



EMPRESA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS METRO S.A.  
METRO DE SANTIAGO

**BANCO DE PRUEBAS DE ELECTROVALVULAS E.M.D.I.  
TREN NS - 74**

**Especificación Funcional y Técnica**

**DOCUMENTO EMITIDO PARA LICITACIÓN**

GERENCIA DE INGENIERÍA Y PROYECTOS OPERACIONALES

**SANTIAGO DE CHILE**

**DICIEMBRE 2017**

## Contenido

<b>1. Glosario de Términos y abreviaturas.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Introducción .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Objetivo .....</b>	<b>3</b>
<b>4. Alcance.....</b>	<b>4</b>
<b>5. Situación Actual .....</b>	<b>4</b>
<b>5.1 Problemática: .....</b>	<b>5</b>
<b>6. Condiciones y Requerimientos Generales de Operación .....</b>	<b>6</b>
6.1 Antecedentes EMDI .....	6
<b>7. Requerimientos Funcionales y Técnicos .....</b>	<b>6</b>
7.1 Requerimientos Eléctricos. ....	8
<b>8. Requerimientos Ambientales .....</b>	<b>8</b>
<b>9. Requerimientos de Mantenimiento.....</b>	<b>8</b>
<b>10. Condiciones de Ejecución y Montaje.....</b>	<b>8</b>
10.1 Ubicación (Puesta en Marcha) .....	9
10.2 Terminaciones.....	9
10.2.1 Equipos y Herramientas.....	9
<b>11. Pruebas y Puesta en Servicio .....</b>	<b>9</b>
<b>12. Aceptación y Condiciones de Recepción.....</b>	<b>10</b>
<b>13. Capacitación .....</b>	<b>10</b>
<b>14. Garantías.....</b>	<b>10</b>
<b>15. Documentación.....</b>	<b>11</b>
<b>15.1 Software.....</b>	<b>11</b>
<b>16. Anexos .....</b>	<b>12</b>
16.1 Curva original de respuesta de corriente versus presión, el contratista deberá validar esta curva con pruebas en terreno por cambios producidos con el cambio de SASSEM .....	12
16.2 Esquema alimentación E.M.D.I. en tren. ....	12
16.3 Termistencias montadas en serie .....	13
16.4 Corte esquemático neumático E.M.D.I.....	14
16.5 Plano dimensional E.M.D.I.....	15

---

## 1. Glosario de Términos y abreviaturas

E.M.D.I. Electroválvula moderable de desfrenado inversa.

HMI Interfaz hombre máquina

## 2. Introducción

Con el objetivo que Metro S.A garantice una buena disponibilidad y confiabilidad de su flota de trenes, se debe aplicar un adecuado mantenimiento a los activos fijos que opera. Para lograr esta finalidad hay que contar con una buena planificación, un personal capacitado y los equipos necesarios para poder realizar todas las tareas que el mantenimiento requiera.

Metro de Santiago dentro de su Gerencia de Mantenimiento cuenta con un Taller de Gran Revisión (GR) u Overhaul, el cual tiene como principal función realizar el mantenimiento mayor de los trenes y sus diversos componentes.

Dentro del Plan de Averías de Alto Impacto se busca restaurar y optimizar las condiciones operacionales de las áreas de mantenimiento, a través de la compra de Bancos de pruebas para los equipos que son mantenidos. Todo esto debido a que existen varios bancos que se han deteriorado y/o han perdido funcionalidades, trayendo como consecuencia elevados tiempos de mantenimiento.

En la actualidad Metro de Santiago cuenta con 48 trenes que cuentan con una **Electroválvula Moderable de Frenado Inversa** (EMDI) por coche. Estas EMDI se encargan de comandar el freno mecánico del tren, ya sea freno de servicio o de urgencia.

El objetivo principal de este banco de prueba, es mejorar técnicamente los procedimientos de pruebas de las EMDI, automatizando el proceso de fiabilización .

En la actualidad estos bancos de prueba de EMDI se encuentran obsoletos (operan desde hace mas de 30 años) por lo que su remplazo es prioritario para poder mantener estos equipos con los estándares de fiabilización que se requiere para las exigencias a las que están sometidos éstos y dada la importancia en un sistema de seguridad, como lo es el frenado del tren.

La seguridad y disponibilidad de los trenes se ve directamente afectada por la falta de este banco de prueba, el cual realiza labores críticas como por ejemplo control de las diferentes presiones de frenado según la solicitud del manipulador en conducción manual o automatismo del tren en pilotaje automático, caudales máximos, control de parada y verificación de válvula de seguridad.

## 3. Objetivo

Considerando los requerimientos específicos de METRO de SANTIAGO S.A, se desarrollan estas especificaciones técnicas, con el fin de buscar un proveedor que dé cumplimiento a estas necesidades diseñando y fabricando un banco de pruebas para las EMDI de los trenes NS-74, en el cual se puedan realizar todas las pruebas descritas en este documento.

#### 4. Alcance

Se requiere que el Proponente realice la ingeniería de diseño, estudios e implementaciones necesarias que permitan la fabricación, instalación y el correcto funcionamiento del Banco de pruebas de EMDI.

El contratista debe incluir un plan de mantenimiento del equipo y Capacitación para quien Metro S.A. determine. Esta capacitación debe ser orientada a la Mantención, reparación y utilización del Banco de pruebas por el personal asignado (seis personas).

Las pruebas a ser efectuadas por el banco deberán poder ejecutarse y visualizarse mediante una pantalla (tipo HMI), en que se integrarán rutinas de pruebas y funciones para la lógica del trabajo requerido, obteniendo una trazabilidad de estas pruebas, generar informes y poder consultarlos en el tiempo.

El banco deberá contar a lo menos con:

- Estructura
  - Estanques
  - Válvulas de paso
  - Tomas rápidas
  - Parada de emergencia
  
- Banco
  - Amperímetro
  - Captador de presión
  - Convertidor 4-20mA
  - Fuente de Alimentación regulable 0 - 100Vdc, 0 - 5 amp.
  - Estructura del banco.

#### 5. Situación Actual

En la actualidad el banco utilizado para la medición y ajuste de EMDI de los trenes NS-74, presenta su operatividad degradada ya que sólo es posible visualizar mediante un manómetro análogo las presión en circuito de freno, sin dejar registro de ello, tampoco pueden ser guardados sus resultados, para análisis posteriores o trazabilidad.



La imagen anterior muestra la electroválvula EMDI y el banco actual de pruebas del equipo.

### 5.1 Problemática:

Algunos problemas del banco actual son;

- Banco de prueba obsoleto y de gran tamaño.
- Parada de Emergencia inexistente
- Sistema de control deficiente, éste sólo permite realizar pruebas manuales de los equipos.
- Banco actual no cumple todas las funciones requeridas.
- No es posible dejar registros que evidencien la conformidad del trabajo realizado.

## 6. Condiciones y Requerimientos Generales de Operación

### 6.1 Antecedentes EMDI

- Función:
  - La electroválvula moderable de desfrenado inversa (EMDI) ajustable, permite el establecimiento, en la tubería de frenado, de una presión cuyo valor está controlado por la intensidad de una corriente eléctrica.
  - El aire de la tubería de frenado, proviene de un depósito auxiliar alimentado por la tubería principal (equilibrio) por medio de una válvula de retención. Esta disposición asegura localmente una reserva de aire comprimido que permite un frenado máximo, incluso en el caso de un descenso de presión importante en la tubería de equilibrio.
  - La presión máxima, ajustable entre 2 y 6 bares para un mando manual, se obtiene cuando la corriente se corta.
  - La presión disminuye cuando la corriente aumenta. Para un valor determinado de la corriente, la presión es nula; la relación entre estas dos magnitudes, intensidad y de corriente eléctrica y presión, se da en la figura 9.1 del anexo 9.
  - Para que la presión transmitida por la EMDI sea constante para un frenado determinado, la EMDI está alimentada por medio de un regulador de tensión (QUD) que produce una tensión continua de  $58V \pm 0,6V$ . Figura 16.2 anexo 16.
  - Un juego de termistencias montadas en serie con el devanado de la bobina, hace que la variación de la resistencia del conjunto, en función de las diferencias de temperatura, sea despreciable. Figura 16.3 anexo 16.
  
- Características
  - Corriente continua 70 V
  - Bobina hilo de 0,42 mm esmalte reforzado
  - Resistencia  $207 \Omega \pm 1\%$   $25^{\circ}C \pm 1^{\circ}C$
  - Un conjunto de 12 o 13 termistores “Le Carbone Lorraine “ TG 1 F 2de  $3,2 \Omega \pm 8\%$  montadas en serie de manera de obtener  $249 \Omega \pm 6 \Omega$
  - Compensación con constantan para obtener una resistencia total de  $255 \Omega \pm 1\%$  a la temperatura de  $20^{\circ}C$

## 7. Requerimientos Funcionales y Técnicos

El banco de pruebas debe tener interfaz de usuario que entregue reportes con el resultado de las pruebas, que contenga información que Metro fijará.

Se requiere interfaz HMI industrial intuitiva para el Operador con capacidades que permitan la operación del Banco de Pruebas y que contenga en el software del banco de prueba una interfaz gráfica.

Será de responsabilidad del Proveedor realizar el levantamiento y análisis para determinar y confirmar cada uno de los rangos a medir por el Banco de pruebas y lógicas de trabajo asociados a cada EMDI que se requiere fiabilizar en el banco de pruebas.

El Proveedor deberá suministrar los Certificados de Calibración del banco de pruebas y cada uno de los componentes que así lo requieran (ejemplo: indicadores de presión, temperatura, caudal, velocidad, potencia, etc.).

Será de responsabilidad del Proveedor verificar en terreno las dimensiones, alimentaciones eléctricas, neumáticas y otras que permitan al banco propuesto adaptarse a los espacios existentes, el cual debe ser de Estructura Modular para facilitar las actividades de mantenimiento y reemplazo de componentes del banco de pruebas.

El banco de pruebas debe ser capaz de:

REQ-1

EL banco de pruebas debe ser capaz de Medir y registrar las presiones neumáticas y corrientes utilizadas.

A continuación se presenta la tabla original de la EMD.

I (mA)	P (bar)	
0	4,45	4,55
50	4,08	4,25
80	3,62	3,82
100	3,18	3,42
130	2,39	2,66
150	1,78	2,06
180	0,66	1,00
200	0,00	0,00

Esta tabla debe ser verificada por el contratista ya que estos valores pueden haber cambiado con el tiempo.

REQ-2

El banco debe medir y registrar el tiempo de respuesta. Se debe medir el tiempo de respuesta para la presión obtenida.

REQ-3

El banco debe Realizar los ciclos de trabajos en forma automatizada.

REQ-4

El banco debe tener un Botón de parada de emergencia.

REQ-5

En la pantalla HMI se debe Indicar la Presión Neumática y corriente.

REQ-6

El banco debe registrar y guardar los datos de cada prueba en carpetas por número de equipo.

REQ-7

Los resultados de pruebas generadas se almacenarán en memoria del equipo HMI por un año.

**REQ-8**

EL banco debe tener la posibilidad de probar dos EMDI al mismo tiempo, para asentamiento y poder determinar fugas. Y un tercer banco para regulación.

Solo deberán probar: 0 volts 4,5 bar  
58 volts 0 bar

**7.1 Requerimientos Eléctricos.**

El Tablero de Alimentación, Cableado y Alimentación eléctrica debe ser independiente para el banco de prueba bajo Norma Eléctrica Chilena vigente.

En caso de requerir realizar instalaciones al interior de las dependencias de Metro deben ser realizadas por técnicos eléctricos autorizados y certificados por la autoridad nacional competente (SEC).

Los cables y elementos internos del banco de pruebas serán ignífugos y libres de halógenos, para esto, el proveedor presentará los respectivos certificados de los fabricantes que comprueben este requerimiento.

**8. Requerimientos Ambientales**

Los equipos a instalar deberán estar diseñados para funcionar en los rangos de temperatura ambiente y humedad de la ciudad de Santiago de Chile.

El Proveedor debe tener en cuenta que el medio ambiente de la ciudad de Santiago posee una atmósfera oxidante cargada de anhídrido sulfuroso.

**9. Requerimientos de Mantenimiento**

El proveedor debe entregar el plan de mantenimiento del banco. El plan debe incluir las actividades de mantenimiento, con su respectivo procedimiento, tiempos asociados e insumos.

Además debe ir acompañado por un catálogo de partes y piezas de fácil reposición dentro del país.

**10. Condiciones de Ejecución y Montaje**

El Proveedor debe elaborar una carta GANTT con su programación de trabajos, la que deberá ser presentada a Metro S.A, esto con el fin de poder coordinar con las otras actividades que Metro S.A. tenga en ejecución.

---

En la implementación del banco de Pruebas de EMDI se debe considerar trabajos diurnos dependiendo de carga de trabajos de Metro S.A.

### 10.1 Ubicación (Puesta en Marcha)

El banco de pruebas debe quedar instalado, probado y funcionando al interior de Talleres Neptuno ubicados en **Av. Dorsal N° 6252** Comuna de Lo Prado Región Metropolitana de Santiago Chile., en el taller de Gran Revisión (GR), Laboratorio Neumático, propiedad de Metro S.A.

### 10.2 Terminaciones.

En todos los lugares donde el Proveedor, producto de sus trabajos realice alguna modificación, ya sea por algún cambio o accidente, deberá reponer todo aquello que resulte dañado a su entero costo.

#### 10.2.1 Equipos y Herramientas.

El Proveedor deberá disponer de todas las herramientas que necesite su personal, debiendo ser de primera calidad y encontrarse en buen estado para asegurar la correcta ejecución de las obras.

El Proveedor deberá estar en condiciones de proporcionar todos los instrumentos que se requieran para efectuar las pruebas, controles, mediciones y verificación del buen funcionamiento del banco de pruebas.

En especial el Proveedor deberá dotar a su personal de elementos de protección personal tales como cascos, zapatos de seguridad, chalecos reflectantes, anteojos, protectores de oídos, guantes, etc.

## 11. Pruebas y Puesta en Servicio

El contratista deberá demostrar la totalidad de los requerimientos realizados para dicho banco de pruebas, realizando pruebas y chequeos de funcionamiento de éste a entera satisfacción de Metro S.A. Metro podrá pedir pruebas adicionales del Banco.

Estas pruebas podrán ser entre otras:

1. Medir y registrar las presiones neumáticas y corrientes utilizadas.
2. Medir y registrar el tiempo de respuesta
3. Realizar ciclos de trabajos en forma automatizada.
4. Verificar funcionamiento del Botón de parada emergencia.
5. Verificación de Indicación de Presión Neumática y corriente en pantalla HMI.
6. Verificación del registro y almacenamiento de los datos de cada prueba en carpetas por número de equipo.
7. Comprobación de que la información de pruebas generadas se almacenara en memoria del equipo HMI por un año.
8. Verificación de la posibilidad de probar dos EMDI al mismo tiempo.

9. Verificación de la estructura del Banco
10. Verificación de tomas neumáticas de conexión rápida.
11. Verificar calibración de Captores de presión

## 12. Aceptación y Condiciones de Recepción

Lo descrito en el presente capítulo forma parte de los Requerimientos de Mantenimiento cuyo cumplimiento será requisito para la recepción final del banco de pruebas para EMDI. Respecto a esto, el protocolo considera:

**Formalidades:** Entrega de Documentación por medio de un acta detallada con la información contenida, y firma de cada uno de los involucrados. Se deben incluir copias digitales e impresas.

**Recepción y Entrega de Activo e instalaciones relacionadas:** Se deberá establecer un documento detallado que considere: fecha de montaje, personal que participó en la instalación, pruebas efectuadas y su resultado, observaciones y firmas de los responsables. En caso de quedar temas pendientes, se debe definir un responsable, fecha de cierre del pendiente, y sanciones en caso de incumplimiento.

**Recepción y Entrega final del Proyecto:** Se deberá establecer un documento detallado que considere: Fecha de inicio de Recepción Provisional, fecha de término de montaje, fecha de término de las garantías, observaciones generales (seguimiento a puntos pendientes) y firmas de los responsables

El plazo de ejecución del Proyecto se estima en siete (07) meses, desde la firma del Contrato hasta la firma del Certificado de Recepción Provisional de los trabajos.

## 13. Capacitación

Como parte del suministro, el proveedor deberá considerar un ciclo de capacitación para el área de mantenimiento Metro, que incorpore manuales e información asociada a actividades de mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, entre otros, para seis (06) personas.

## 14. Garantías

El Proveedor deberá demostrar una experiencia de a lo menos 10 años en el diseño e implementación de bancos de pruebas neumáticos.

Junto a lo anterior debe presentar Certificado de cliente anterior.

El Proveedor deberá presentar un documento escrito, aceptando reparar o reemplazar materiales equipos o componentes defectuosos. Deberá aportar mano de obra, durante todo el período de garantía y sin costo para METRO S.A.

---

El citado documento deberá indicar explícitamente al menos la siguiente cobertura:

Durante el periodo de garantía, se reemplazarán materiales defectuosos y suministrará mano de obra en caso que se presenten fallas operacionales, funcionamiento por debajo de los mínimos requeridos, deterioro excesivo, evidencia que el sistema no será razonablemente mantenible durante la vida útil del resto de las instalaciones, desgaste anormal considerando la intensidad del uso, condiciones inseguras y otras condiciones similarmente insatisfactorias, inusuales o inesperadas. No se incluyen defectos ocasionados por alteraciones de las condiciones originales de los sistemas, uso abusivo, vandalismo, falla en suministro eléctrico y causas similares más allá del control del Proveedor o Fabricante.

La Garantía tendrá una duración de doce (12) meses contados a partir de la entrega oficial y puesta en servicio del banco de pruebas.

## **15. Documentación**

Se requiere que al término del proyecto se entregue la documentación de diseño, descriptivos, de mantenimiento y operación, listado de partes y piezas, memoria de cálculo de ser necesario, planos esquemáticos eléctricos y mecánicos de componentes y montaje, catálogos.

Se deberán presentar dos (2) juegos de discos (CD/DVD) y 2 copias en papel, con toda la información As-built del proyecto (documentos y planos).

El Proveedor deberá entregar los documentos datasheet de todos los equipos instalados en el Proyecto.

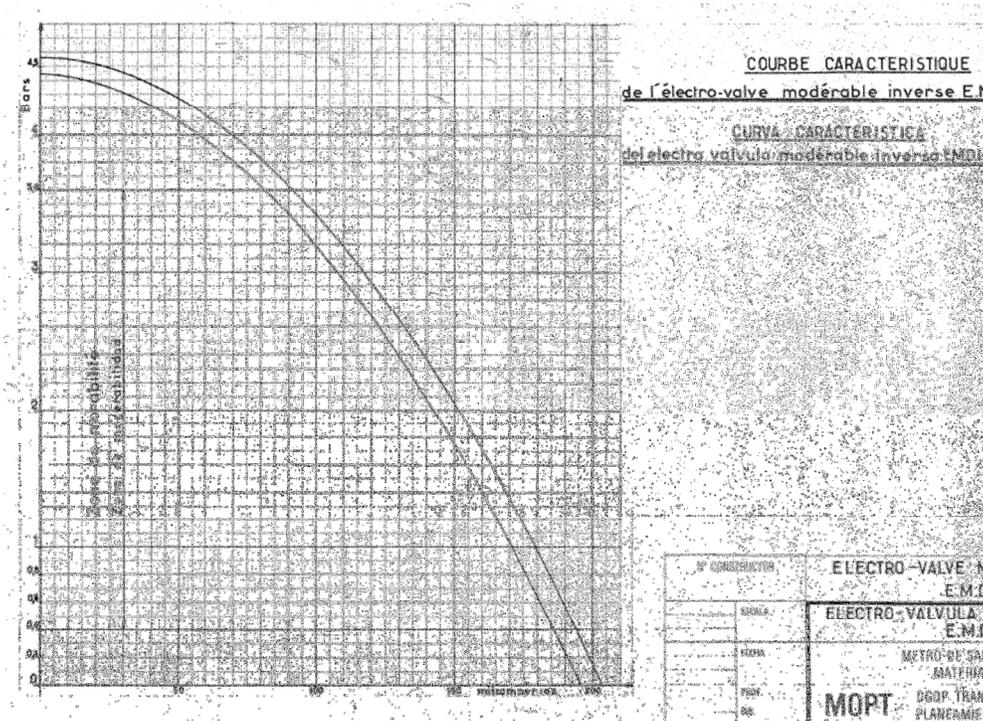
### **15.1 Software**

Las licencias de software, si fuese el caso se emitirán a nombre de Metro S.A.

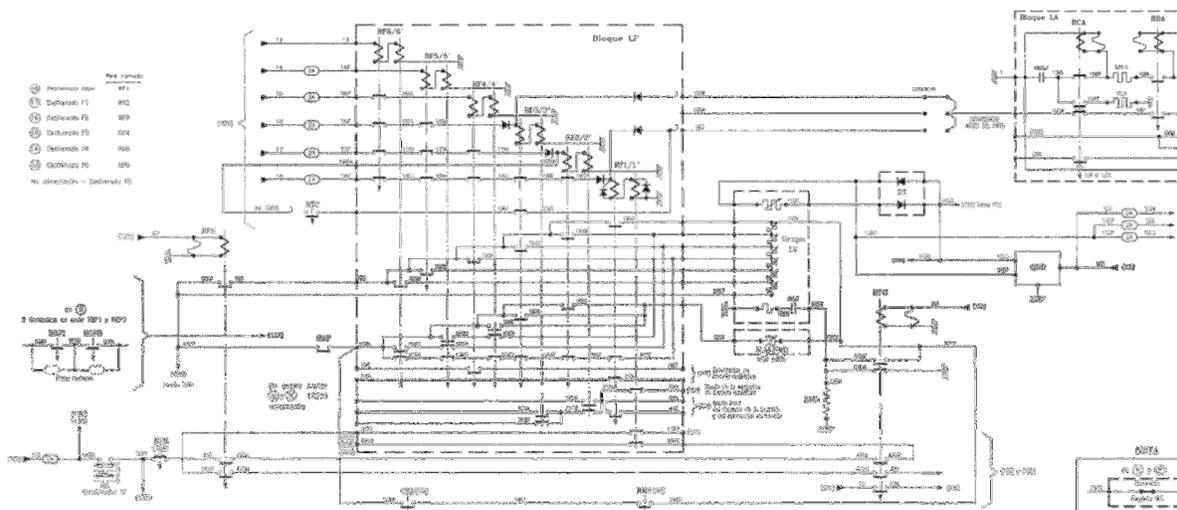
En caso que el banco contenga un código fuentes, este debe ser entregado a Metro para futuras modificaciones luego de pasado el periodo de garantía.

## 16. Anexos

16.1 Curva original de respuesta de corriente versus presión, el contratista deberá validar esta curva con pruebas en terreno por cambios producidos con el cambio de SASEM

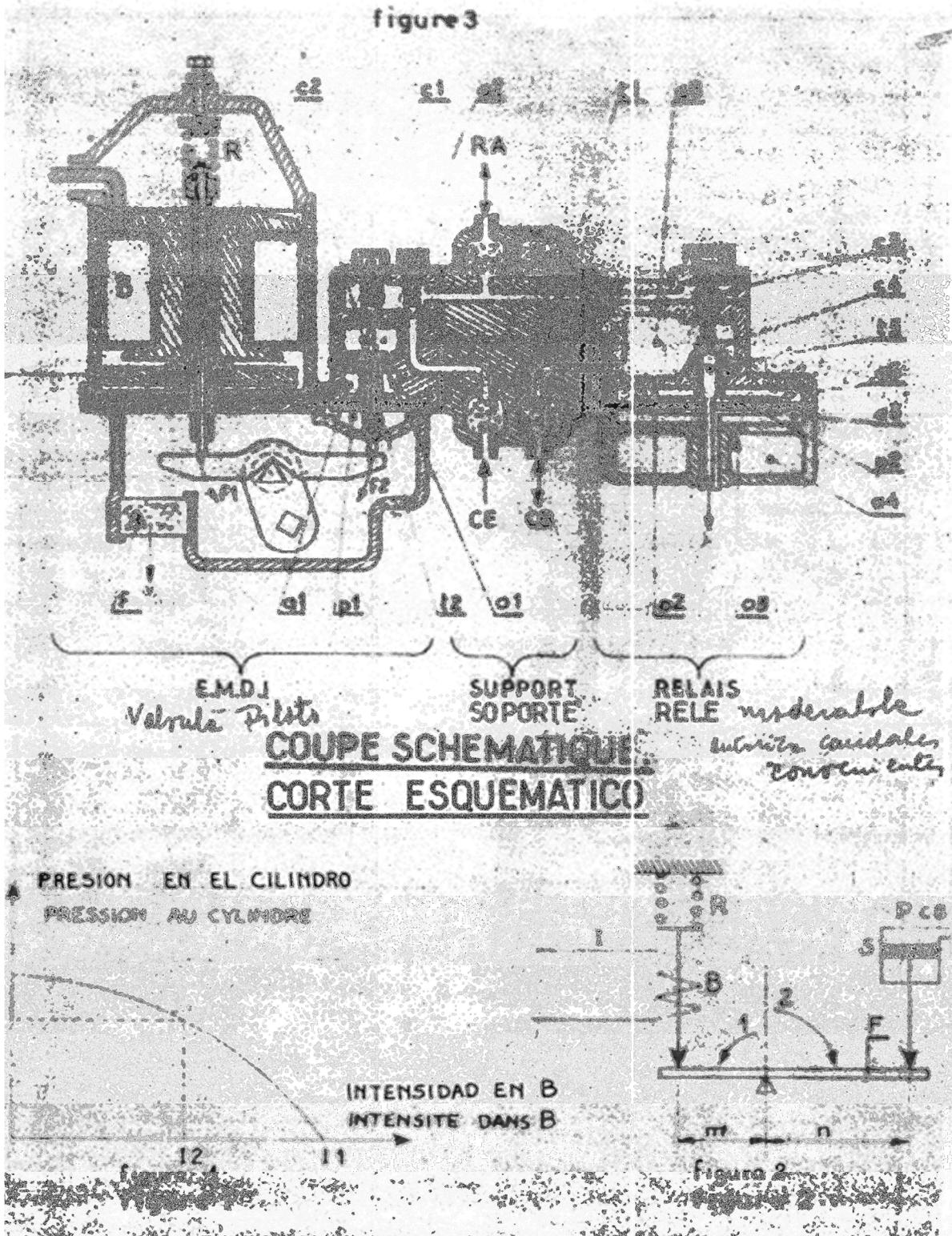


16.2 Esquema alimentación E.M.D.I. en tren.





16.4 Corte esquemático neumático E.M.D.I.



16.5 Plano dimensional E.M.D.I

