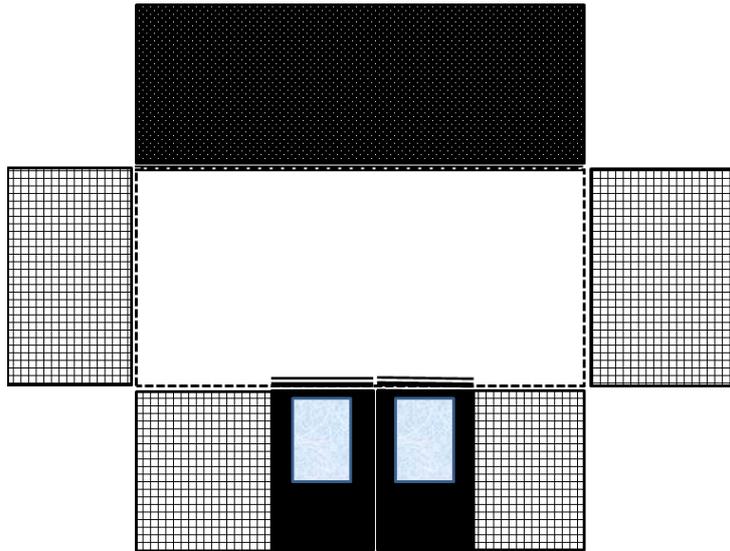


Fig. 16. Propuesta especificación resguardo perimetral.

- Las medidas en este documento, no definen la totalidad del vallado para cercar el área de trabajo. En este caso, se indican medidas relativas respecto a elementos fijos de máquina, que permiten definir los espacios mínimos para la correcta maniobrabilidad del operador en el interior de la máquina. Estas medidas quedan definidas de la siguiente forma:
  - D1: Anchura del pasillo posterior de máquina: 800mm.
  - D2: Anchura del pasillo delantero de puertas: 1.500mm.
  - D3: Anchura del pasillo de instalaciones: 800mm.
  - D4: Anchura del pasillo de acceso a salida de emergencia: 1.000mm.

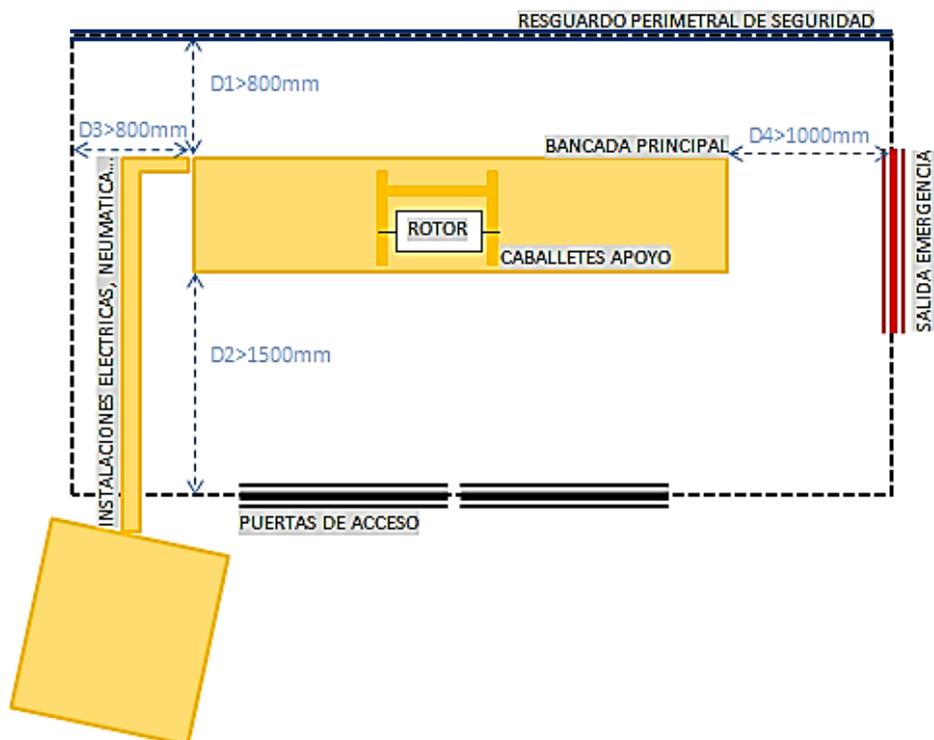


Fig. 17. Propuesta dimensional zonas de máquina.

- Puertas de acceso del cercado de máquina.
  - Puertas principales, deslizantes sin marco en la zona de acceso, para permitir el paso de elementos suspendidos con puente grúa. La luz de apertura no debe ser inferior a 2.000mm. Las puertas podrán abrirse o cerrarse mientras el proceso de equilibrado no está iniciado, o en procesos de mantenimiento degradados cuando el elemento rotativo esté parado.

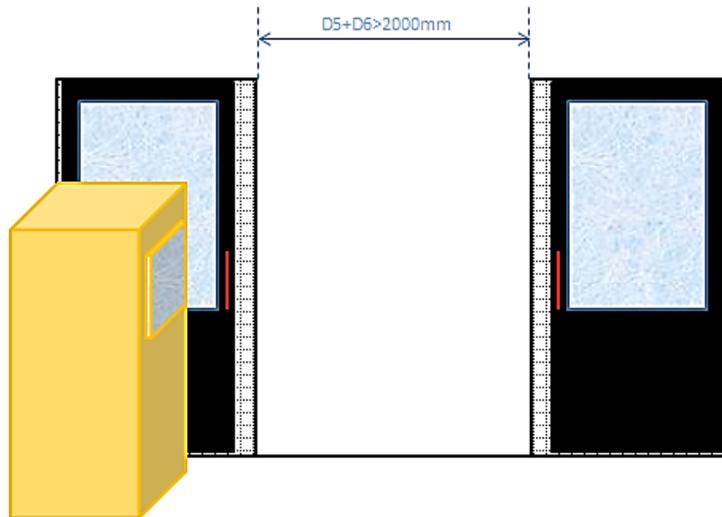


Fig. 18. Puerta de acceso a máquina.

- Durante la operativa de máquina, las puertas deben quedar cerradas y enclavadas mecánicamente para impedir el acceso de personas cuando se inicie el proceso de equilibrado. En caso de apertura intempestiva de las puertas, se frenará inmediatamente el elemento en rotación, mediante una frenada de emergencia con desaceleración controlada para evitar riesgos, suspendiendo por completo el proceso de equilibrado.



Fig. 19. Puerta de acceso a máquina, cerrada y enclavada.

- Las puertas que queden enfrentadas a los elementos en rotación, deben disponer de una capacidad de protección capaz de soportar posibles elementos proyectados, por lo que se propone sean puertas de seguridad con ventanas con vidrios de seguridad,... o algún material que permita la visión desde el exterior e impida la salida intempestiva de un material proyectado.

Como materiales proyectados, podemos definir:

- Pequeños restos metálicos adheridos al rotor.
- Contrapesos de equilibrado de entre 10 gr y 30 gr.
- Partes metálicas del rotor de tamaño no superior a 100 mm.

La velocidad de giro vendrá determinada por el tipo de rotor a equilibrar. Estos procesos de equilibrado se realizan normalmente sobre las 1.000rpm para el tipo de rotores indicados.

- En el lateral izquierdo del cercado de máquina, se debe disponer de una salida de emergencia con accionamiento mediante barra antipático, que permita el escape de la zona de máquina en cualquier momento. El accionamiento de esta barra, permitirá la apertura de la salida y frenará inmediatamente el elemento en rotación, mediante una frenada de emergencia con desaceleración controlada para evitar riesgos, suspendiendo por completo el proceso de equilibrado.

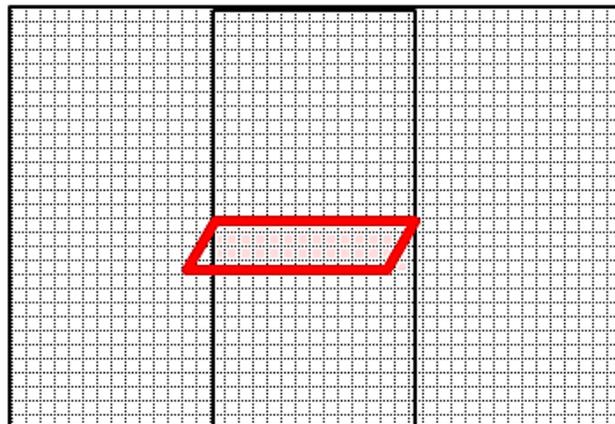


Fig. 20. Propuesta salida de emergencia del cercado de máquina.

- Accionadores de emergencia. El sistema debe disponer de accionadores de emergencia eléctricos (se proponen pulsadores con enclavamiento), distribuidos en el interior del cercado perimetral permitiendo su accionamiento desde cualquier punto. También dispondremos de un accionador de emergencia en el armario con el interface HMI. El accionamiento de cualquiera de estos pulsadores de emergencia, frenará inmediatamente el elemento en rotación, mediante una frenada de emergencia con desaceleración controlada para evitar riesgos, suspendiendo por completo el proceso de equilibrado.

El accionamiento de un pulsador de emergencia o la apertura de la salida de emergencia, habilitará una señalización acústica audible y visual, según normativa,

para indicar una situación de emergencia dada en la máquina durante el proceso de equilibrado.

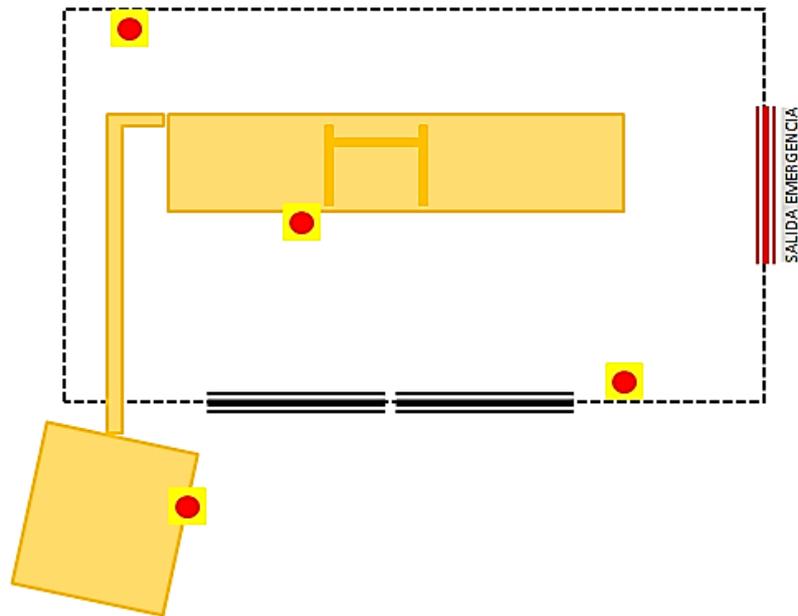


Fig. 21. Propuesta distribución pulsadores de emergencia en máquina equilibradora.

- Dentro del resguardo de máquina, debe haber una zona transitable libre de obstáculos para facilitar el paso hacia las puertas del cerramiento y salidas de emergencia.

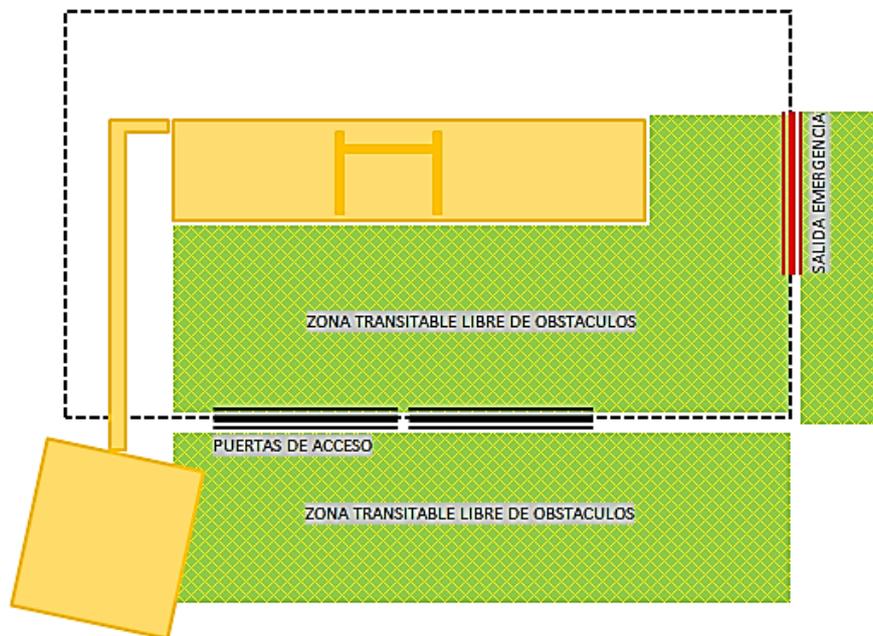


Fig. 22. Propuesta zona transitable libre de obstáculos.

## 5.7 Otras especificaciones de máquina.

- Facilidad en la utilización del software y el manejo de la máquina..

- Precisión en los resultados obtenidos.
- Materiales y componentes de fácil acceso.
- Estructuras resistentes a las condiciones de trabajo.
- Parametrización de los programas necesarios para los diferentes modelos de rotores que se equilibrarán.
- Sistema visual de mediante baliza luminosa visible, atendiendo a RD485:



Fig. 23. Baliza lumínica.

ANEXO II COLORES DE SEGURIDAD		
1. Los colores de seguridad podrán formar parte de una señalización de seguridad o constituirlos por sí mismos. En el siguiente cuadro se muestran los colores de seguridad, su significado y otras indicaciones sobre su uso:		
Color	Significado	Indicaciones y precisiones
Rojo	Señal de prohibición	Comportamientos peligrosos.
	Peligro – alarma	Alto, parada, dispositivos de desconexión de emergencia. Evacuación.
	Material y equipos de lucha contra incendios	Identificación y localización.
Amarillo o amarillo anaranjado	Señal de advertencia	Atención, precaución. Verificación.
Azul	Señal de obligación	Comportamiento o acción específica. Obligación de utilizar un equipo de protección individual.
Verde	Señal de salvamento o de auxilio	Puertas, salidas, pasajes, material, puestos de salvamento o de socorro, locales.
	Situación de seguridad	Vuelta a la normalidad.

Fig. 24. RD 485, Anexo II. Colores de seguridad.

## 6. MANTENIMIENTO.

Se solicita la entrega del Plan de mantenimiento preventivo de máquina, donde se detallarán las operaciones de mantenimiento a realizar y su periodicidad. El plan de mantenimiento deberá adecuarse a la normativa vigente en cuanto a mantenimiento de este tipo de equipos.

El Manual de mantenimiento debe definir como desarrollar las operaciones indicadas en el plan, indicando si fuese necesario la utilización de útiles especiales o aparatos de control. Adjunto al Plan y manuales de mantenimiento, se solicita la entrega de listado de piezas de recambio.

## 6.1 Herramientas y útiles especiales.

El proveedor entregará las herramientas especiales necesarias para llevar a cabo el mantenimiento preventivo y correctivo. Dichas herramientas deben disponer del correspondiente marcado CE, declaración de conformidad, manual de uso y mantenimiento y adecuación según lo indicado en el RD 1215/97. Se deberán aportar además los planos constructivos de dichos útiles.

## 6.2 Calibración.

El proveedor entregará un Plan de calibración, donde se registren todos los equipos y herramientas, que requieran de este proceso de control. El plan debe definir la periodicidad de calibración, rangos de medida, tolerancia e incertidumbre.

Todos los equipos de medida integrados en la máquina, se entregaran con su certificado vigente de calibración, con fecha de calibración no superior a tres (3) meses en el momento de la entrega de máquina.

## 7. PLAN DE FORMACIÓN.

La formación del personal de Metro de Barcelona, se realizará una vez completada la totalidad de la puesta en marcha de máquina. La formación irá dirigida a los posibles operadores de máquina, y debe constar de diversos módulos:

### 7.1 Módulo de formación teórico.

- M1. Conceptos básicos de equilibrado.
  - Teoría y diagnóstico del desequilibrio.
  - Equilibrado dinámico de rotores rígidos.
  - Técnicas de equilibrado.
  - Aplicaciones de equilibrado.
- M2. Conocimientos generales de máquina.
  - Manual de uso y mantenimiento.
  - Operaciones de seguridad.
  - Capacidades de máquina.
- M3. Acceso a la parametrización.
  - Modelos de estudio.

### 7.2 Módulo de formación práctico.

- M4. Ensayos y pruebas con rotores de Metro de Barcelona.
  - Equilibrado rotor de motor de tracción S2100.
  - Equilibrado rotor de motor de tracción S5000.
  - Equilibrado rotor de motor de tracción S9000.

Previo a la ejecución de la formación, Metro de Barcelona deberá validar el temario de los diferentes módulos a tratar. Esta validación se debe realizar en un plazo de 48h (de días laborables) una vez emitida la documentación oficial.

La formación se deberá impartir en el plazo máximo de 1 mes desde la puesta en marcha de la máquina, en horario a definir, en las instalaciones de Taller Sagrera. Se debe completar la totalidad del temario descrito, en un máximo de 5 sesiones.

El grupo no excederá en ningún caso los 10 participantes. Si por medidas socio-sanitarias se estableciesen restricciones de personal, se limitaría a 5 los participantes, dando lugar a 2 cursos formativos idénticos.

## 8. DOCUMENTACIÓN DE PROYECTO.

La documentación del proyecto consta de 2 partes diferenciadas:

- Memoria del proyecto, en la que se requieren una serie de especificaciones técnicas para el correcto desarrollo y control de las actividades de fabricación, instalación y puesta en marcha de la máquina.
- Documentación de entrega de máquina, en la que se requiere una serie de documentación formal (certificados, calibraciones, manuales).

### 8.1 Memoria de proyecto.

En un plazo máximo de un (1) mes desde la firma del contrato, el proveedor del suministro deberá presentar la memoria del proyecto de esta licitación. De no entregar toda la documentación en el plazo requerido, TMB podrá aplicar penalizaciones en función de lo establecido en el documento QC de esta licitación.

La memoria del proyecto debe definir:

- Planos.
  - Planos dimensionales de máquina.
  - Planos del cercado de seguridad.
  - Planos de bancada de equilibrado.
  - Planos de zonas de apoyo, pasos, zonas libres, etc.
  - Planos de instalaciones, neumáticas, hidráulicas y eléctricas.
  - Planos de útiles de máquina.
- Esquemas eléctricos, hidráulicos, mecánicos
- Plan de trabajo y entregas; calendario temporal con fases de proyecto y fabricación.
- Plan de calidad.
  - Medidas de seguridad durante la instalación de máquina.
  - Medidas de seguridad aplicables al uso de máquina.
  - Protocolos de inspección y ensayos de validación.
  - Lista de herramientas y útiles que se entregarán.

- Plan medioambiental.
  - Tratamiento de residuos durante la instalación.
  - Descripción de medidas de eficiencia energética y sostenibilidad.
- Plan de formación.
- Organigrama.
  - Organigrama dedicado a este proyecto.
  - Identificación de los participantes.
  - Descripción del rol de cada participante durante el proyecto.

## 8.2 Documentación de entrega de máquina.

En el plazo máximo de un (1) mes desde la finalización de la instalación, el proveedor del suministro deberá presentar la totalidad de la documentación; entregando la totalidad de la documentación técnica, certificaciones,..., para la legalización de la máquina, y además entregará manuales que permitan conocer la parte más técnica y funcional y de mantenimiento. De no entregar toda la documentación en el plazo requerido, TMB podrá aplicar penalizaciones en función de lo establecido en el documento QC de esta licitación

Esta entrega documental deberá realizarse una vez finalizado todo el proceso de instalación, puestas en marcha, ensayos, y será el último ítem de entrega de máquina previo a la formación.

La documentación deberá contemplar:

- Documentación técnica actualizada.
- Declaración CE de Conformidad.
- Certificado de adecuación de la máquina al RD1215/1997.
- Manual descriptivo de máquina.
- Plan de calibración de máquina.
- Certificados vigentes de calibración.
- Plan de mantenimiento de máquina.
- Manual de uso y mantenimiento.
- Manuales de reparación.
- Listado de piezas de recambio.
- Manuales de formación.

Toda la documentación escrita y planos deberán entregarse en catalán o castellano. La documentación escrita se entregará en formato digital .pdf indexado, y en soporte papel por duplicado. Los planos y esquemas en formato .dwg, y en soporte papel por duplicado. No se aceptará la entrega de máquina sin la documentación indicada.

## 9. NORMATIVA APLICABLE.

La máquina debe respetar como mínimo las directrices:

- Directiva 2006/42/CE.
- Real Decreto 485/1997
- Real Decreto 1644/2008.
- Real Decreto 1215/1997.
- Norma IEC/ UNE 60034.
- DIN ISO 21940-11.
- DIN ISO 7475:2002.

Las Normas Técnicas de Prevención:

- NTP 552: Protección de máquinas frente a peligros mecánicos: resguardos.
- Normativa aplicable a las salidas de emergencia e cerramientos.

## 10.GARANTÍA.

El periodo de garantía propuesto por el participante de esta licitación, debe ser mínimo de dos (2) años, valorando la posibilidad de prolongar este periodo hasta los cuatro años y medio (4.5) años, para todo el conjunto de máquina; bancada de equilibrado, elementos neumáticos, cuadros eléctricos principales y auxiliares, y resguardos de seguridad, etc...

Durante este periodo de tiempo, el proveedor, será el responsable de la planificación y ejecución de las acciones de mantenimiento preventivo definidas en el plan de mantenimiento de la máquina, aportando los materiales de sustitución en cada caso para el correcto funcionamiento de los equipos. Las operaciones realizadas en estas intervenciones, deben quedar correctamente registradas en el libro de mantenimiento.

Además, durante esta fase de garantía, el proveedor también se responsabilizará de las intervenciones para la correcta calibración de los equipos de máquina (lasers, galgas extensiométricas, reglas ópticas, medidores digitales, dinamométricas, etc...), siguiendo el plan de calibración de máquina. Estas intervenciones quedarán registradas mediante las correspondientes certificaciones de calibración.

Respecto al mantenimiento correctivo que pueda darse en este plazo de garantía, queda excluido de este contrato las intervenciones derivadas de un incorrecto uso de máquina. Las operaciones realizadas en estas intervenciones, deben quedar correctamente registradas en el libro de mantenimiento.

Estas acciones se coordinaran siempre con el responsable de taller Sagrera.