

# Treball final de grau

**Estudi: Grau en Tecnologies Industrials**

**Títol:**

**Estudi del sistema de refrigeració d'un banc d'assaig de motors tèrmics**

**Document: 1. Memòria i annexos**

**Alumne: Anna-Damaris Gerjets**

**Director/tutor: Martí Comamala Laguna**

**Departament: Enginyeria mecànica i de la construcció industrial**

**Àrea: Màquines i motors tèrmics**

**Convocatòria (mes/any): Setembre 2015**

# Estudi del sistema de refrigeració d'un banc d'assaig de motors

Primer de tot indicar que aquest projecte no tracta de dissenyar sinó d'estudiar el cas de refrigerar una instal·lació per a realitzar proves amb motors tèrmics. La instal·lació consta de dos frens dinamomètrics que simulen la càrrega dels motors a provar. Tant els frens com els motors tèrmics que s'utilitzen en els assajos necessiten una refrigeració suficient per evitar danys materials i, a més, proporcionar diferents règims de treball per a obtenir dades sobre el comportament tèrmic dels dispositius objectes de la prova.

El banc de proves se situa dins d'una sala d'un taller de l'EPS. Aquesta sala té aproximadament 28 m<sup>2</sup> de superfície i 140 m<sup>3</sup> de volum. La sala compta amb corrent elèctrica monofàsica i trifàsica, aigua sanitària i un sistema de ventilació, encara que aquest no sigui l'ideal per al propòsit que es té.

En el moment de la construcció de l'edifici dels tallers de l'EPS ja es va preveure una cel·la d'assaig de motors i es va optar per construir una base sísmica dins la sala que hi ha al fons del laboratori de motors. La sala compta amb un sistema de ventilació però no és l'adequat per el tipus d'activitat que s'hi vol realitzar. A més, es disposa d'un sistema d'extracció per als fums d'escapament dels motors a provar.

El propòsit principal de l'estudi és proporcionar una guia amb dades i simulacions sobre les necessitats de refrigeració de la instal·lació i mostrar les diferents possibilitats que hi ha per satisfer les necessitats de refrigeració anteriorment esmentades.

Un aspecte molt important en aquest treball és l'econòmic, un dels principals objectius és trobar la millor solució per al problema plantejat disposant del mínim pressupost per a la seva realització i sobretot aprofitar dispositius i parts d'altres instal·lacions ja existents a la universitat i així evitar costos addicionals innecessaris.

A part de resultats, dades i indicacions sobre les necessitats de refrigeració de la instal·lació també s'adjunta un conjunt d'informació sobre aspectes importants i dispositius que es requereixen per complir el propòsit de l'estudi. Aquest recull dóna indicacions sobre sistemes de



refrigeració dels frens dinamomètrics elèctrics, el sistema de refrigeració convencional dels motors tèrmics i informació general de: motors, intercanviadors de calor, frens dinamomètrics, bombes hidràuliques i material auxiliar com sondes i vàlvules.

S'adjunten descripcions detallades sobre els dispositius que s'utilitzen en la instal·lació i que existeixen al taller; el fre dinamomètric de 130 kW de potència màxima de la marca SCHENCK, el fre dinamomètric de 5 kW de potència màxima de la marca APICOM, la bomba hidràulica d'una antiga calefacció de la marca GRUNDFOS, els intercanviadors de calor anomenats unitermos de la marca BAXI i el bescanviador dissenyat per a la universitat l'any 1987. De tots aquests dispositius esmentats anteriorment també s'adjunten parts dels catàlegs tècnics necessaris per a aquest estudi i la realització del muntatge de la instal·lació a partir d'aquest.

S'han realitzat simulacions amb el programa TRNSYS per tal d'obtenir dades sobre les necessitats de refrigeració dels dispositius i també per obtenir informació sobre les diferents opcions de refrigeració que s'han estudiat.

El programa TRNSYS és un programa de simulació utilitzat per molts enginyers de tot el món per tal de simular nous conceptes d'energia, sobretot amb aigua sanitària utilitzada per escalfar o refrigerar. Aquesta eina informàtica disposa d'un entorn complet i extensible de simulació per a la representació transitòria de sistemes. La principal interfície visual és la simulació TRNSYS Studio, amb aquesta interfície s'han representat els diferents circuits proposats en l'estudi. Aquests circuits són el dels motors i el dels frens, es va decidir refrigerar frens i motors per separat ja que així es pot obtenir una refrigeració més eficaç.

Els dos circuits de refrigeració, un pels motors i un pels frens, són idèntics en el disseny. Cada circuit disposa d'una bomba que fa circular l'aigua pel recorregut i un tanc que conté l'aigua que es fa circular. En els casos en que es fa treballar tant el fre com el motor amb un règim de treball alt i s'hagi de dissipar gran quantitat de calor es disposa dels anomenats unitermos, intercanviadors de calor, que poden refrigerar l'aigua abans de retornar-la al tanc.

Els resultats de les simulacions es mostren en gràfiques, per a cada circuit hi ha una gràfica amb unes certes condicions i dades dels dispositius. A partir de les gràfiques directes de les simulacions s'han creat gràfiques que recullen les dades de diferents situacions de les simulacions per tal de poder comparar aquestes i deduir quines condicions són les adequades per al propòsit que tenim i quines opcions de refrigeració tenim a partir d'aquest.

Segons els resultats de les diferents simulacions realitzades arribem a una conclusió general molt important; Podem arribar a utilitzar el banc de proves amb un circuit de refrigeració simple que no suposa cap dificultat econòmica per a la Universitat. Podem dir que no hi ha cap inconvenient a l'hora d'utilitzar els aparells amb la instal·lació sense intercanviadors de calor (unitermos) ja que podem arribar a provar motors prou grans, arribant a una capacitat del fre de 80 kW, sense arribar a les temperatures límit durant un període de temps prou llarg. Podem realitzar fins i tot proves a plena càrrega sempre que aquests no siguin de llarga durada. Ara bé, si volem fer assajos de durada llarga a càrrega alta cal que ens plantejem utilitzar els intercanviadors de calor. Si fos aquest el cas tampoc no suposaria un cost econòmic tant gran ja que ja es disposa de sis d'aquests aparells, dels quals dos s'han de reparar.

Aquest estudi tenia l'objectiu d'aprofitar els recursos de la Universitat dintre d'un marge molt econòmic i s'ha pogut veure que això és perfectament possible. El simple fet d'estudiar les diferents opcions a través d'unes simulacions ja suposa un estalvi ja que d'aquesta manera s'ha pogut evitar la instal·lació d'aparells innecessaris de cost alt.

Cal indicar que si es fa una realització d'aquesta instal·lació, no només de la refrigeració sinó del muntatge sencer del banc de proves de motors, serà una eina molt valuosa per a les pràctiques per a alumnes que els interessi estudiar el comportament tèrmic de motors.

# ÍNDIX

## Memòria descriptiva

1. INTRODUCCIÓ.....	9
1.1. Antecedents.....	9
1.2. Objecte.....	9
1.3. Abast.....	9
1.4. Dades del projecte i del seu autor.....	10
1.5. Especificacions.....	11
2. DESCRIPCIÓ SALA DE PROVES DE MOTORS I EQUIPS.....	13
2.1. Frens.....	13
2.1.1. API.....	13
2.1.2. SCHENCK.....	14
2.2. Bomba GRUNDFOS Model UPS.....	14
2.3. Bescanviador.....	16
2.4. Unitermos BAXI Model UL-217.....	17
2.4.1. Descripció general.....	17
2.4.2. Càlculs.....	17

2.5. Tancs SCHÜTZ.....	22
3. SISTEMA DE REFRIGERACIÓ DELS FRENS DINAMOMÈTRICS ELÈCTRICS.....	23
3.1. Descripció.....	23
3.2. Necessitats.....	23
3.2.1. Fre SCHENCK.....	23
3.2.2. Fre API.....	24
3.3. Càlcul.....	25
4. SISTEMA DE REFRIGERACIÓ CONVENCIONAL DELS MOTORS TÈRMICS.....	27
4.1. Finalitat de la refrigeració.....	27
4.2. Refrigeració convencional.....	27
4.2.1. Refrigeració per aire.....	28
4.2.2. Refrigeració per líquid.....	28
4.3. Necessitats.....	29
4.4. Càlculs.....	30
4.5. Règims transitoris: engegada, escalfament i funcionament nominal del motor.....	31
5. PROPOSTES INICIALS DE CIRCUITS DE REFRIGERACIÓ.....	33
5.1. Frens.....	33
5.2. Motors.....	34

6. DESCRIPCIÓ TRNSYS.....	35
7. SIMULACIONS.....	39
7.1. Resultats.....	39
7.1.1. Fre SCHENCK.....	40
7.1.2. Fre API.....	47
7.1.3. Motors .....	50
7.2. Interpretació.....	69
7.2.1. Fre: Hivern - temperatura ambient 19°C.....	69
7.2.2. Motor: Hivern - temperatura ambient 19°C.....	70
7.2.3. Hivern - temperatura ambient 19°C: Potència fixe i cabal del motor variable.....	71
7.2.4. Hivern - temperatura ambient 19°C: Cabal fixe i potència del motor variable.....	73
7.2.5. Fre: Estiu - temperatura ambient 25°C.....	75
7.2.6. Motor: Estiu - temperatura ambient 25°C.....	75
7.2.7. Estiu - temperatura ambient 25°C: Potència fixe i cabal del motor variable.....	77
7.2.8. Estiu - temperatura ambient 25°C: Cabal fixe i potència del motor variable.....	79
7.3. Discussió.....	81

8. PROPOSTES FINALS DE CIRCUITS DE REFRIGERACIÓ.....	82
8.1. FRE: Estiu (25°C) a 110 kW utilitzant 3 unitermos.....	85
8.2. FRE: Hivern (19°C) a 110 kW utilitzant 2 unitermos.....	86
8.3. MOTOR: Estiu (25°C) amb 140 kW cedits a la refrigeració utilitzant 2 unitermos a temperatura alta de treball del motor.....	87
8.4. MOTOR: Estiu (25°C) amb 140 kW cedits a la refrigeració utilitzant 3 unitermos a temperatura baixa de treball del motor.....	88
8.5. MOTOR: Hivern (19°C) amb 140 kW cedits a la refrigeració utilitzant 2 unitermos a temperatura alta de treball del motor.....	89
8.6. MOTOR: Hivern (19°C) amb 140 kW cedits a la refrigeració utilitzant 3 unitermos a temperatura baixa de treball del motor.....	90
9. CONCLUSIONS.....	91

## Annexos

Annex A. INFORMACIÓ GENERAL.....	93
A.1. Motors.....	93
A.1.1. Motors utilitzats en la tracció de vehicles: Motors tèrmics.....	93
A.1.2. La transferència de calor en el motor tèrmic.....	93
A.1.3. Transferència de calor al refrigerant i comportament tèrmic general.....	94
A.2. Bescanviadors de calor.....	95
A.2.1. Introducció.....	95

A.2.2. Classificació.....	95
A.2.3. Bescanviador de plaques.....	96
A.2.4. Bescanviador de feix tubular i carcassa.....	97
A.3. Frens dinamomètrics.....	97
A.3.1. Introducció.....	97
A.3.2. Funcionament.....	98
A.3.3. Classificació.....	98
A.3.4. Corbes característiques.....	99
A.4. Aerotermos o Unitermos.....	100
A.5. Bombes hidràuliques.....	100
A.5.1. Descripció.....	100
A.5.2. Classificació.....	101
A.6. Material auxiliar: Vàlvules 2/3 vies i sondes de temperatura.....	102
A.6.1. Vàlvules.....	102
A.6.1.1. Vàlvules de 2 vies.....	102
A.6.1.2. Vàlvules de 3 vies.....	103
A.6.2. Sondes de temperatura.....	103
Annex B. CATÀLEGS TÈCNICS I MANUALS.....	105

B.1. Fre dinamomètric API .....	105
B.2. Bescanviador Universitat.....	124
B.3. Fre dinamomètric SCHENCK.....	125
B.4. Bomba GRUNDFOS.....	152
B.5. Unitermos BAXI.....	155
Annex C. PRESSUPOST APROXIMAT.....	158



# **Memòria descriptiva**

# 1. INTRODUCCIÓ

## 1.1. Antecedents

Hi ha assignatures com termodinàmica o enginyeria tèrmica en què s'hauria de treballar amb motors de combustió interna per tal de millorar l'aprenentatge pràctic al laboratori. Actualment, no es disposa de tot el material necessari per realitzar aquestes pràctiques. Degut a la necessitat de realitzar proves per a alumnes de la Universitat s'ha instal·lat un banc d'assaig de motors tèrmics al Laboratori de Motors Tèrmics de l'EPS. Aquest muntatge té finalitat didàctica i de recerca. Per al correcte funcionament d'aquesta instal·lació és imprescindible subministrar una refrigeració adequada als elements que ho requereixen. D'aquesta manera ha sorgit el menester de realitzar un estudi de la refrigeració dels motors tèrmics i dels frens dinamomètrics, per tal de proporcionar informació per a la futura confecció del sistema de refrigeració. Per a aquest motiu l'àrea de màquines i motors tèrmics ha encarregat aquest projecte.

## 1.2. Objecte

Anàlisi de la instal·lació per a la refrigeració dels motors tèrmics, refrigerats per aigua, sota diverses condicions de càrrega, de potència del motor i de temperatura de refrigeració, per tal de determinar la solució òptima. A més, realitzar un anàlisi d'una possible instal·lació aprofitant elements existents en propietat de l'EPS i, d'aquesta manera, reduir al mínim el pressupost. Analitzar el sistema de refrigeració de dos frens dinamomètrics elèctrics disponibles al taller, un de la marca SCHENCK amb una potència màxima de 130 kW, i un altre de la marca API amb una potència màxima de 5 kW, i determinar quina seria la solució òptima. A més, realitzar un anàlisi d'una possible instal·lació aprofitant elements existents en propietat de l'EPS i, d'aquesta manera, reduir al mínim el cost econòmic. Avaluar les possibilitats de connexió dels dos sistemes de refrigeració al Laboratori de Calor i Fred Industrial. A més proporcionar informació i dades generals essencials per a la comprensió de l'estudi i la futura instal·lació a partir d'aquesta guia.

## 1.3. Abast

Càlcul de les carregues tèrmiques que seran necessàries dissipar, tant per als motors que es vulguin provar com per als frens dinamomètrics existents, sota diferents condicions de càrrega,

potència màxima i temperatura de refrigeració desitjada. Proposta inicial d'un sistema de refrigeració per als motors i estudi amb programa de simulació TRNSYS, per dimensionar els components, avaluar la resposta del sistema, la rapidesa i la precisió sobre la temperatura nominal de funcionament del motor. Aplicació del criteri anterior al sistema de refrigeració dels frens dinamomètrics. Càlcul del sistema de refrigeració acoblant-lo a la instal·lació de refrigeració de calderes existent al Laboratori de Calor i Fred Industrial utilitzant TRNSYS. L'estudi haurà d'aconseguir proporcionar una possible solució que satisfaci les necessitats de refrigeració per un mínim de requeriments.

#### **1.4. Dades del projecte i del seu autor**

- Títol del projecte:

Estudi del sistema de refrigeració d'un banc d'assaig de motors tèrmics

- Dades dels autors:

Anna-Damaris Gerjets

- Tutor del projecte:

Martí Comamala Laguna

- Sol·licitant del projecte:

Àrea de màquines i motors tèrmics del departament Enginyeria mecànica i de la construcció industrial de l'Escola Politècnica Superior de l'Universitat de Girona

- Data de l'encàrrec:

1 de Març de 2015

## 1.5. Especificacions

- Necessitats geomètriques i funcionals:

Els elements mínims del circuit de refrigeració s'han de poder instal·lar dins de la sala destinada al banc d'assaig de motors dins del laboratori. A més, els tancs s'han de distribuir de tal manera que no redueixin l'espai a l'hora de manipular el banc d'assaig.

- Recursos:

La sala disposa dels següents recursos necessaris per a la instal·lació de qualsevol circuit de refrigeració:

- Energia elèctrica, tant monofàsica com trifàsica
- xarxa d'aigua / tancs d'aigua
- Ventilació

A més, disposem del següents elements els quals es poden aprofitar per al disseny d'una possible refrigeració:

- bescanviador de calor
- bomba Grundfos
- Fre dinamomètric SCHENCK
- fre dinamomètric API
- Unitermos al terrat (6 unitats)
- Tancs SCHÜTZ de polipropilè (2 unitats)

- Costos:

Es volen mantenir en uns mínims, per tant, la instal·lació s'ha de dissenyar de manera econòmica.

- Termini:

El projecte ha d'estar acabat al setembre de 2015.

## 2. DESCRIPCIÓ DE LA SALA DE PROVES DE MOTORS I EQUIPS

En el moment de la construcció de l'edifici dels tallers de l'EPS ja es va preveure una cel·la d'assaig de motors i es va optar per construir una base sísmica dins la sala que hi ha al fons del laboratori de motors. La sala compta amb un sistema de ventilació però no és l'adequat per el tipus d'activitat que s'hi vol realitzar. A més, la sala de 28 m<sup>2</sup> de superfície i 140 m<sup>3</sup> de volum disposa d'un sistema d'extracció per als fums d'escapament dels motors a provar.



FIGURA 1: Sala on se situa el banc de proves de motors a l'EPS.

### 2.1. Frens dinamomètrics

#### 2.1.1. Fre API

El dinamòmetre de la marca APIcom és de l'any 2011 i es troba al taller de motors. És un fre dinamomètric de corrents paràsites i és de mida petita, model FR6 amb potència màxima de càrrega 5kW. Funciona com un fre de potència que transforma l'energia mecànica del motor en calor a través d'un camp magnètic. La calor s'ha d'eliminar a través de l'aigua de refrigeració que no ha d'intervenir en el procés de frenada. Aquests dispositius són instruments didàctics i pràctics per a la preparació de motors

Aquest fre disposa de 5 parts principals:

- A - Cos de frenada
- B - Cèl·lula de càrrega
- C - Base
- D - Regulació i visualització
- E - Regulació rpm

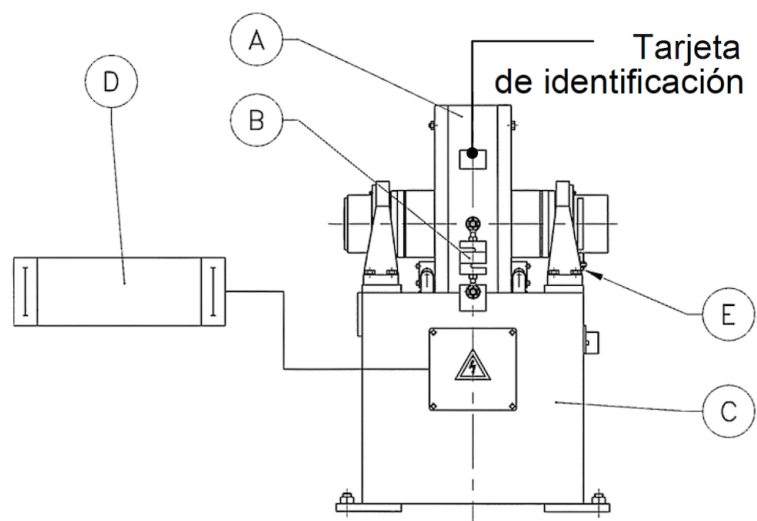


FIGURA 2: Esquema bàsic del fre dinamomètric APIcom FR6

### 2.1.2. Fre SCHENCK

El dinamòmetre de la marca SCHENCK és de l'any 1978 i porta ja un temps al taller de motors. És un fre dinamomètric de corrents de Foucault i és de mida gran, model W130 amb potència màxima de càrrega 130kW. Funciona com un fre de potència que transforma l'energia mecànica del motor en calor a través d'energia elèctrica. La calor s'ha d'eliminar a través de l'aigua de refrigeració que no ha d'intervenir en el procés de frenada.

Aquest fre està dotat de 4 parts principals:

- 1 - Carcassa del fre
- 2 - Dispositiu dinamomètric
- 3 - Xassís
- 4 - Comandament

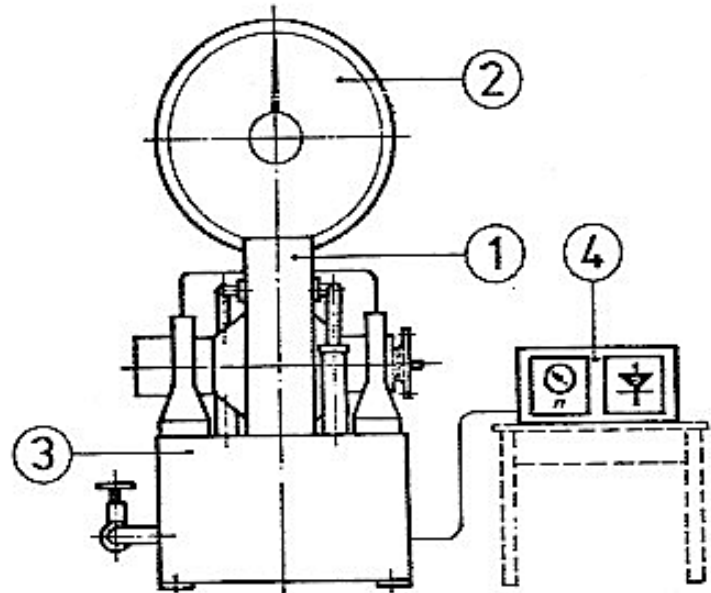


FIGURA 3: Esquema bàsic del fre dinamomètric SCHENCK W130

Per més informació consultar manual a l'annex B apartat B.2.

### 2.2. Bomba GRUNDFOS Model UPS



FIGURA 4: Bomba GRUNDFOS Model UPS

Les bombes de circulació senzilles tipus UPS estan dissenyades pel bombeig de líquids en sistemes de calefacció i sistemes de refrigeració i aire condicionat. Els líquids que es bombegen han de ser poc densos, nets, no agressius ni explosius, que no continguin partícules sòlides, fibra o olis minerals. Aquesta bomba incorpora a l'estator un interruptor tèrmic de sobrecàrrega i, a més, un mòdul d'alarma incorporable també a la caixa de connexions si escau. El model UPS és de rotor encapsulat, és a dir, la bomba i el motor formen un conjunt compacte sense tancament de l'eix i amb només dos juntes de

segellat. Els rodaments es lubriquen amb el líquid bombejat. Aquesta bomba presenta les següents característiques:

- Alimentació monofàsica amb 3 velocitats.
- Eix i rodaments radials de ceràmica.
- Rodament d'empenta de carbó.
- Carcassa del rotor i suport dels rodaments d'acer inoxidable.
- Impulsor de material resistent a la corrosió.
- Carcassa de la bomba fabricada amb fosa.
- Temperatura del líquid de  $-25^{\circ}\text{C}$  a  $+110^{\circ}\text{C}$ .
- Pressió màxima del sistema: 10 bar.
- Classe d'aïllament F.
- Grau de protecció IP42.
- Baix nivell de soroll.

A l'hora d'utilitzar aquesta bomba per a la nostra instal·lació hem de tenir en compte que a l'entrada ha de disposar d'una pressió mínima d'aspiració, en funció de la temperatura de l'aigua a bombejar. Si no respectem aquests mínims podem tenir problemes de cavitació i danys als rodaments:

Temp. líquido	85°C	90°C	110°C
Pres. entrada	0,5 m altura 0,049 bar	2,8 m altura 0,27 bar	11,0 m altura 1,08 bar

TAULA 1: Bomba GRUNDFOS Model UPS mínims de pressió a l'aspiració

Per més detalls tècnics i dades numèriques consultar el catàleg a l'annex B apartat B.4.



## 2.3. Bescanviador Universitat

Es tracta d'un bescanviador de calor dissenyat i fabricat per la Universitat de Girona l'any 1987. Originalment aquest dispositiu va ser dissenyat per a una instal·lació d'energia solar per tal de proporcionar aigua sanitària calenta. Per raons econòmiques es va triar construir un intercanviador de feix tubular, aquest model s'explica en l'annex A apartat A.2.4..

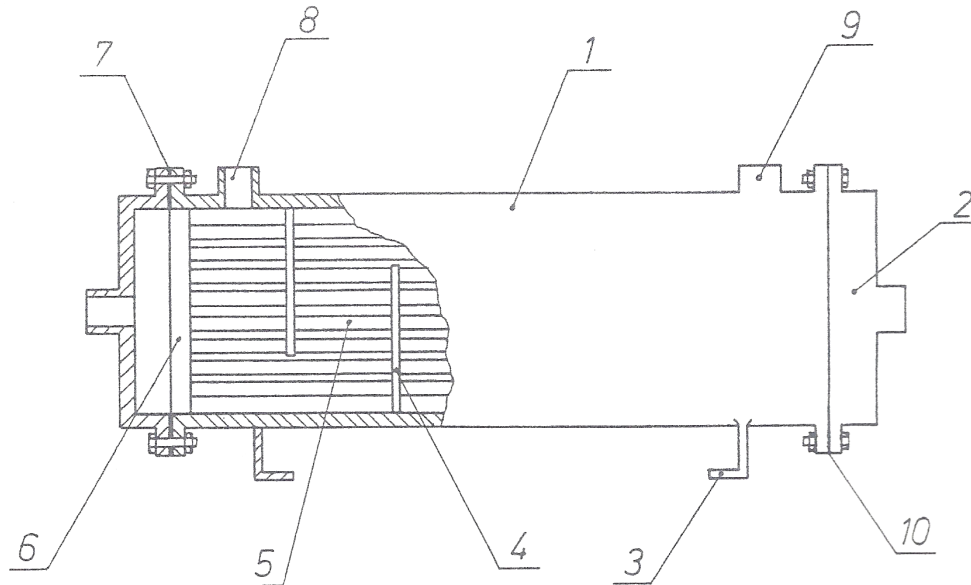


FIGURA 5: Bescanviador Universitat

- 1 - Envoltant
- 2 - Tapa de l'envoltant
- 3- Peu
- 4 - Placa de suport
- 5- Tub de transferència de calor
- 6 - Placa de centrat de tubs
- 7 - Junta
- 8 - Tovera
- 9 - Tap presa de mostres
- 10 - Brida d'unió tapa i envoltant

Per a característiques dimensionals i dades tècniques consultar catàleg tècnic annex B apartat B.3..

## 2.4. Unitermos BAXI Model UL-217

### 2.4.1. Descripció general

Aquests equips estan dissenyats per projectar aire calent i escalfar un ambient a partir d'aigua calenta. En el nostre cas faran la mateixa funció però amb una altra finalitat, nosaltres dissiparem l'aire calent a l'exterior i aprofitarem l'aigua refrigerada de recuperació.

Característiques generals de l'equip:

- Temperatura de treball màxima de 140°C i 8 bar de pressió.
- Bateria d'intercanvi de calor fabricada en alumini-coure.
- Ventilador helicoïdal amb motor trifàsic 230/400V a 1400rpm amb protecció de temperatura.
- Aletes orientables, suports fixes i direcció de descàrrega de l'aire variable.

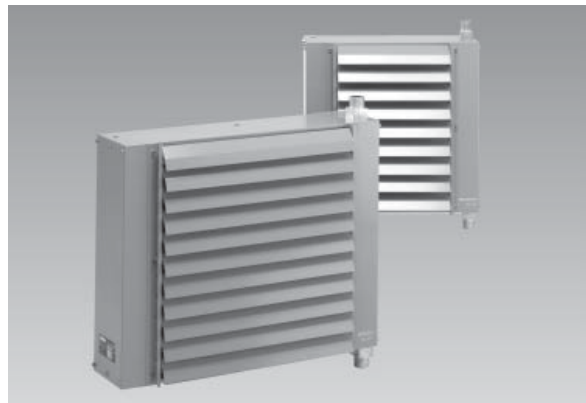


FIGURA 6: Unitermos BAXI

Per detalls geomètrics consultar fitxa tècnica a l'annex B apartat B.5.

### 2.4.2. Càlculs

Hem de tenir en compte que tindrem varies situacions pel que fa a la temperatura de l'aire d'entrada a l'equip, depenent de l'època de l'any la temperatura exterior varia molt.

Definirem dues situacions, estiu i hivern, i a partir d'aquestes dades podem interpolat per a altres situacions meteorològiques o bé podem anar al catàleg tècnic a l'annex B apartat B.5. i calcular-ho a partir de la informació que s'hi proporciona, a més s'adjunta un problema exemple molt ben explicat.

A més hem de tenir en compte que les dades indicades a la fitxa tècnica són per a un salt tèrmic de 10°C i nosaltres el tenim de 23°C, per tant, hem de penalitzar els valors indicats adaptant-los a les nostres circumstàncies.

A continuació s'indiquen les dades que ens fan falta per realitzar els càlculs necessaris:

### Potencia calorífica

Salto térmico  $\Delta t$  entre temperatura entrada y salida de agua en el UNITERMO 10 °C.

### Agua

Modelos	Temperatura aire entrada °C	Temperatura media agua 80°C Kcal/h (1)	Temperatura aire salida °C	Temperatura media agua 90°C Kcal/h	Temperatura aire salida °C
<b>UL-210</b>	-5	13.700	35	15.100	39
	+15	10.400	46	12.050	51
<b>UL-212</b>	-5	19.650	33	21.750	37
	+15	15.000	45	17.200	50
<b>UL-214</b>	-5	28.200	34	31.250	38
	+15	21.500	45	24.800	50
<b>UL-215</b>	-5	40.480	32	44.800	37
	+15	30.900	44	35.550	48
<b>UL-217</b>	-5	61.300	33	67.900	38
	+15	46.800	45	53.900	49

TAULA 2: Unitermos UL-217 Potència calorífica en funció de la temperatura

Temp. media agua - Temp. aire entrada

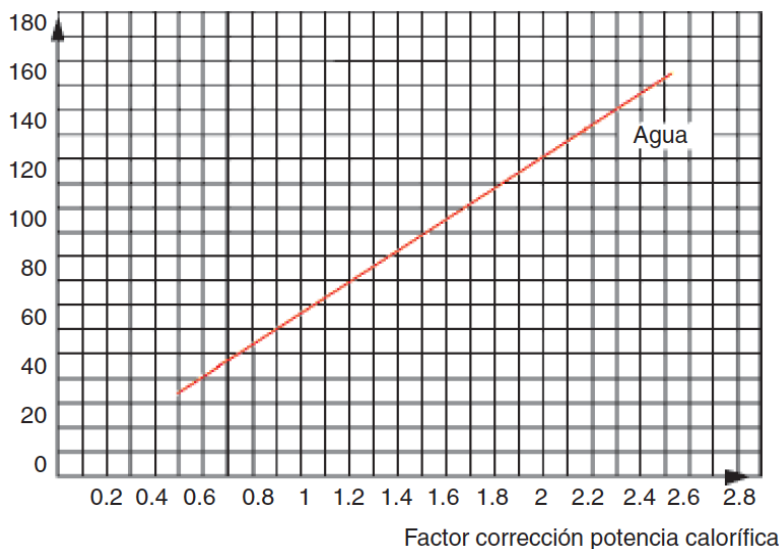


FIGURA 7: Unitermos UL-217 Factor de correcció de la potència calorífica amb l'aire d'entrada a 15°C en funció de les temperatures d'aire i aigua d'entrada.

$\Delta t$ °C	5	10	15	20	30
Factor	1,1	1,0	0,9	0,85	0,75

TAULA 3: Unitermos UL-217 Factor de correcció de la potència calorífica segons el salt tèrmic.

**Situació 1: Hivern**

Dades inicials:

- Temperatura aire d'entrada = 5°C
- Salt tèrmic = 23°C - Factor de correcció segons taula 3 = 0.82, valor obtingut a partir d'una interpolació.

Segons la taula 2:

- Temperatura aire d'entrada = 15°C
- Temperatura aigua d'entrada = 90°C
- Potència calorífica = 53900 kcal/hora = 62,68 kW

**MOTOR:**

- Temperatura aigua d'entrada a l'equip unitermo = 90°C
- Factor de correcció degut a la temperatura de l'aire d'entrada segons gràfic 1 = 1.3

El valor final corregit de la capacitat calorífica de l'aparell queda:

$$53900 \cdot 1.3 \cdot 0.82 = 57457.4 \frac{\text{kcal}}{\text{hora}} \approx 240563 \frac{\text{kJ}}{\text{hora}}$$

**FRE:**

- Temperatura aigua d'entrada a l'equip unitermo = 60°C
- Factor de correcció degut a la temperatura de l'aire d'entrada segons gràfic 1 = 0.8

El valor final corregit de la capacitat calorífica de l'aparell queda:

$$53900 \cdot 0.8 \cdot 0.82 = 35358.4 \frac{\text{kcal}}{\text{hora}} \approx 148039 \frac{\text{kJ}}{\text{hora}}$$

**Situació 2: Estiu**

Dades inicials:

- Temperatura aire d'entrada = 25°C
- Salt tèrmic = 23°C - Factor de correcció segons taula 3 = 0.82, valor obtingut a partir d'una interpolació.

Segons la taula 2:

- Temperatura aire d'entrada = 15°C
- Temperatura aigua d'entrada = 90°C
- Potència calorífica = 53900 kcal/hora = 62,68 kW

**MOTOR:**

- Temperatura aigua d'entrada a l'equip unitermo = 90°C
- Factor de correcció degut a la temperatura de l'aire d'entrada segons gràfic 1 = 1.15

El valor final corregit de la capacitat calorífica de l'aparell queda:

$$53900 \cdot 1.15 \cdot 0.82 = 50827.7 \frac{\text{kcal}}{\text{hora}} \approx 212805 \frac{\text{kJ}}{\text{hora}}$$

**FRE:**

- Temperatura aigua d'entrada a l'equip unitermo = 60°C
- Factor de correcció degut a la temperatura de l'aire d'entrada segons gràfic 1 = 0.65

El valor final corregit de la capacitat calorífica de l'aparell queda:

$$53900 \cdot 0.5 \cdot 0.82 = 22099 \frac{\text{kcal}}{\text{hora}} \approx 92524 \frac{\text{kJ}}{\text{hora}}$$

**Situació 3: Motor a temperatura baixa**

Dades inicials:

- Temperatura aigua d'entrada a l'equip unitermo = 70°C
- Salt tèrmic = 23°C - Factor de correcció segons taula 3 = 0.82, valor obtingut a partir d'una interpolació.

Segons la taula 2:

- Temperatura aire d'entrada = 15°C
- Temperatura aigua d'entrada = 70°C
- Potència calorífica = 53900 kcal/hora = 62,68 kW

**ESTIU:**

- Temperatura aire d'entrada = 25°C
- Factor de correcció degut a la temperatura de l'aire d'entrada segons gràfic 1 = 0.65

El valor final corregit de la capacitat calorífica de l'aparell queda:

$$53900 \cdot 0.5 \cdot 0.82 = 28728.7 \frac{\text{kcal}}{\text{hora}} \approx 120281 \frac{\text{kJ}}{\text{hora}}$$

**HIVERN:**

- Temperatura aire d'entrada = 5°C
- Factor de correcció degut a la temperatura de l'aire d'entrada segons gràfic 1 = 1

El valor final corregit de la capacitat calorífica de l'aparell queda:

$$53900 \cdot 1 \cdot 0.82 = 44198 \frac{\text{kcal}}{\text{hora}} \approx 185048 \frac{\text{kJ}}{\text{hora}}$$

Potència calorífica per a diferents situacions en funció de la temperatura ambiental exterior, valors obtinguts a partir de les taules 2 i 3 i el gràfic 1:

Temperatura aire exterior en °C	Potència calorífica sense corregir en kJ/hora	Potència calorífica unitermo per fre en kJ/hora	Potència calorífica unitermo per motor en kJ/hora	Potència calorífica motor a temperatura baixa kJ/hora
0	225668.52	166543.36	249815.05	194300.6
5	225668.52	148038.55	240562.64	185048.19
10	225668.52	138786.13	222057.81	166543.37
15	225668.52	129533.72	212805.40	157290.96
20	225668.52	111038.74	194300.58	138786.14
25	225668.52	92532.29	185048.18	129533.73
30	225668.52	83271.68	166543.36	111028.91
35	225668.52	64766.86	148038.54	101776.5

TAULA 4: Unitermos UL-217 Potència calorífica per a diferents temperatures exteriors.

Com ja s'havia comentat per al càlcul del cabal de circulació, aquests càlculs són teòrics i suposen que la instal·lació funciona amb un rendiment del 100%, sempre tindrem alguna pèrdua i, per tant, els valors reals seran més baixos. No s'ha pogut fer cap prova per obtenir valors experimentals per estimar el rendiment dels equips ja que justament aquest estudi ha de contribuir al muntatge i la posada en marxa de la instal·lació que encara no existeix.

## 2.5. Tancs Schütz



Tanc de polipropilè amb un volum de 1000 litres. Amb vàlvula integrada i palet de fusta. Apte per a productes fins a una densitat de 1.6.

FIGURA 8: Tanc de polipropilè com els que es tenen a la

## **3. SISTEMA DE REFRIGERACIÓ DELS FRENS DINAMOMÈTRICS ELÈCTRICS**

### **3.1. Descripció**

Els frens per corrents de Foucault dissipen tota l'energia de frenada que apliquen a l'eix del motor en forma de calor. Els frens dinamomètrics estan compostos per una gran quantitat d'elements metàl·lics i és per això que es requereix una bona refrigeració. Els elements de metall han de treballar dins d'un rang de temperatures limitat per garantir el correcte funcionament del dispositiu.

Coneixent el principi de funcionament del fre dinamomètric és de suposar que després d'un curt període de funcionament, evidentment en funció de la càrrega que apliquem, aquest s'haurà de refrigerar per tal d'evitar danys en les seves parts internes i, a més, evitar resultats erronis a l'hora de fer un assaig ja que el rendiment del fre es veu molt afectat per la temperatura.

El procés de refrigeració funciona de la següent manera; El fre està protegit per una carcassa d'acer que envolta el disc giratori i que està dotada d'uns orificis, un d'entrada i un de sortida. A més té dos orificis especials per col·locar-hi sondes de temperatura. En aquests orificis es connecten els conductes per on circula el refrigerant i les sondes de temperatura que ens permeten llegir la temperatura del líquid refrigerant tant a l'entrada com a la sortida del fre. El control de temperatura és de gran importància i s'explicarà més endavant a l'apartat 3.2. de 'Necessitats'. Quan el refrigerant entra a la carcassa circula per unes cavitats estanques que segueix tota la superfície metàl·lica interna. Llavors surt per l'orifici de sortida amb una temperatura força elevada ja que ha absorbit una quantitat de calor. El líquid escalfat s'haurà de refrigerar, normalment amb algun tipus de bescanviador de calor, abans que torni a l'inici del circuit.

### **3.2. Necessitats**

#### **3.2.1. Fre SCHENCK**

Una de les necessitats del fre SCHENCK és la pressió amb que el líquid refrigerant circula per la carcassa. Segons el manual tècnic per a un salt tèrmic de 23°C necessitem una pressió de 12 m.c.a. que correspon a 1.18 bar. Aquest valor és prou baix com per donar per suposat que s'hi arribarà.



La temperatura ideal de funcionament d'un dispositiu d'aquest tipus és al voltant dels 55°C. La temperatura màxima que pot suportar és d'uns 70°C i el fre es desconnecta automàticament en passar aquest valor. Per tant, l'aigua de refrigeració no hauria de sortir del dispositiu a més de 60°C. Els frens d'aquest tipus normalment disposen d'un controlador de pas, per si no circula suficient aigua per la instal·lació, i d'un termorelé per protegir-se davant d'un sobreescalfament. S'ha de tenir en compte que a l'hora de connectar les components de la instal·lació també s'ha de connectar l'equip de protecció del fre amb el motor a assagar perquè aquest també es pari en cas d'emergència. Per l'esmentat anteriorment és tant important el control de les temperatures del líquid de refrigeració, si no es controla correctament podem malmetre l'equip.

A més, hi ha unes necessitats de manteniment i de funcionament a considerar:

- Si el fre està fora de servei durant un període llarg de temps hem de tenir en compte la corrosió, aquest és un dels problemes més comuns a l'hora de treballar amb dispositius refrigerats per aigua.
- Hi haurà variacions de pressió de l'aigua de subministrament.
- L'aigua de subministrament ha de ser neta.

### **3.2.2. Fre APIcom**

Pel que fa al fre APIcom podem dir el mateix que per al SCHENCK excepte per al cabal i les temperatures d'entrada i sortida de l'aigua de refrigeració. El funcionament de la refrigeració d'aquest dispositiu és el mateix però el cabal es calcula a través d'una fórmula que s'indicarà a l'apartat següent de càlculs. La temperatura màxima per a aquest dispositiu també és de 60°C però la protecció tèrmica ja salta quan arribem a aquest valor, en el fre gran encara disposem de 10°C de marge. Segons el manual del fabricant la temperatura d'entrada de l'aigua de refrigeració no hauria de superar els 30°C quan es tracta d'un salt tèrmic de 25°C. En el nostre cas, segons la simulació, tenim un salt tèrmic d'uns 12°C, per tant, aquesta temperatura de l'aigua de refrigeració serà una mica més alta.

Per a detalls tècnics de pressió i altres dades consultar el manual a l'annex B apartat B.1..

### 3.3. Càlculs

La potència de refrigeració a evacuar és igual a la potència mecànica de frenada del motor, aquesta potència màxima en el cas del fre SCHENCK W130 és de 110kW o 150CV.

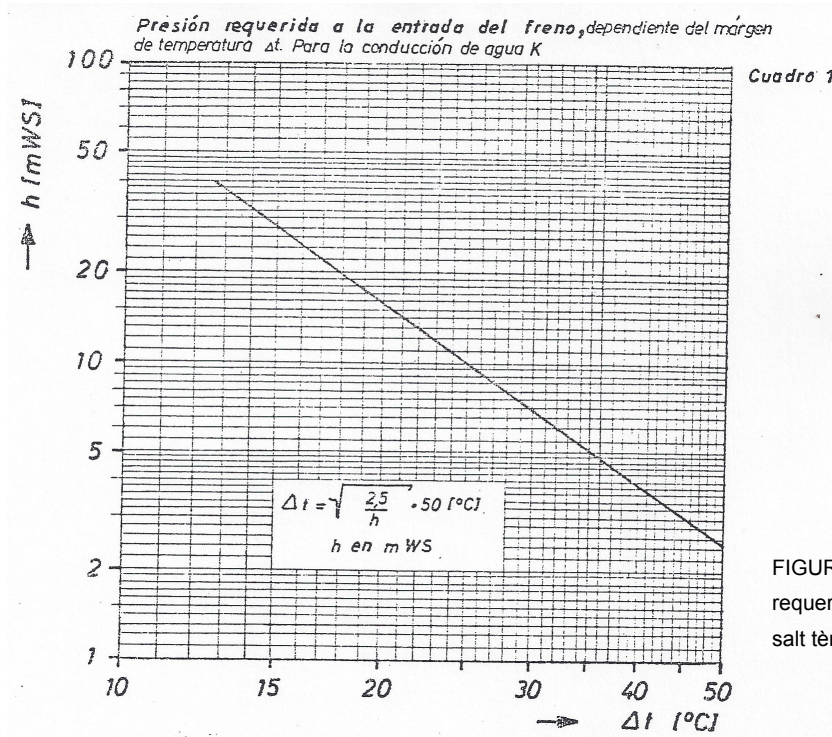
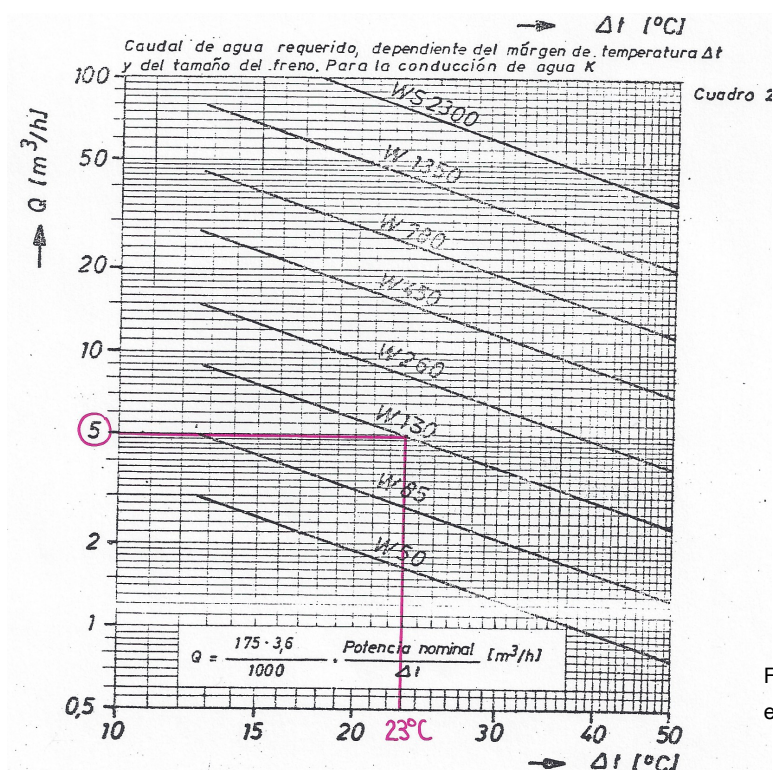


FIGURA 9: Pressió del líquid refrigerant requerida a la carcassa del fre en funció del salt tèrmic - Manual.

Farem els càlculs per al cas més desfavorable a partir de la potència a plena càrrega de 110kW que correspon a 94646.27 kcal/hora a evacuar per la refrigeració.



Segons el gràfic 3 adjunt extret del manual del fre SCHENCK, per a un salt tèrmic de 23°C es requereix un cabal d'aigua de 5 m3/hora. Triarem aquest valor per a la simulació de la instal·lació però més en davant veurem que per a la calor a evacuar no és suficient, degut a l'escalfament del tanc, i que haurem d'utilitzar equips auxiliars de refrigeració.

FIGURA 10: Cabal de refrigerant requerit al fre en funció del salt tèrmic - Manual.

Pel que fa al fre APIcom disposem d'una fórmula extreta del manual del fabricant que ens indica el cabal de l'aigua de refrigeració necessari en funció de la càrrega i el salt tèrmic:

$$Q = \frac{0.86 \cdot kW}{\Delta T}$$

Aplicant aquesta fórmula obtenim un cabal de 360 litres/hora. A la simulació hem aplicat un cabal de 400 litres/hora per assegurar la refrigeració.

## 4. SISTEMA DE REFRIGERACIÓ CONVENCIONAL DELS MOTORS TÈRMICS

L'aplicació general dels motors tèrmics es troba en el sector automobilístic, per aquest motiu analitzarem els sistemes de refrigeració dels motors d'automòbil.

### 4.1. Finalitat de la refrigeració

L'objectiu de la refrigeració és mantenir el motor dins un rang de temperatures òptim a qualsevol velocitat i en qualsevol condició de funcionament. En la combustió de la mescla es poden donar temperatures fins als 3300°C i gran part d'aquesta calor és absorbida per les parets del cilindre, la culata i els pistons. Per aquests tres elements és essencial la refrigeració per proporcionar una correcta lubricació, és a dir, si el material s'escalfa fins a uns límits es pot trencar la pel·lícula d'oli i aquest perd les seves propietats lubricants. Altrament, també s'ha de tenir en compte que una refrigeració excessiva pot disminuir el rendiment tèrmic del motor.

Actualment els sistemes de refrigeració estan dissenyats per absorbir entre un 30% i un 35% de la calor generada per la combustió. A més, cal considerar que a l'arrancada el motor està fred i el seu rendiment és baix, fenomen esmentat anteriorment, per tant, s'ha de preveure que durant l'escalfament no s'acciioni el sistema de refrigeració. La refrigeració ha de començar a actuar just després del període d'escalfament, és a dir, quan el motor hagi arribat a la seva temperatura de règim, així treballa a baix rendiment durant el mínim temps possible.

### 4.2. Refrigeració convencional

Hi ha dos sistemes generals de refrigeració; per aire i per líquid (normalment aigua amb algun additiu). La major part de motors d'automòbil utilitzen aquest segon mètode encara que els motors d'avió i de motocicleta estan refrigerats solament per aire.4.2.1. Refrigeració per aire

Els motors refrigerats directament per aire estan dotats d'unes aletes metàl·liques a les parets exteriors dels cilindres per tal d'augmentar la superfície de contacte amb l'aire i la transmissió de calor a l'exterior.



FIGURA 11: Motor de motocicleta refrigerat per aire - <http://www.portal2rodas.com>

### 4.2.1. Refrigeració per aire

Els motors refrigerats directament per aire estan dotats d'unes aletes metàl·liques a les parets exteriors dels cilindres per tal d'augmentar la superfície de contacte amb l'aire i la transmissió de calor a l'exterior.

### 4.2.2. Refrigeració per líquid

En els motors refrigerats per aigua generalment s'utilitza una bomba perquè aquest circuli per la instal·lació. La bomba s'acciona corretja accionada pel cigonyal i provoca el pas del líquid a través del radiador i les camises d'aigua del motor. Per evitar la congelació de l'aigua durant l'hivern s'afegeixen certs productes anticongelants.

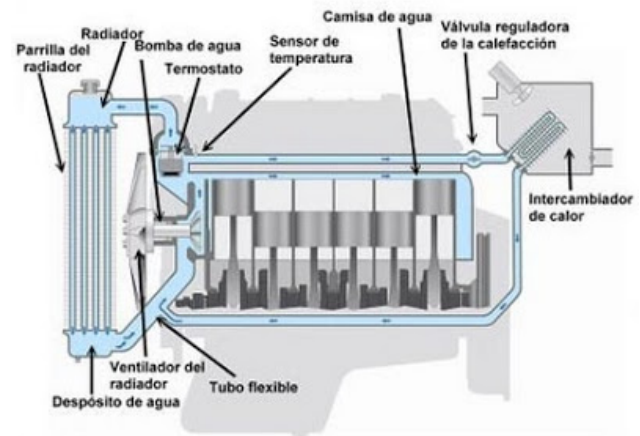
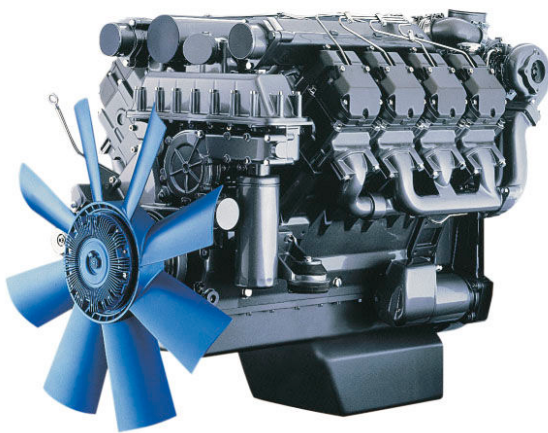


FIGURA 12: Motor d'automòbil refrigerat per aire i identificació de les components del sistema de refrigeració - <http://elfuturo2014.blogspot.com.br/2014/05/aguacoche.html>

Els sistemes de refrigeració dels automòbils generalment estan constituïts pels següents components:

- **CAMISES D'AIGUA:** Aquestes es troben al voltant dels cilindres del motor per tal de mantenir-los a una temperatura relativament baixa. A més, s'afegeixen uns conductes de distribució de l'aigua per proporcionar una refrigeració addicional que condueix el fluid a les zones més crítiques.
- **BOMBA D'AIGUA:** La bomba d'aigua sol ser impulsora i està situada a la part frontal del bloc de cilindres, entre aquest i el radiador. Aquest element s'acciona amb una corretja que és accionada per una politja muntada a la part frontal del cigonyal.

- **VENTILADOR:** Generalment el ventilador està muntat en el mateix eix que la bomba d'aigua. La seva funció és dirigir una forta corrent d'aire cap al radiador.
- **RADIADOR:** Té com a missió contenir una gran quantitat d'aigua per posar-la en contacte amb una gran quantitat d'aire. D'aquesta manera es transmet una part considerable de la calor de l'aigua de refrigeració a l'aire que travessa el radiador.
- **TERMÒSTAT:** El termòstat té la funció de tancar el pas a l'aigua de refrigeració, a través d'una vàlvula, quan el motor està fred. Això bàsicament és necessari durant el període d'escalfament, el que ja s'havia esmentat anteriorment.

### 4.3. Necessitats

En el cas d'un banc d'assaig de motors no es podrà utilitzar la instal·lació convencional original dels motors tèrmics ja que el ventilador tot sol no pot satisfer les necessitats de refrigeració de l'aigua. Cal tenir en compte que el moviment del vehicle genera un flux d'aire important que influeix molt a la refrigeració, i s'ha tingut en compte a l'hora de dissenyar la instal·lació original i no es pot reproduir d'aquesta manera a la sala de proves del laboratori.

El sistema de refrigeració ha de satisfer les necessitats del motor que s'està provant i aquestes poden variar de manera considerable. Fins i tot ens podríem trobar amb motors petits, com de motocicleta, que originalment s'hagin refrigerat per aire. Per aquesta raó hem de separar els dos circuits de refrigeració corresponents a motors i frens.

Pel cas dels motors petits, refrigerats per aire, es podria optar per posar un ventilador a la sala, amb una mena de túnel, per dirigir el flux de l'aire directament cap al motor. D'aquesta manera es podria reproduir el disseny original.

La temperatura idònia de funcionament d'un motor tèrmic es troba entre els 70°C i els 80 °C, per tant, l'aigua de refrigeració hauria de ser suficientment freda perquè el motor no sobrepassi aquests valors. Més en davant s'analitzarà en detall amb les simulacions.

Com hem vist anteriorment, hem de tenir en compte que durant el període d'escalfament no s'ha d'accionar la refrigeració, o bé, fem passar directament l'aigua que surt del motor cap a l'entrada d'aquest per facilitar l'escalfament.

## 4.4. Càlculs

Primerament hem de definir unes hipòtesis i unes suposicions per tal de poder realitzar els càlculs necessaris. Hem de tenir en compte les capacitats de la instal·lació i les característiques dels equips que volem connectar. Pel que fa a la distribució energètica en el motor ens basarem en la teoria explicada a l'annex A a l'apartat A.1.3. (Transferència de calor al refrigerant i comportament tèrmic general).

Segona els criteris esmentats podem dir:

- 1) El 30% de l'energia total de combustió, considerant que aquesta representa un 100%, és absorbida pel refrigerant en forma de calor.
- 2) La potència efectiva en l'eix del motor representa un 25% d'aquest 100% d'energia de combustió.
- 3) En acoblar el motor amb el fre hi ha un rendiment mecànic aproximat d'un 75%, per tant la potència en l'eix del motor pot superar lleugerament la capacitat màxima de frenada del dispositiu dinamomètric.
- 4) La càrrega màxima a la que pot operar el fre és de 130kW nets, aquest té un rendiment d'un 85%, segons el fabricant, així que la potència màxima a l'eix del motor que es prova no hauria de superar els 110kW que corresponen a 150CV. Per als càlculs partirem de la potència màxima ja que és el cas més desfavorable.
- 5) Atenent a les hipòtesis 1 i 2, en un motor de 150CV o 110kW s'han de transmetre uns 130kW en forma de calor al refrigerant:

$$130kW = 180CV = 112000 \frac{kcal}{hora}$$

- 6) Per a un bon funcionament dels motors de combustió aquests han d'estar operant dins un rang de temperatures de 75°C a 95°C, agafarem un valor mig de temperatura de 85°C per a la capacitat calorífica de l'aigua:

$$4.2 \frac{kJ}{Kg \cdot K} = 1.004 \frac{kcal}{Kg \cdot K}$$



Generalment, l'aigua de refrigeració entra a 70°C al motor i surt a 80°C, tenint així un salt tèrmic de 10°C. Durant la simulació s'ha obtingut que el salt tèrmic, segons els resultats del programa, és d'aproximadament 23°C, l'aigua entra al motor a 70°C i surt a 93°C:

$$\Delta T = 23^{\circ}\text{C}$$

D'aquesta manera ens surt un cabal de refrigerant que hauria de circular per la instal·lació de:

$$112000 \frac{\text{kcal}}{\text{hora}} \cdot \frac{\text{K} \cdot \text{kg}}{1.004 \text{ kcal}} \cdot \frac{1}{23 \text{ K}} = 4850 \frac{\text{kg}}{\text{hora}} \approx 5 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} = 5000 \frac{\text{litres}}{\text{hora}}$$

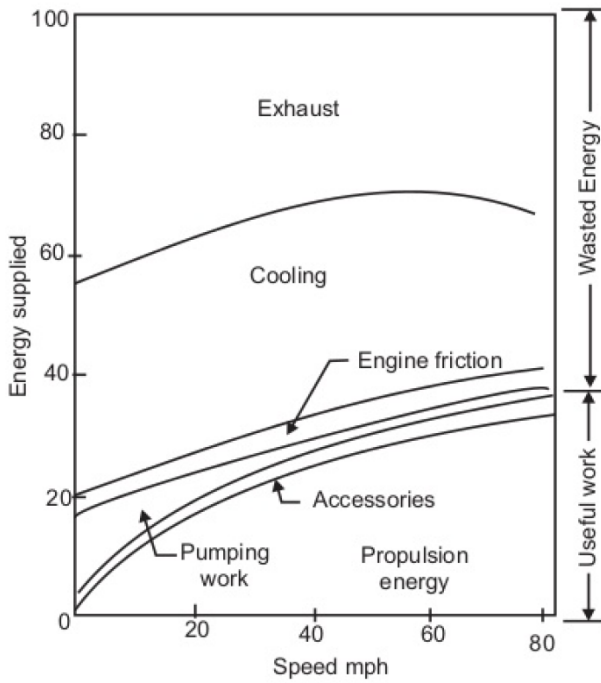
Ara bé aquest valor és teòric, hipotètic i ideal. Aquest càlcul no té en compte que disposem d'una quantitat limitada d'aigua de refrigeració que es va escalfant a poc a poc ni que la instal·lació no és perfecta i que té una eficiència. A més, hem de tenir en compte que és un valor calculat a partir d'una situació puntual, realment és un cas transitori ja que el motor va dissipant calor constantment durant un període de temps considerable. També s'han de tenir en compte les condicions ambientals de la sala.

Obstant això, un cabal de 5000 litres/hora és adequat per a la instal·lació, tant pel que fa a les bombes com per als frens i els motors. Triarem aquest valor per a la simulació i treballarem amb equips auxiliars per tal de millorar la refrigeració.

#### **4.5. Règims transitoris: engegada, escalfament i funcionament nominal del motor**

Aquest projecte estudia els casos més desfavorables de refrigeració que ens podem trobar a l'hora de treballar amb el banc de proves. Evidentment, no sempre serà aquest cas. Si el motor no treballa a plena càrrega, sinó a càrrega parcial, les condicions de transmissió de calor i de refrigeració varien. Sobretot si variem el règim de gir del motor mentre aquest està funcionant no tindrem una situació única sinó que les necessitats de refrigeració variaran al llarg del temps.

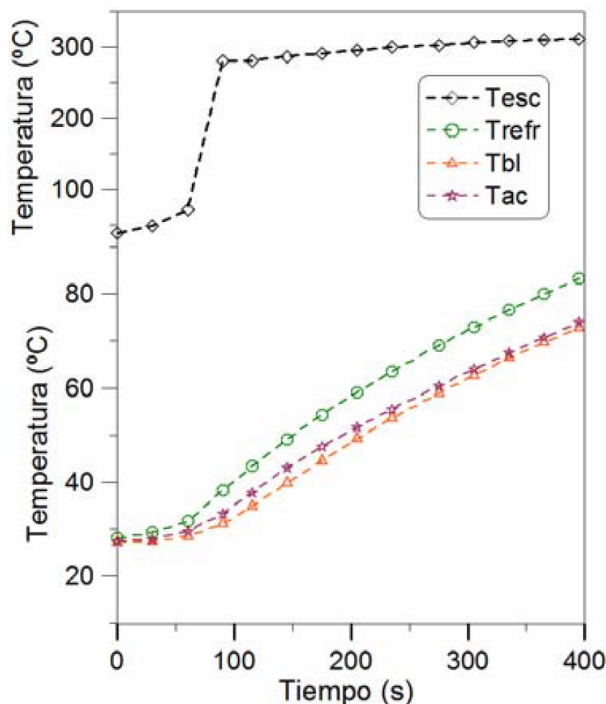




Al gràfic 4 observem la corba de l'energia que ha de ser absorbida pel refrigerant respecte a la velocitat de l'automòbil, per tant, respecte al règim de gir del motor. En aquest cas el motor ja està funcionant durant un temps i s'ha escalfat fins a la temperatura de règim.

FIGURA 13: Distribució energètica al motor segons la velocitat de l'automòbil - Article: Applied Thermal Engineering

Un altre aspecte a tenir en compte és l'arrancada del motor i el període d'escalfament. Aquests primers instants de funcionament de la instal·lació són molt importants i s'ha de preveure a l'hora de dissenyar el circuit de refrigeració. El programa TRNSYS pot simular aquesta situació però no és de gaire interès ja que, igual que en la refrigeració convencional dels motors tèrmics, la refrigeració no ha d'intervenir durant l'escalfament del motor. Sí que és de gran interès controlar la posada en marxa de la refrigeració quan el motor ja ha arribat a la seva temperatura de treball. A més, es pot optar per dissenyar un retorn de l'aigua que passa pel motor per tal d'aconseguir que aquest s'escalfi de manera més ràpida.



Al gràfic 5 observem els primers 400 segons de funcionament d'un motor tèrmic d'un vehicle en el seu punt de funcionament corresponent a la conducció en ciutat, 1500rpm i 50Nm. La línia verda correspon a la temperatura del refrigerant, lila representa la temperatura de l'oli, taronja és la temperatura exterior del bloc motor i la línia negra representa la temperatura dels gasos d'escapament.

FIGURA 14: Temperatures al motor durant l'escalfament - Tesis Doctoral CARLOS ALBERTO ROMERO PIEDRAHITA, València, 2009.

## 5. PROPOSTES INICIALS DE CIRCUITS DE REFRIGERACIÓ

### 5.1. Frens

La proposta inicial va ser molt senzilla per tal d'ajustar al màxim el marge econòmic. Es tracta d'un circuit de conductes per als quals es fa circular aigua, provinent d'un tanc, a través d'una bomba que proporciona un cert cabal. El tanc té una capacitat de 1000 litres i la universitat ja disposa de dos d'aquests.

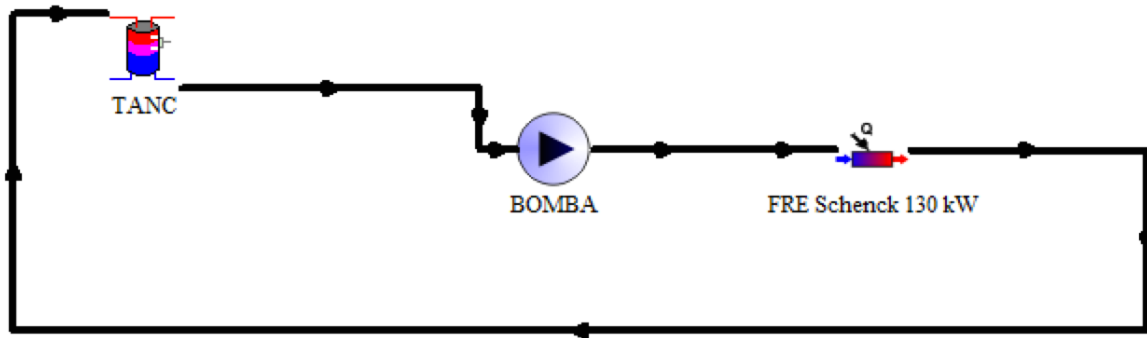


FIGURA 15: Circuit inicial proposat per a la refrigeració del fre dinamomètric SCHENCK - Trnsys

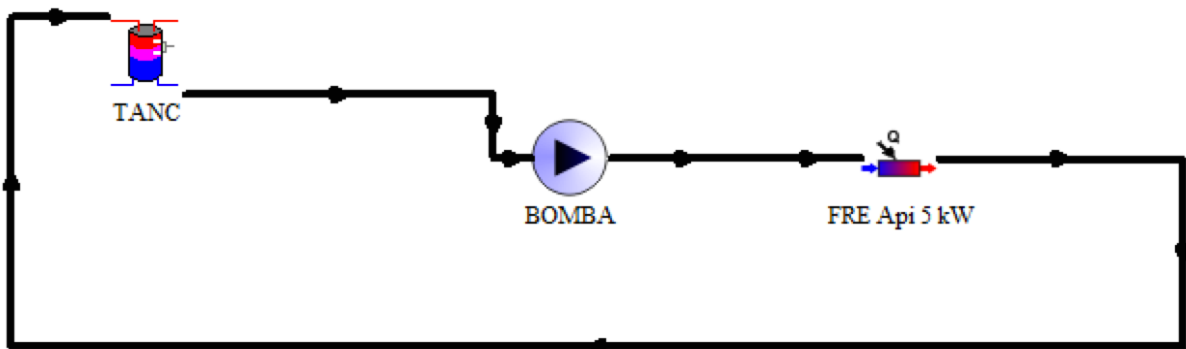


FIGURA 16: Circuit inicial proposat per a la refrigeració del fre dinamomètric API - Trnsys

## 5.2. Motors

Per als motors s'havia previst el mateix tipus de circuit amb conductes, tanc i bomba però incorporant un bescanviador de calor per tal de separar el líquid que passa pel motor del que passa pel tanc. D'aquesta manera s'eviten problemes de contaminació de l'aigua de refrigeració ja que al motor també es troben altres fluids i partícules. Per a aquest circuit s'havia previst la utilització de la bomba GRUNDFOS ja que aquesta pot arribar a proporcionar un cabal màxim de 10000 litres/hora.

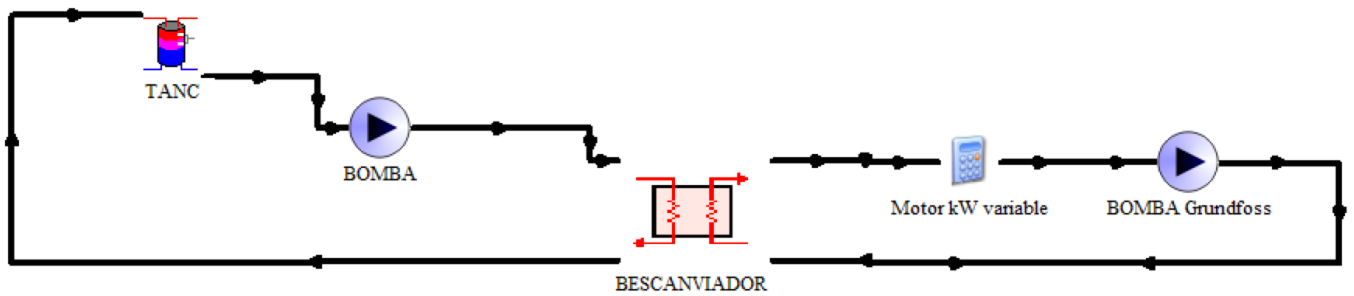


FIGURA 17: Circuit inicial proposat per a la refrigeració dels motors a provar - Trnsys

## 6. DESCRIPCIÓ TRNSYS

# TRNSYS 16 Documentation

Search entire collection

### 01. Getting Started

This manual explains what TRNSYS is and what programs make the TRNSYS suite. You will learn how to install TRNSYS, run examples and create simple projects.

### 02. Using the Simulation Studio

This manual describes the TRNSYS Simulation Studio in detail. This visual interface is used to create and simulate projects. It can also help you create new components.

### 03. Standard Component Library Overview

This manual gives an overview of the available components in the standard TRNSYS library.

### 04. Component Inputs – Outputs – Parameters

This manual gives a detailed list of inputs, parameters and outputs for all components in the Standard Library.

### 05. Component mathematical reference

This manual gives the mathematical description of all components available in the Standard TRNSYS library

### 06. Multizone Building (Type56 – TRNBuild)

The TRNSYS multizone building (Type 56) and its visual interface (TRNBuild) are described in detail in this manual.

### 07. TRNEdit : Editing the Input File and Creating TRNSED Applications

This manual explains how to use TRNEdit to edit TRNSYS input files, create redistributable applications (known as TRNSED apps.) and run parametric studies. This manual includes a description of the input file syntax

### 08. Programmer's Guide

This user guide describes how the kernel and the components interact. It provides detailed instructions to create components and to easily update TRNSYS 15 components.

### 09. Weather Data

This manual describes the weather data distributed with TRNSYS 16. More than 1000 files in more than 150 countries are available.

### TRNSYS Add-ons

#### A1. TRNFlow

TRNFlow is a modified version of the multizone building model, Type 56, which integrates the COMIS engine for airflow simulation.

#### A2. TESS Libraries

The TESS Libraries V 2.0 offer numerous additional components for HVAC systems, solar thermal systems, ground-coupled buildings, and more...

#### A3. SimCad

SimCad for TRNSYS is an Object Oriented CAD tool designed specifically for generating building description data for thermal simulation.



FIGURA 18: Resum manuals del programa - Trnsys

El programa TRNSYS disposa d'un entorn complet i extensible de simulació per a la representació transitòria de sistemes, incloent edificis amb varies zones. És utilitzat pels enginyers i investigadors de tot el món. S'utilitza per validar nous conceptes d'energia, a partir dels sistemes d'aigua calenta sanitària en el disseny i la simulació d'edificis i el seu equipament, incloses les estratègies de control, el comportament dels ocupants, sistemes alternatius d'energia (eòlica, solar, fotovoltaica, sistemes d'hidrogen), etc.

Un dels factors clau en l'èxit del programa TRNSYS és la seva estructura modular oberta. El codi font del nucli, així com els models de components es lliura als usuaris finals, això simplifica l'ampliació dels models existents per fer-los encaixar amb les necessitats específiques de cada usuari.

L'arquitectura basada en DLL permet als usuaris i desenvolupadors tercers afegir fàcilment models personalitzats de components, utilitzant tots els llenguatges de programació comuna (C,C++,Pascal,Fortran,etc.). A més, TRNSYS es pot connectar fàcilment amb moltes altres aplicacions, per pre- o post-processament o a través de trucades interactives durant la simulació (per exemple,Microsoft Excel, Matlab,COMIS,etc.).

Les aplicacions del TRNSYS inclouen:

- Sistemes solars (solar tèrmica i fotovoltaica).
- Edificis de baix consum energètic i sistemes de climatització amb característiques de disseny avançat (ventilació natural, llosa de calefacció/refrigeració, doble façana, etc.).
- Sistemes d'energia renovable.
- Cogeneració i piles de combustible.
- Qualsevol representació que requereixi simulació dinàmica.

## **TRNSYS Simulation Studio**

La principal interfície visual és la simulació TRNSYS Studio ( abans conegut com IISiBat ). Des d'aquí es poden crear projectes amb components arrossegant i deixant anar aquests a l'espai de treball, llavors es crea una connexió entre aquests components i els seus paràmetres globals de simulació.

L'estudi de la simulació que crea el programa guarda la informació del projecte en un arxiu: Trnsys Project (\* .tpf ). Quan s'executa una simulació, l'estudi també crea un arxiu d'entrada TRNSYS (arxiu de text que conté tota la informació en la simulació però no hi ha informació gràfica).

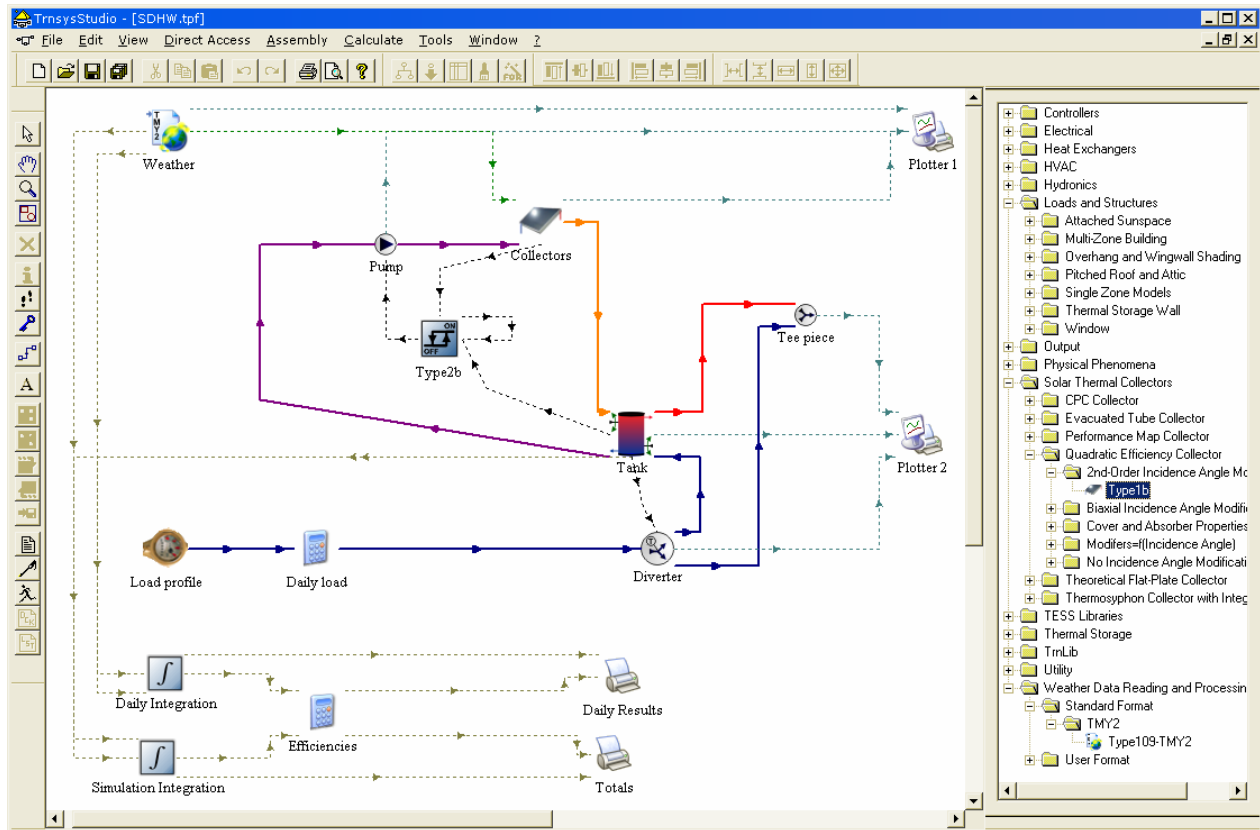


FIGURA 19: Exemple de la interfície del programa amb components i les seves connexions. - Trnsys

L'estudi de simulació també inclou un gestor de sortida on es controla quines de les variables s'integren, s'imprimeixen a la pantalla i/o es tracen en un gràfic. A més es disposa d'un gestor de registres i errors que permet estudiar en detall el que va succeir durant una simulació .

També es poden realitzar moltes tasques addicionals a l'estudi de simulació: Generar projectes utilitzant l'Assistent per a nous projectes el qual genera un esquelet per a nous components utilitzant l'Auxiliar per Fortran, es poden veure i editar les components de proforma (una proforma és la descripció d'entrada/sortida/paràmetres d'un component), veure els arxius de sortida, etc.

## Configuració de components

Es pot comprovar la configuració d'un component fent doble clic en la seva icona. Això obrirà una finestra amb diverses pestanyes. En obrir la finestra a la pestanya principal es mostra una llista de paràmetres i el seu valor.

Es poden explorar les diferents pestanyes per veure entrades, productes i derivats del component.

Els valors i les unitats que apareixen a la fitxa d'entrada donen els valors inicials per a les entrades corresponents. Aquests valors seran sobreescrits durant la simulació si estan connectats a altres components ja que les sortides d'aquests aquests prevaldran.

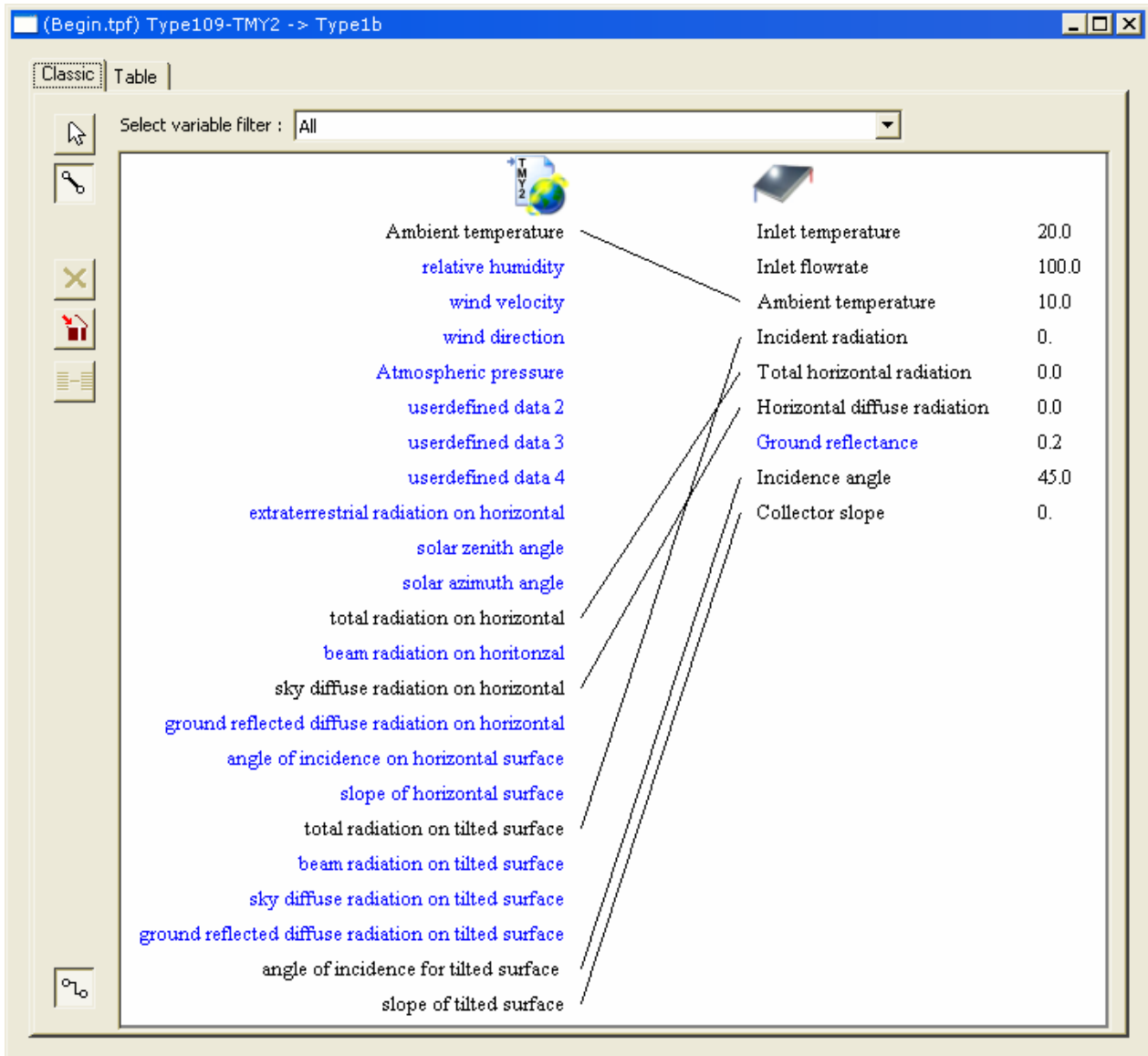
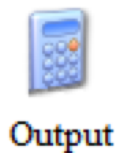


FIGURA 20: Exemple de la interfície del programa de les pestanyes de connexions entre components. - Trnsys

## 7. SIMULACIONS

### 7.1. Resultats

A l'hora de fer la primera simulació s'ha vist que amb l'element triat per representar la font de calor, corresponent al fre o al motor, no s'obtenia l'evolució esperada. Aquest element no permetia observar el comportament transitori de l'escalfament. Degut a aquest problema s'ha optat per representar la calor alliberada per la font de calor amb una fórmula representada en el programa amb el símbol següent:



Aquí s'introdueix la fórmula i es crea una incògnita de sortida que en aquest cas correspon a la temperatura de l'aigua de refrigeració a la sortida del motor:

The screenshot shows a software interface with two main panels and a formula input area. The left panel, titled '=', contains a list of variables: Q, m, C, and Tin, with a red box around the list and the label '- variables'. The right panel, titled 'Intermediates & Outputs', contains the variable ToutMOTOR, with a red box around it and the label '- incògnita'. The bottom panel contains the formula: ToutMOTOR = Q / (m \* C + 0.001) + Tin, with a red box around the formula and the label '- fórmula'.

ToutMOTOR = Temperatura de sortida de l'aigua al motor (font de calor).

Q = Potència alliberada en forma de calor.

m = cabal màssic d'aigua.

C = calor específica de l'aigua.

Tin = temperatura d'entrada de l'aigua al motor (font de calor)

\*S'ha hagut d'afegir un valor molt petit (0.001) en el denominador ja que en l'instant inicial de la simulació el cabal màssic és nul i la temperatura dona un valor massa gran.



\*Quan s'aplica aquest element que representa una fórmula s'ha d'utilitzar un divisor i un mesclador per connectar-ho al circuit (observar figura X a sota), no es pot incorporar en serie al circuit. S'ha aplicat la mateixa metodologia per representar els frens.

**Donat el propòsit d'utilitzar el banc de proves per a pràctiques per a alumnes s'ha triat el temps de simulació de tres hores ja que les sessions pràctiques duren com a màxim dues hores.**

### 7.1.1. Fre SCHENCK

Per a la simulació del fre SCHENCK s'ha triat el cabal màxim que poden suportar els conductes interiors d'aquest. Aquest cabal, segons el manual del dispositiu, és de 9000 litres/hora.

A continuació es mostren els resultats en forma de gràfiques per a les diferents situacions (estiu i hivern) per al circuit de la figura 17 per a les diferents càrregues que s'han triat per introduir a la simulació:

- Càrrega baixa: 50 kW
- Càrrega mitja: 80 kW
- Càrrega màxima: 110 kW

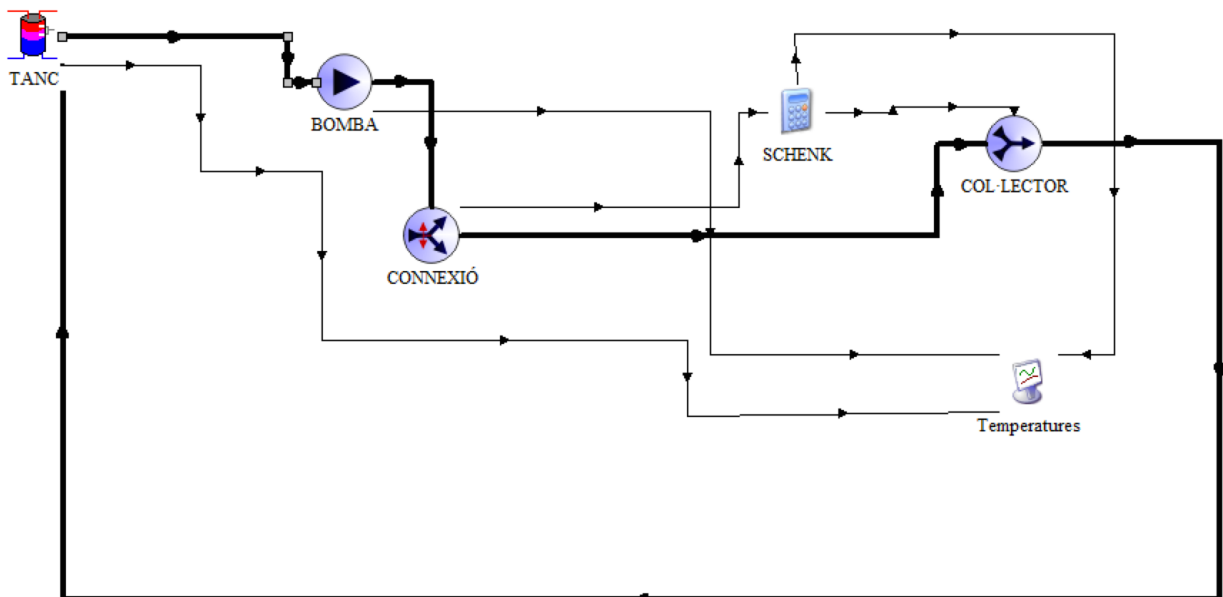
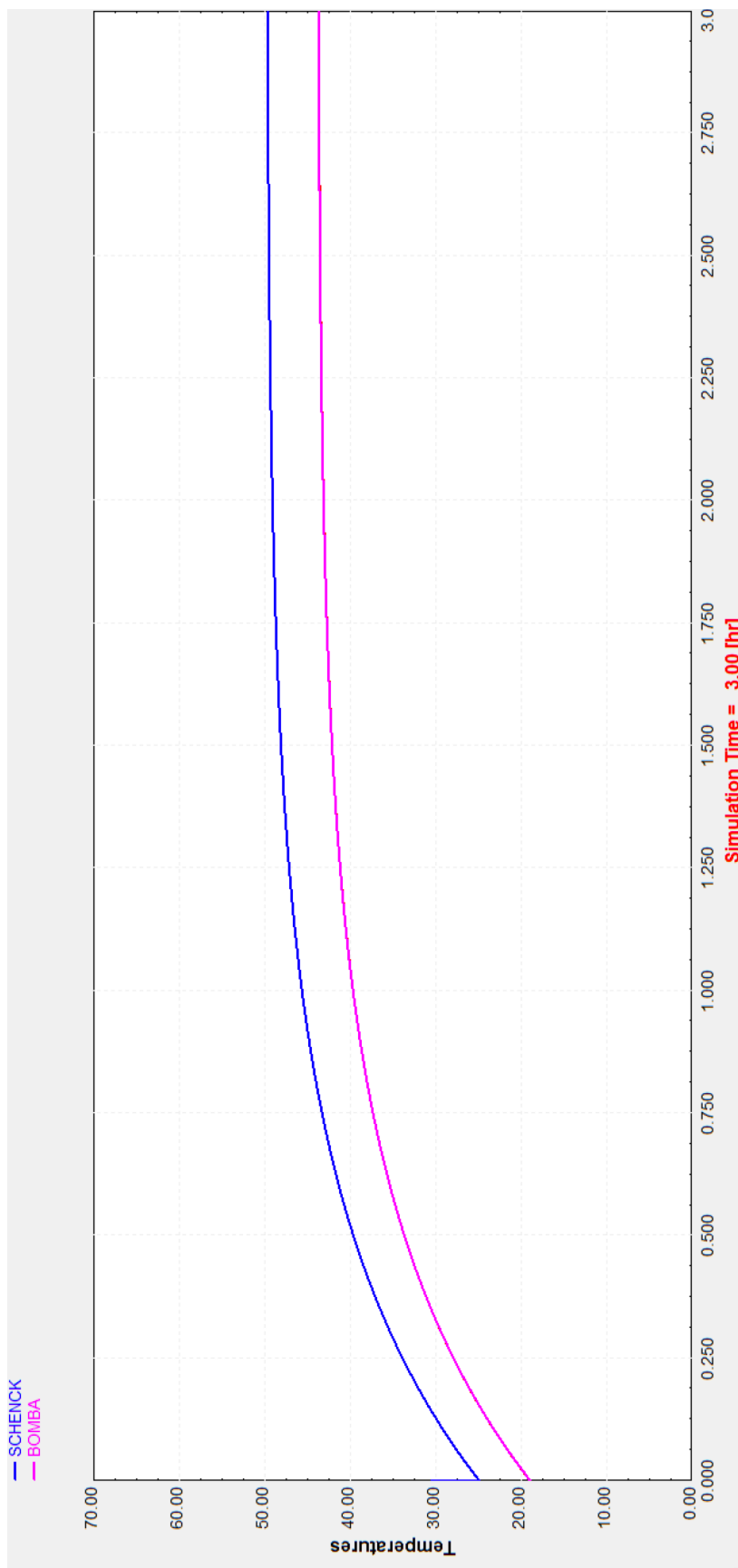
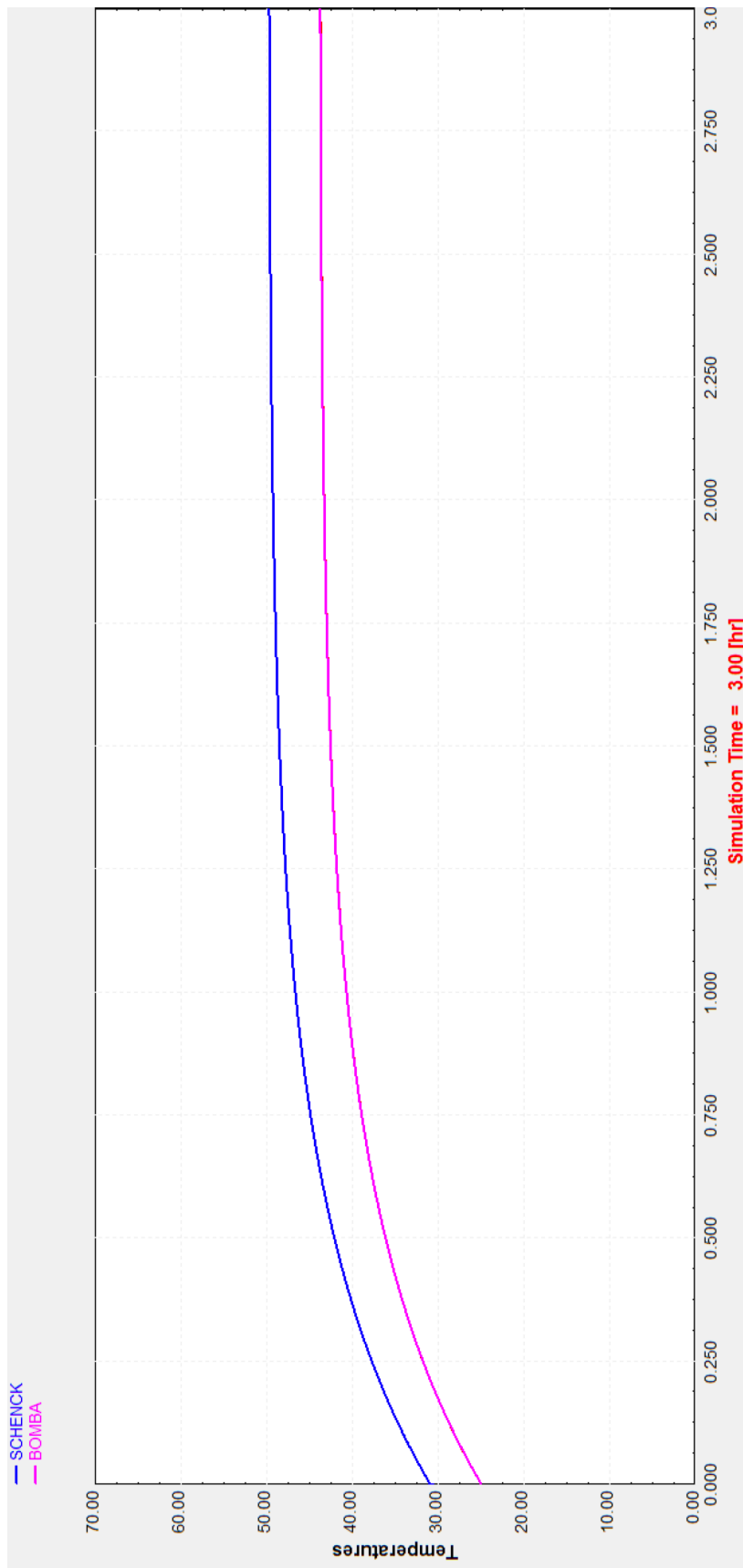


FIGURA 21: Circuit de simulació de la refrigeració per al fre dinàmic SCHENCK - Trnsys

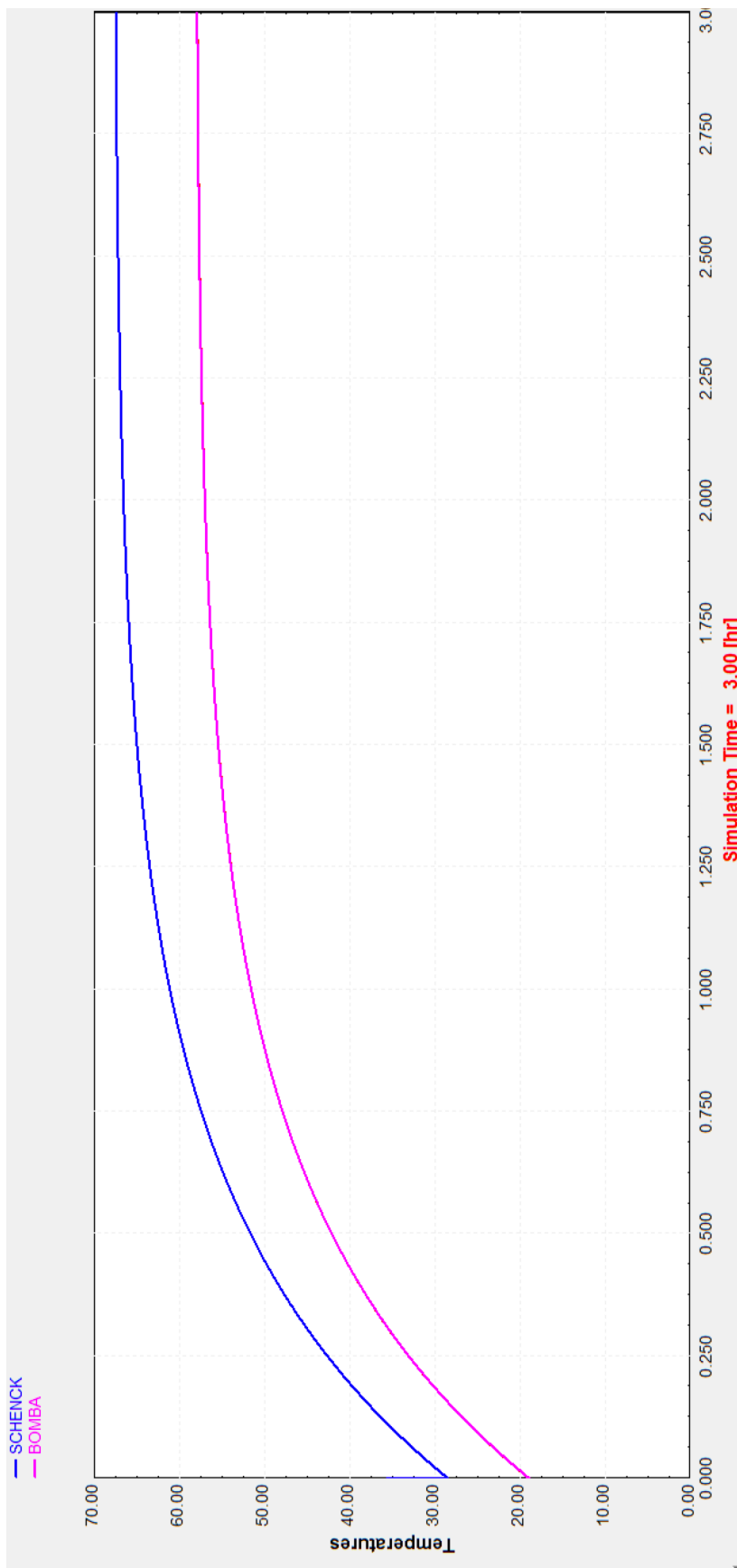
**CÀRREGA: 50kW, SITUACIÓ: Hivern-temperatura ambient 19°C**



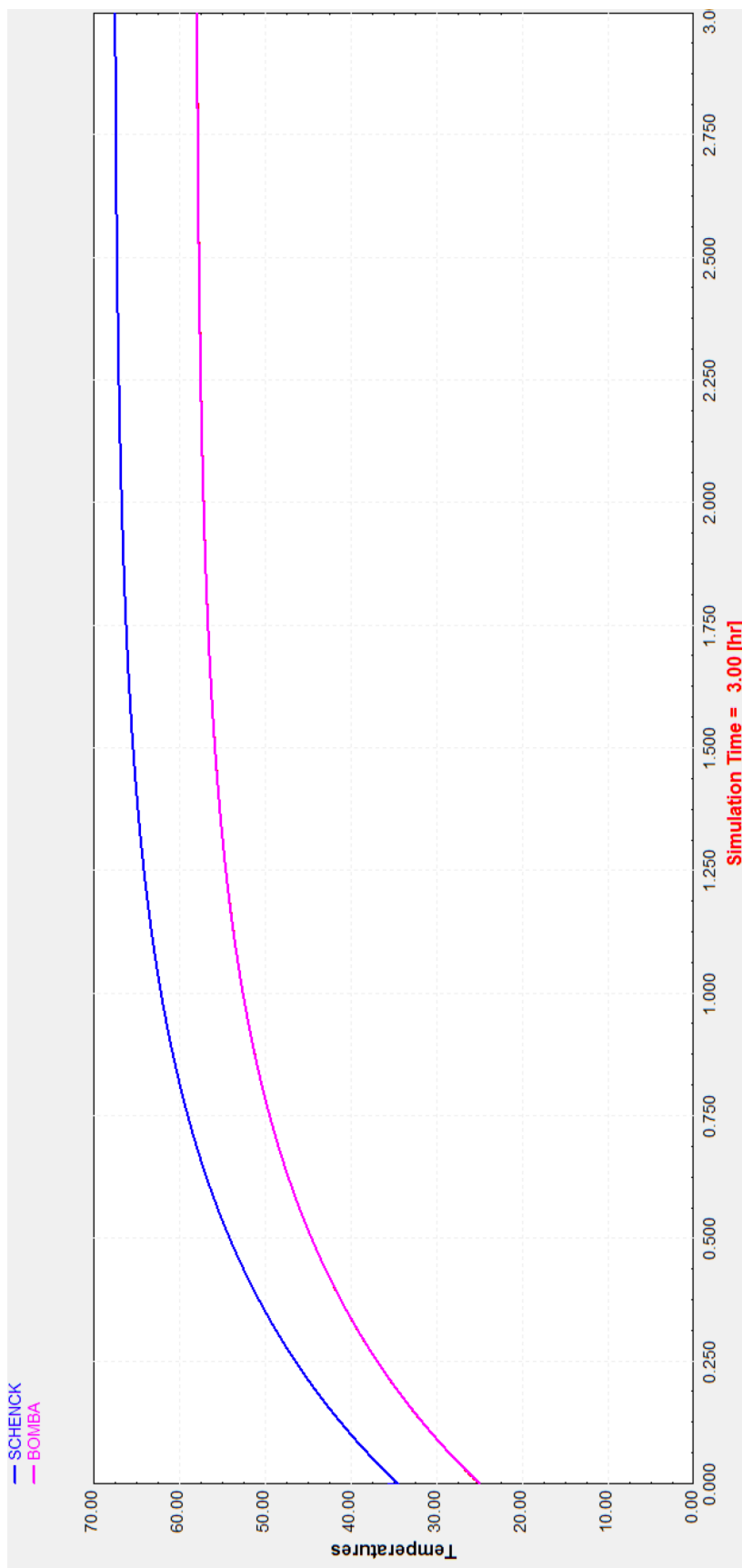
**CÀRREGA: 50kW, SITUACIÓ: Estiu-temperatura ambient 25°C**



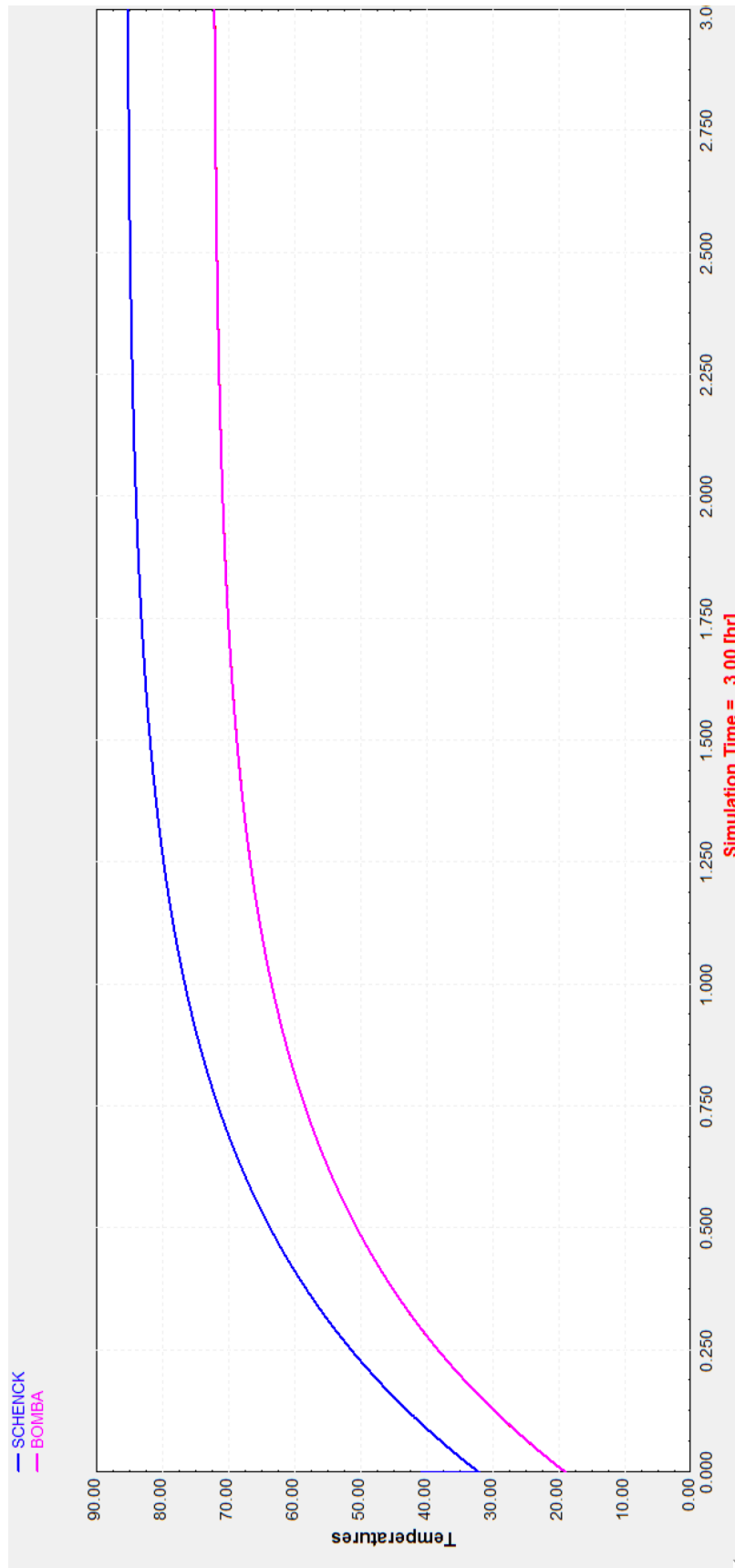
**CÀRREGA: 80kW, SITUACIÓ: Hivern-temperatura ambient 19°C**



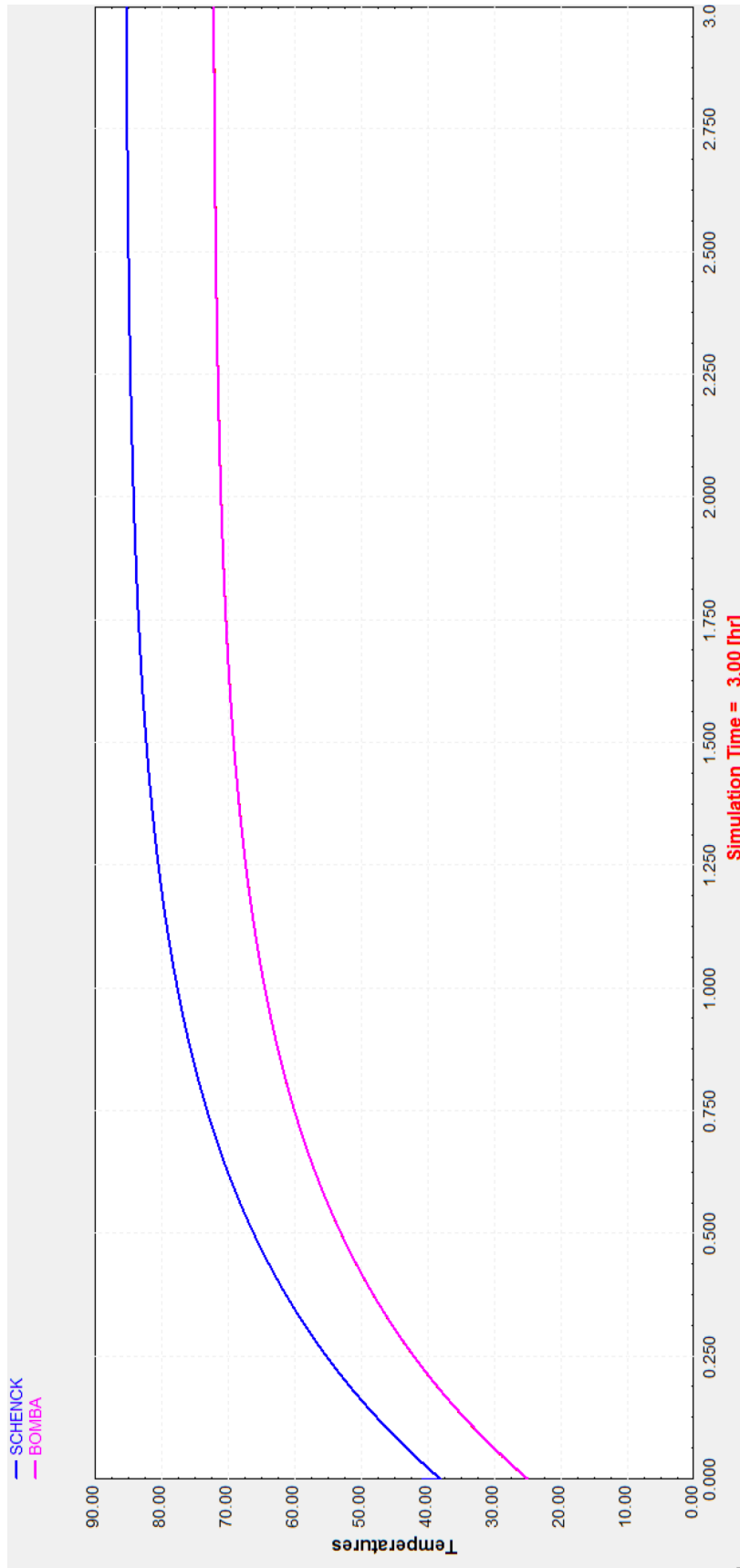
**CÀRREGA: 80kW, SITUACIÓ: Estiu-temperatura ambient 25°C**



**CÀRREGA: 110kW, SITUACIÓ: Hivern-temperatura ambient 19°C**



**CÀRREGA: 110kW, SITUACIÓ: Estiu-temperatura ambient 25°C**



### 7.1.2. Fre API

Per a la simulació del fre API s'ha triat un cabal adequat per tal de refrigerar suficientment el dispositiu sense que aquest treballi a una temperatura massa baixa. Aquest cabal és baix i és de 400 litres/hora, calculat segons el manual a l'apartat de càlculs del fre.

A continuació es mostren els resultats en forma de gràfiques per a la simulació a càrrega màxima de 5 kW del circuit que es mostra a continuació (figura 18). Per a aquest fre no és d'interès simular càrregues més baixes ja que no és un dispositiu que requereixi una refrigeració important.

Per als motors que es proven amb aquest fre dinamomètric es pot utilitzar el mateix circuit de refrigeració augmentant el cabal lleugerament. No s'han realitzat simulacions ja que és un cas molt simple i un motor de potència 5 kW no allibera gaire més calor que el fre.

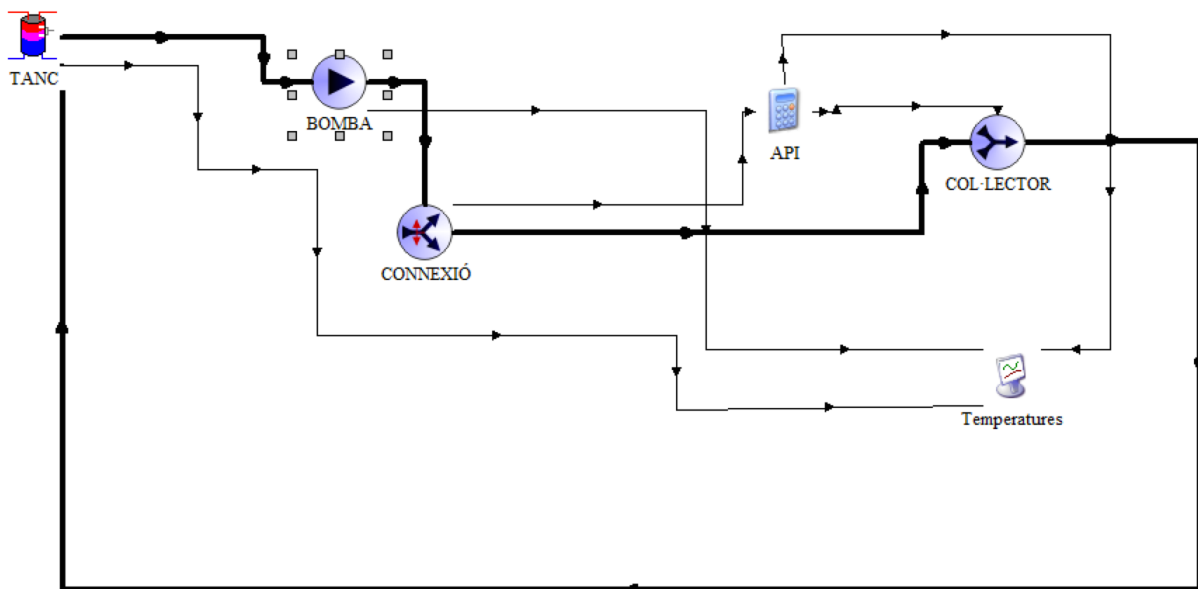
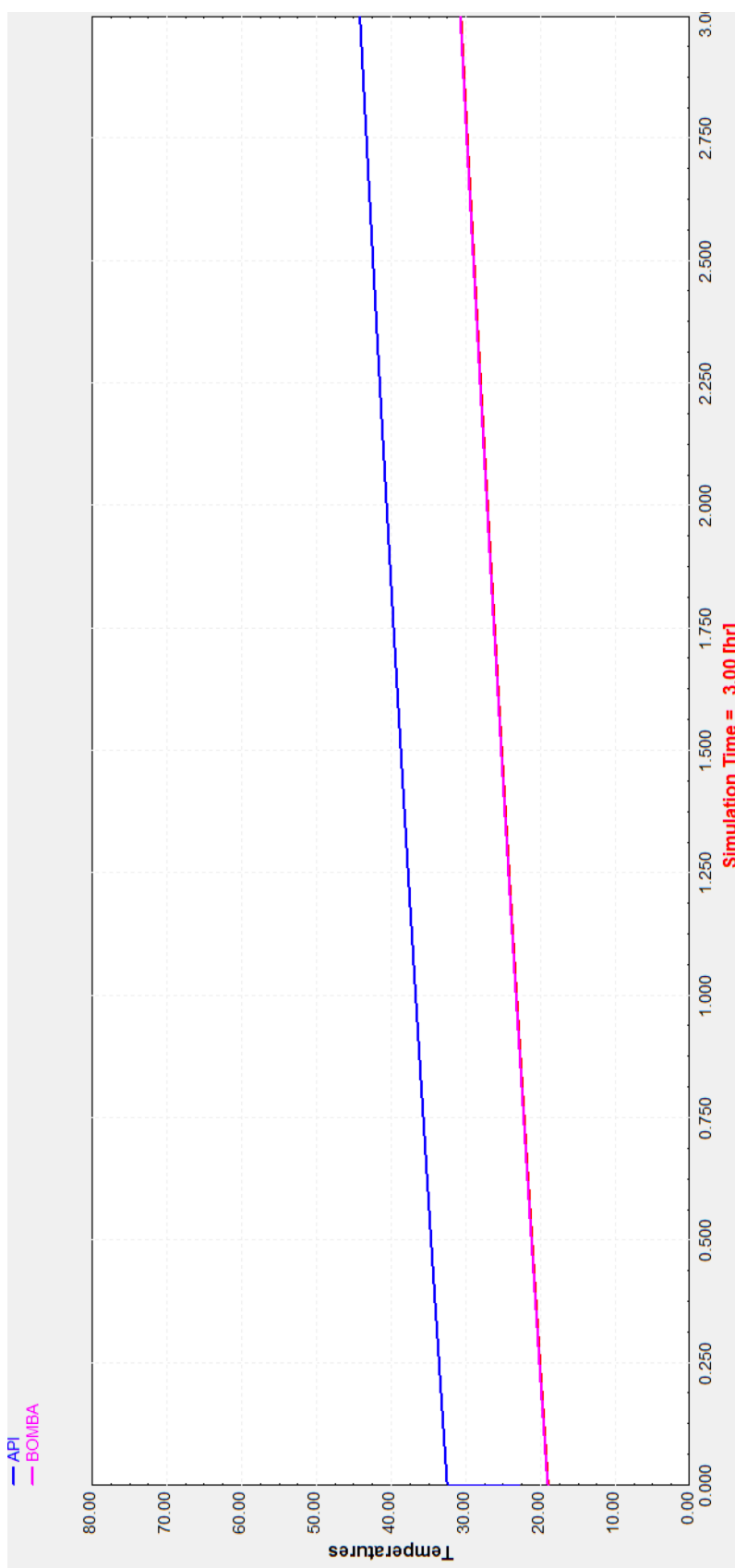


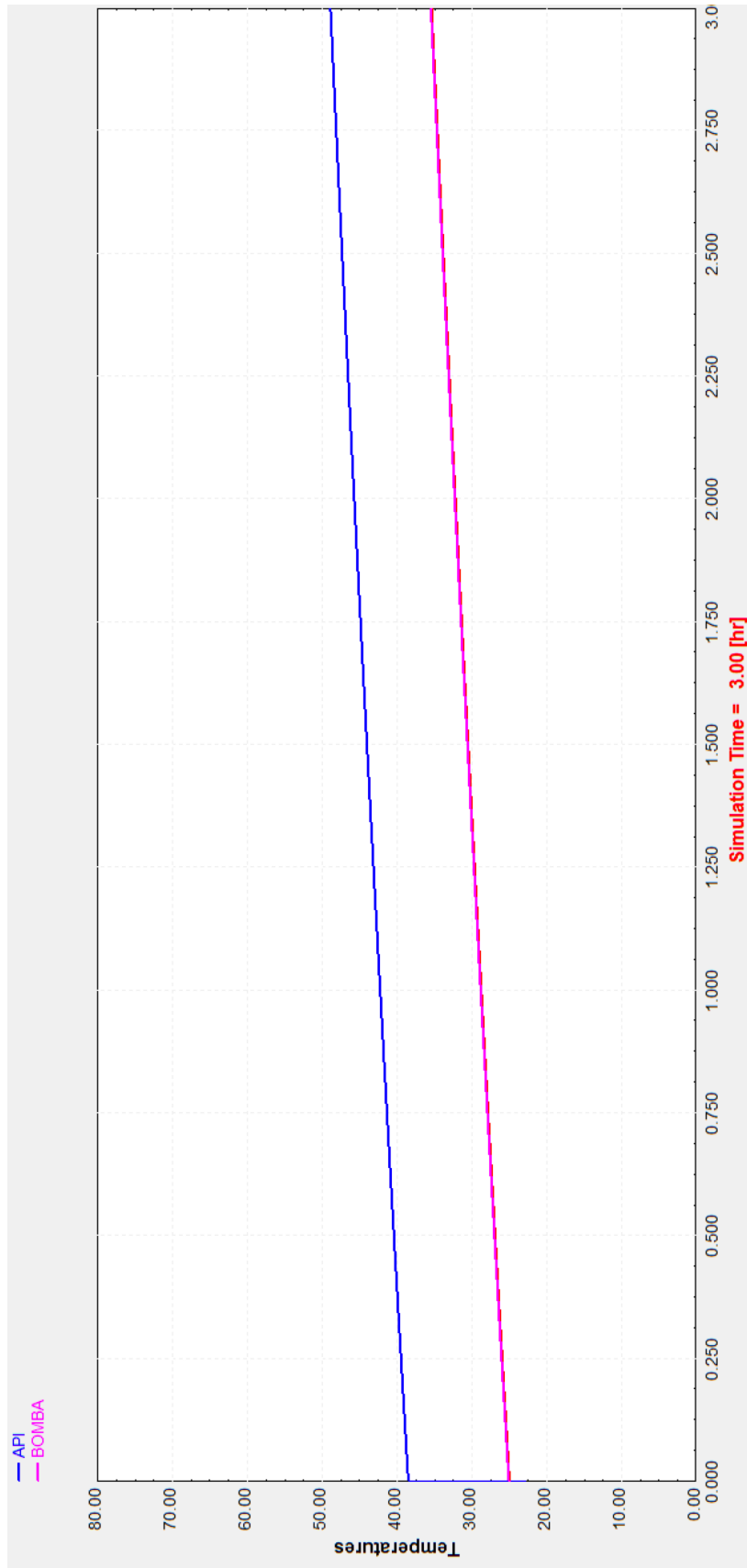
FIGURA 22: Circuit de simulació de la refrigeració per al fre dinamomètric API - Trnsys



**CÀRREGA: 5kW, SITUACIÓ: Hivern-temperatura ambient 19°C**



**CÀRREGA: 5kW, SITUACIÓ: Estiu-temperatura ambient 25°C**



### 7.1.3. Motors

Per a la simulació dels motors s'han triat tres cabals. Aquests tres valors s'han escollit segons el rang de cabals que podem trobar en les bombes de la refrigeració original d'un automòbil. S'ha triat d'aquesta manera perquè els conductes interns dels motors estan preparats per a aquestes magnituds de fluxos.

Pel que fa a les càrregues, s'ha aplicat un rendiment del 95% en l'acoblament del motor amb el fre i s'ha tingut en compte el criteri que ja s'ha esmentat anteriorment:

El 25% de l'energia de combustió d'un motor tèrmic correspon a l'energia mecànica en l'eix i un 30% a la calor cedida al refrigerant. Així les càrregues del motor corresponents a les triades pel fre són:

càrrega fre SCHENCK (rendiment = 95%)	a l'eix del motor (25% de la combustió)	energia cedida al refrigerant (30% de la combustió)	Valor arrodonit simulació
50 kW	52.6 kW	63.1 kW	60 kW
80 kW	84.2 kW	101 kW	100 kW
110 kW	115.8 kW	138.9 kW	140 kW

A continuació es mostren els resultats en forma de gràfiques per als diferents cabals que s'han introduït a la simulació per al circuit mostrat a la figura 19:

- Cabal mínim: 5000 litres/hora.
- Cabal mitjà: 6000 litres/hora.
- Cabal màxim: 7000 litres/hora.

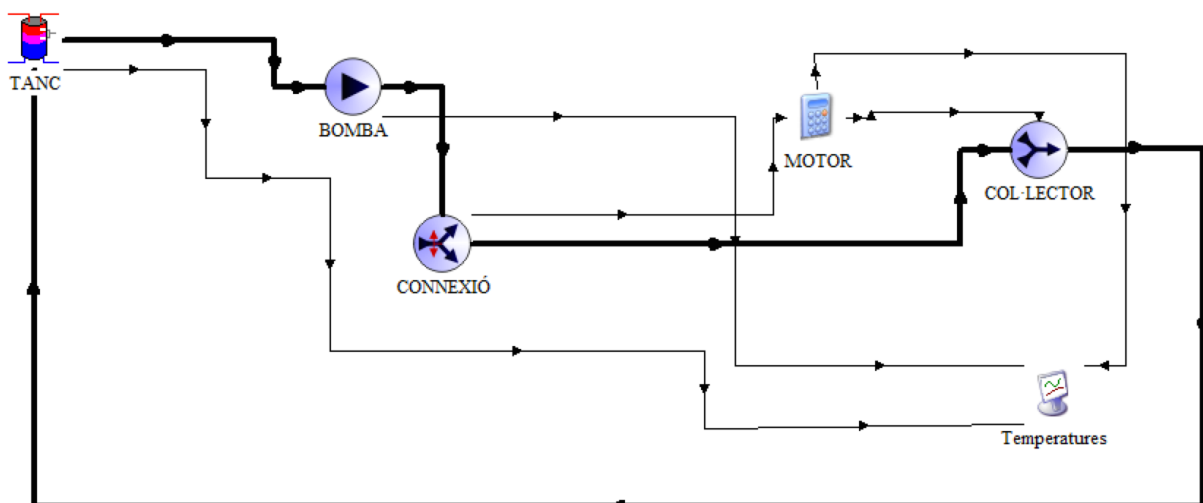
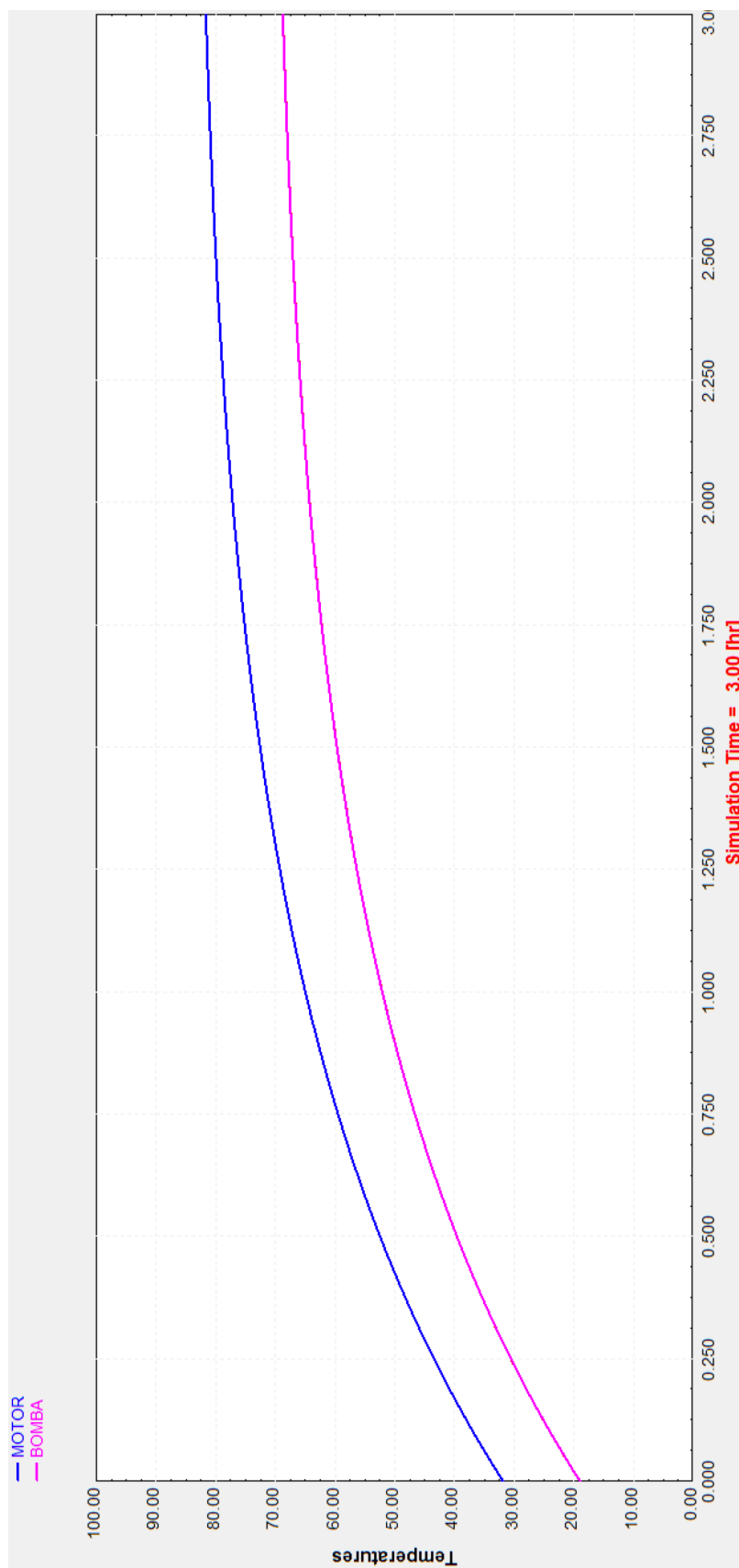
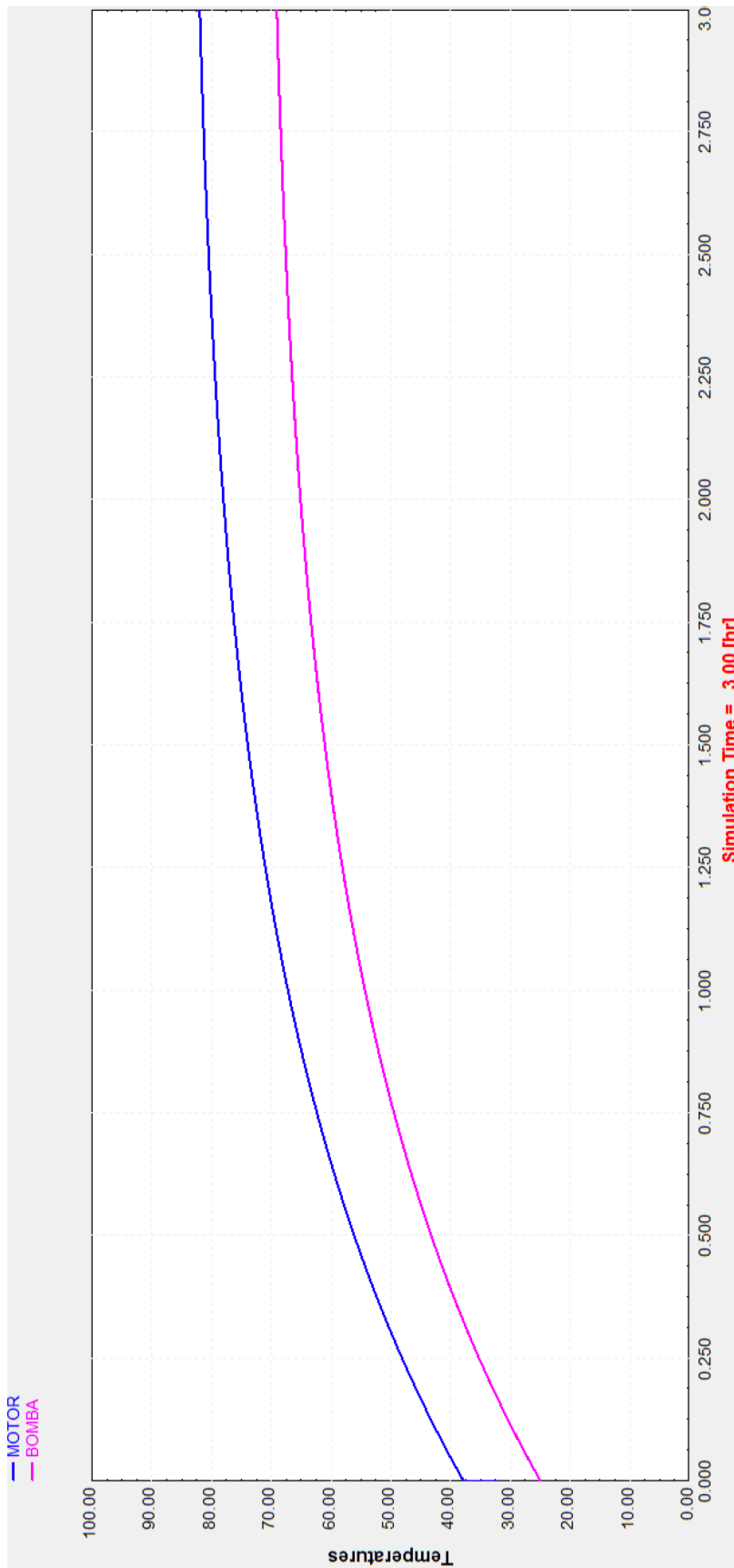


FIGURA 23: Circuit de simulació de la refrigeració per als motors a provar - Trnsys

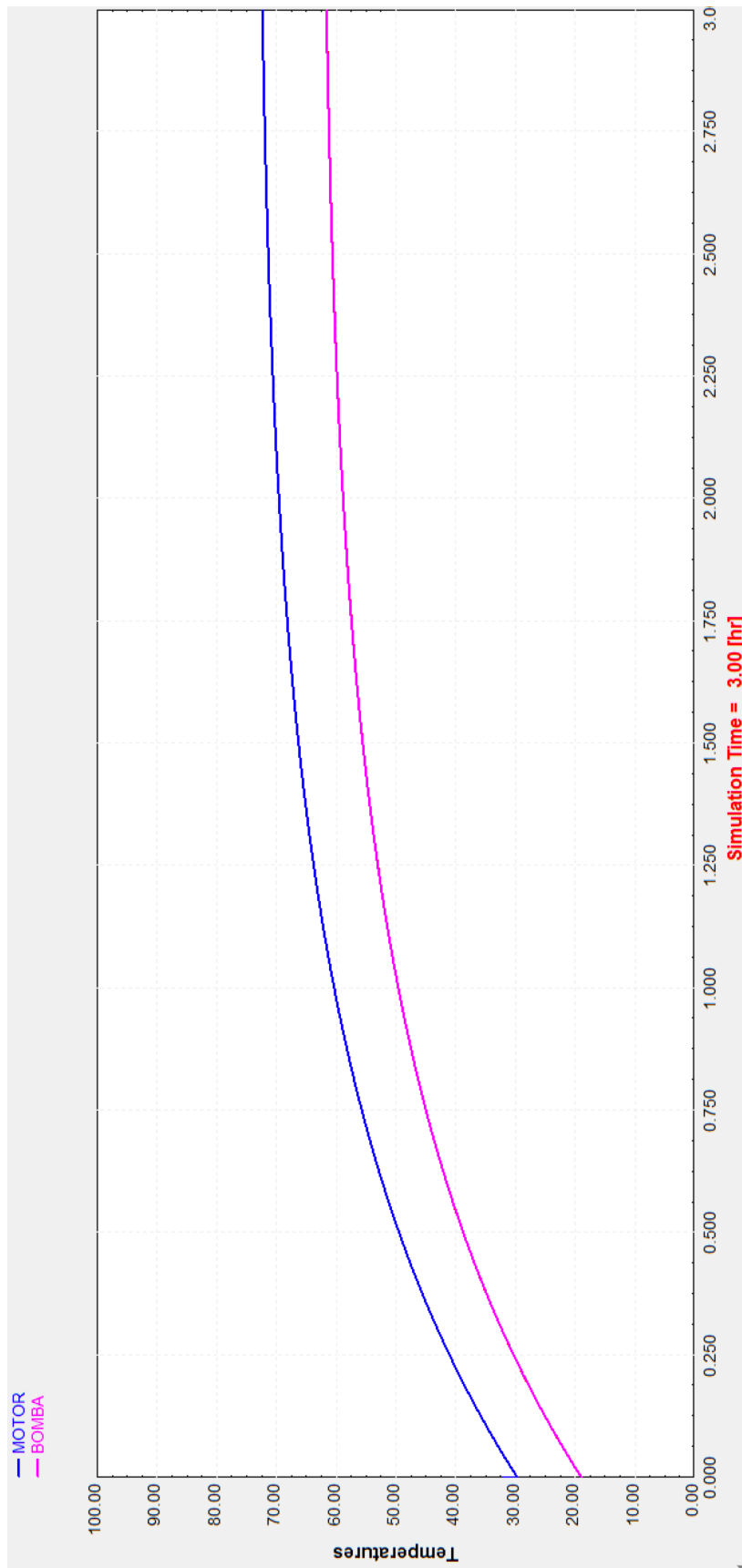
**CÀRREGA: 60kW, CABAL: 5000 litres/hora, SITUACIÓ: Hivern-temperatura ambient 19°C**



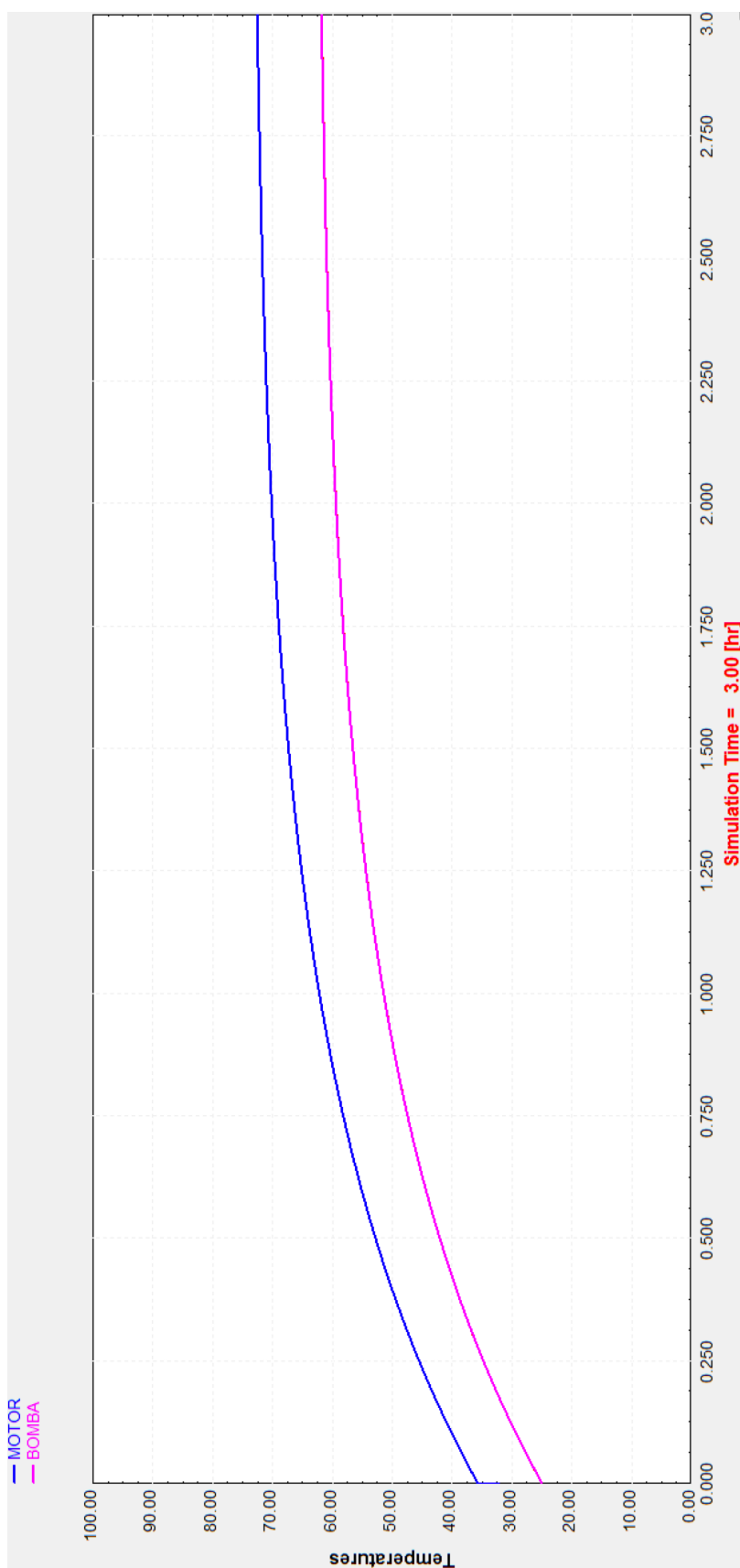
**CÀRREGA: 60kW, CABAL: 5000 litres/hora, SITUACIÓ: Estiu-temperatura ambient 25°C**



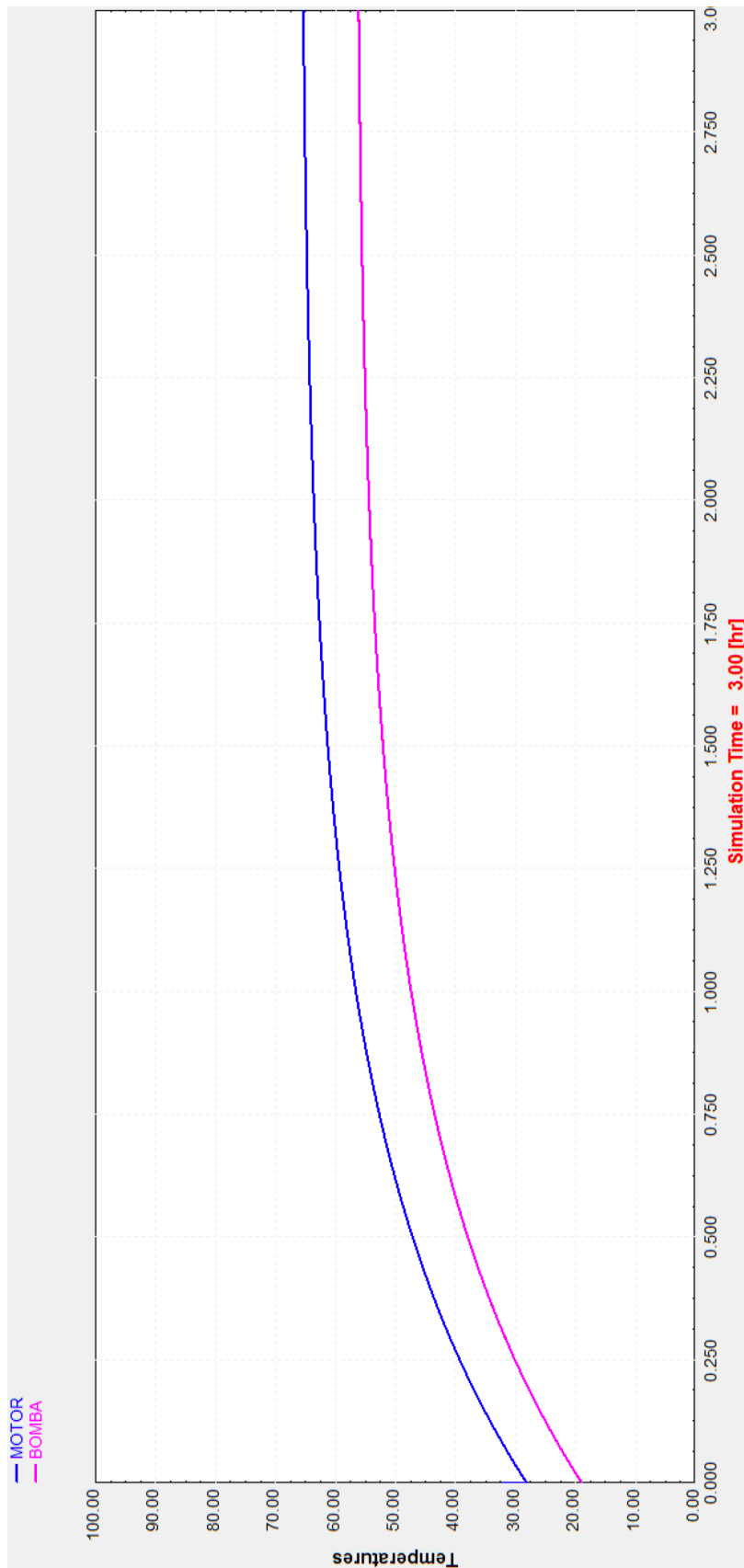
**CÀRREGA: 60kW, CABAL: 6000 litres/hora, SITUACIÓ: Hivern-temperatura ambient 19°C**



**CÀRREGA: 60kW, CABAL: 6000 litres/hora, SITUACIÓ: Estiu-temperatura ambient 25°C**

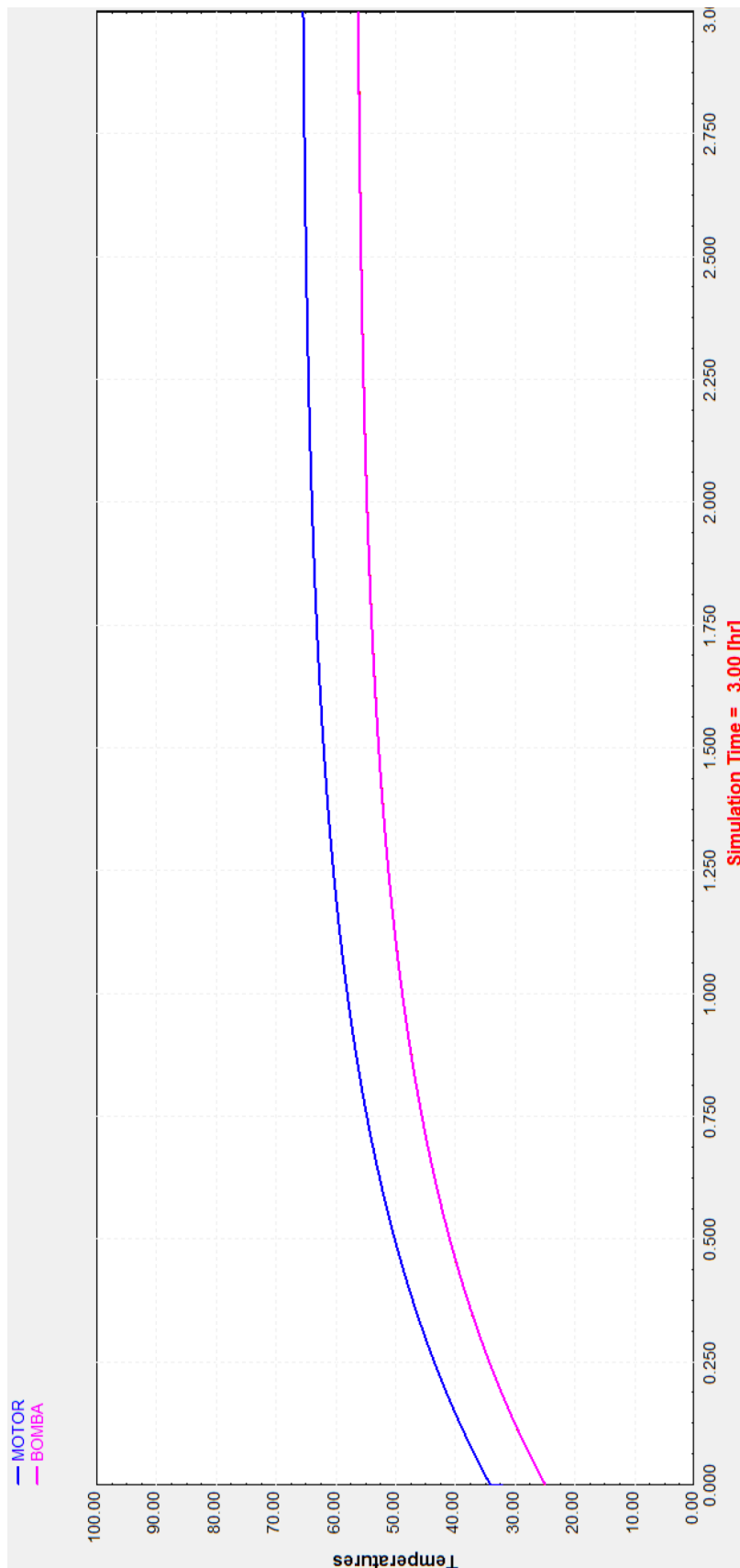


**CÀRREGA: 60kW, CABAL: 7000 litres/hora, SITUACIÓ: Hivern-temperatura ambient 19°C**

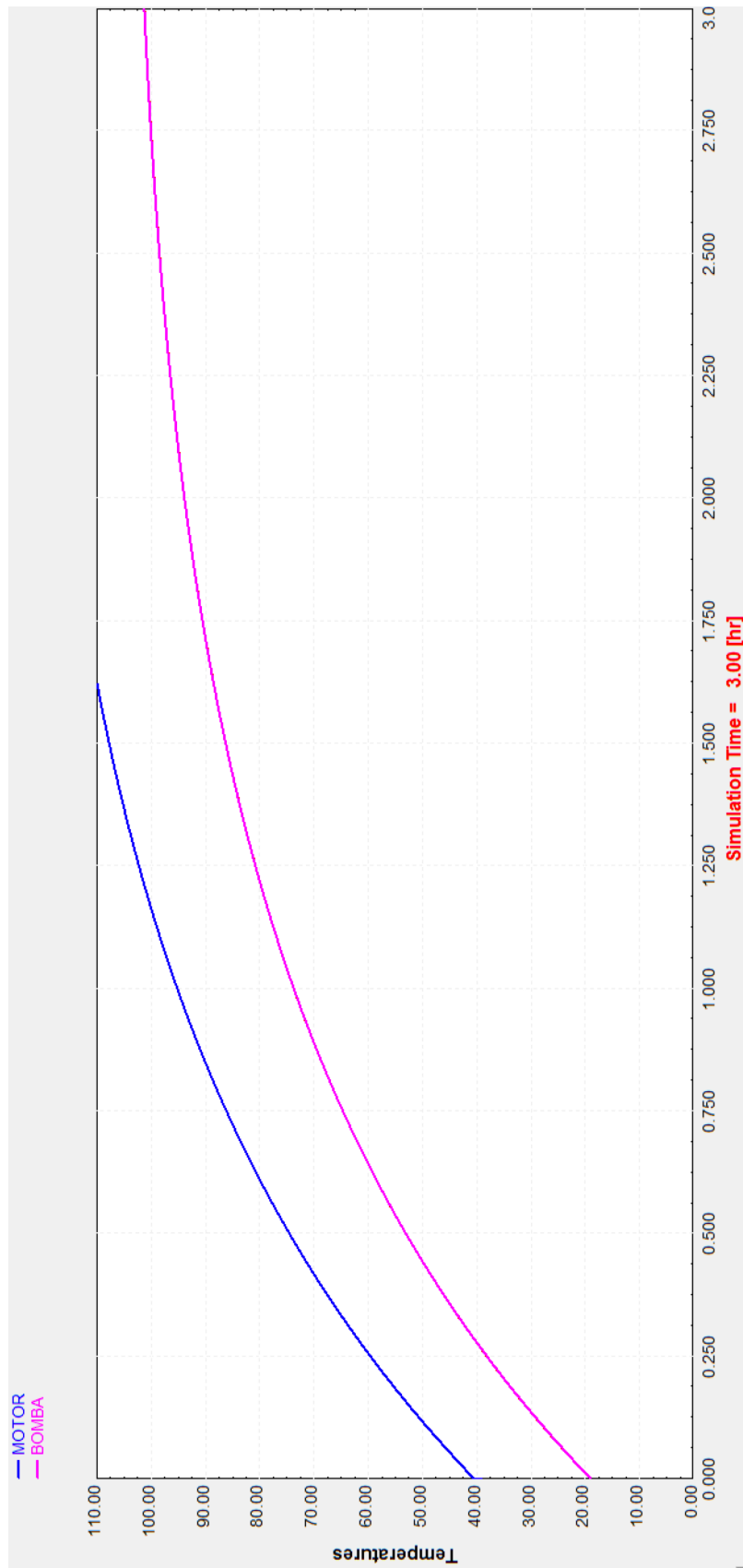




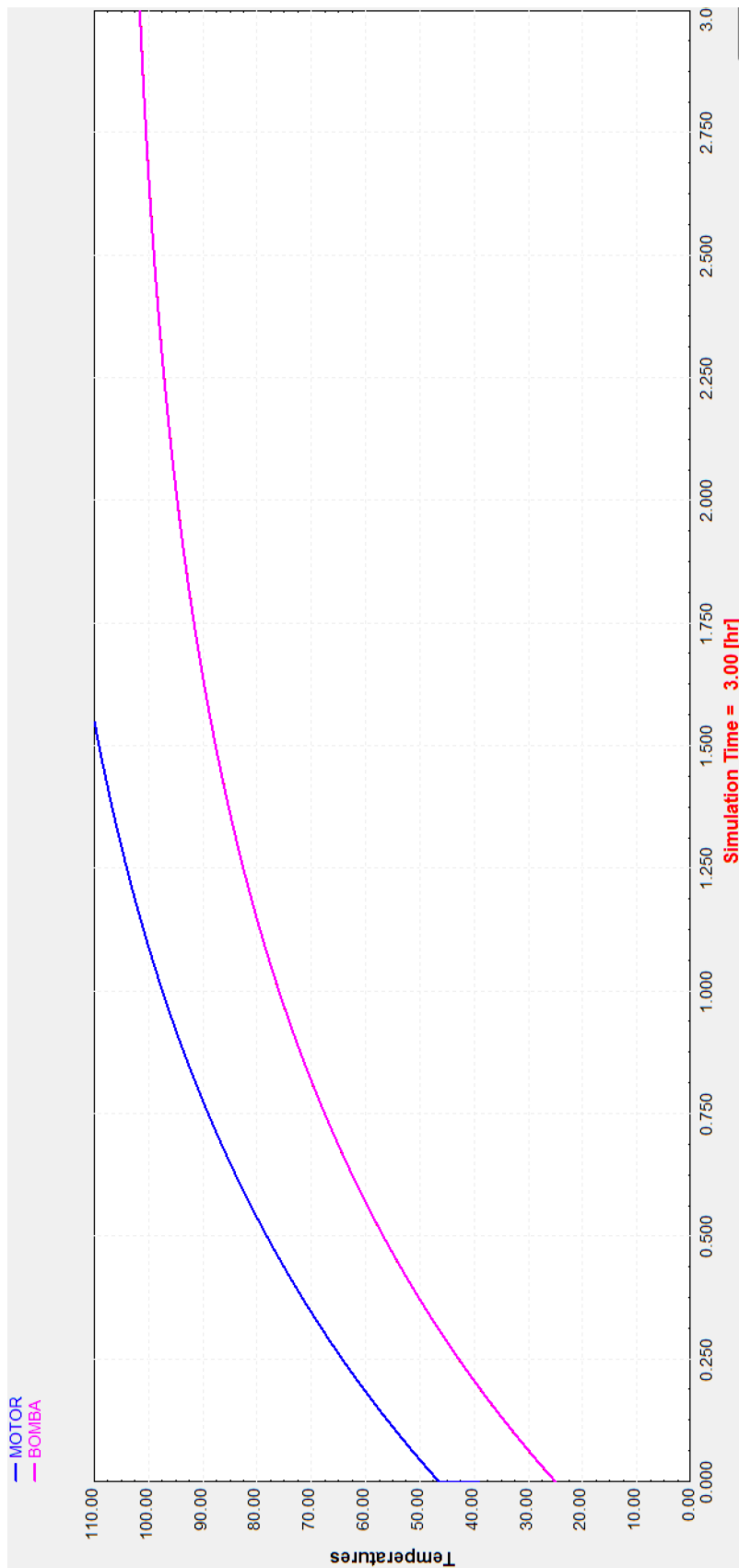
**CÀRREGA: 60kW, CABAL: 7000 litres/hora, SITUACIÓ: Estiu-temperatura ambient 25°C**



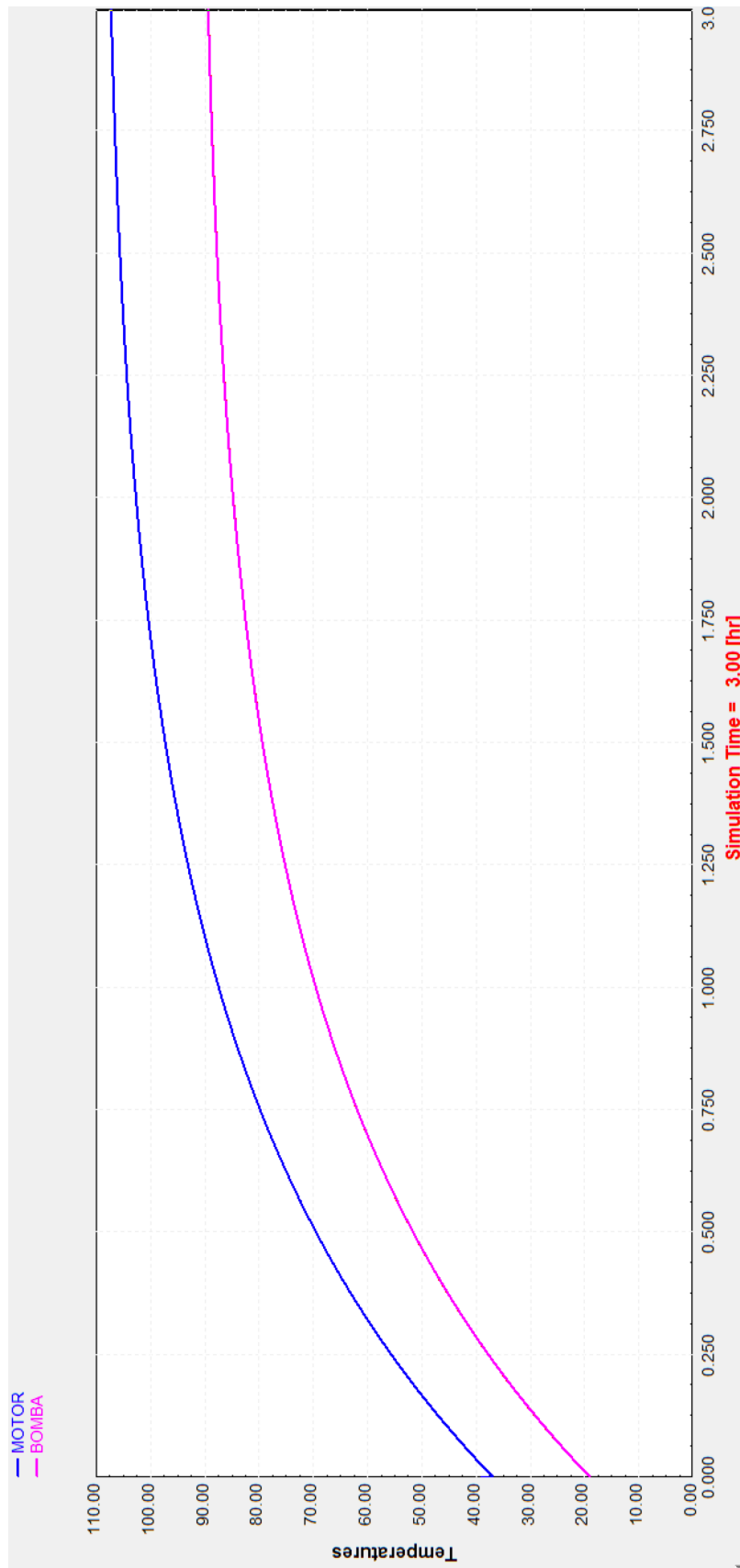
**CÀRREGA: 100kW, CABAL: 5000 litres/hora, SITUACIÓ: Hivern-temperatura ambient 19°C**



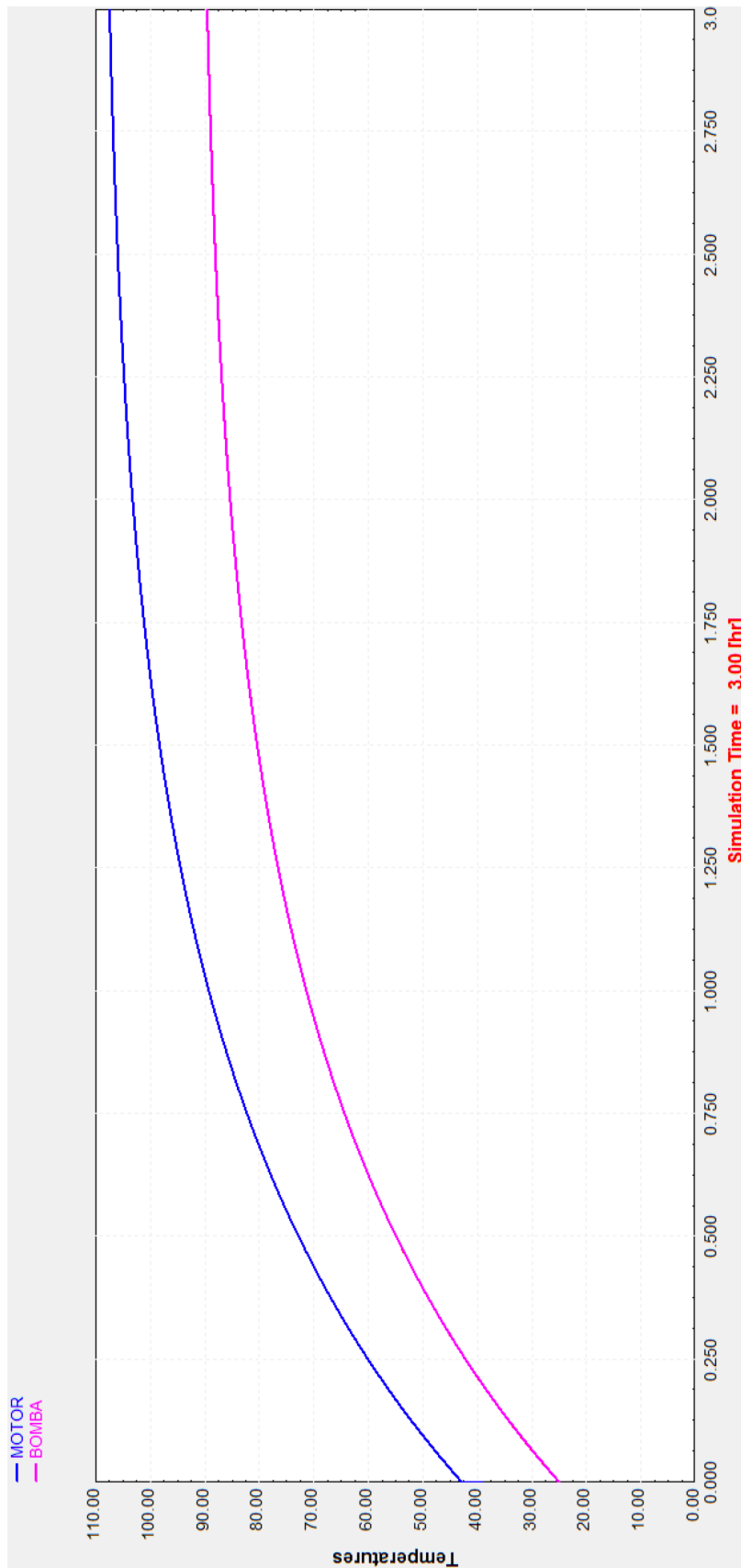
**CÀRREGA: 100kW, CABAL: 5000 litres/hora, SITUACIÓ: Estiu-temperatura ambient 25°C**



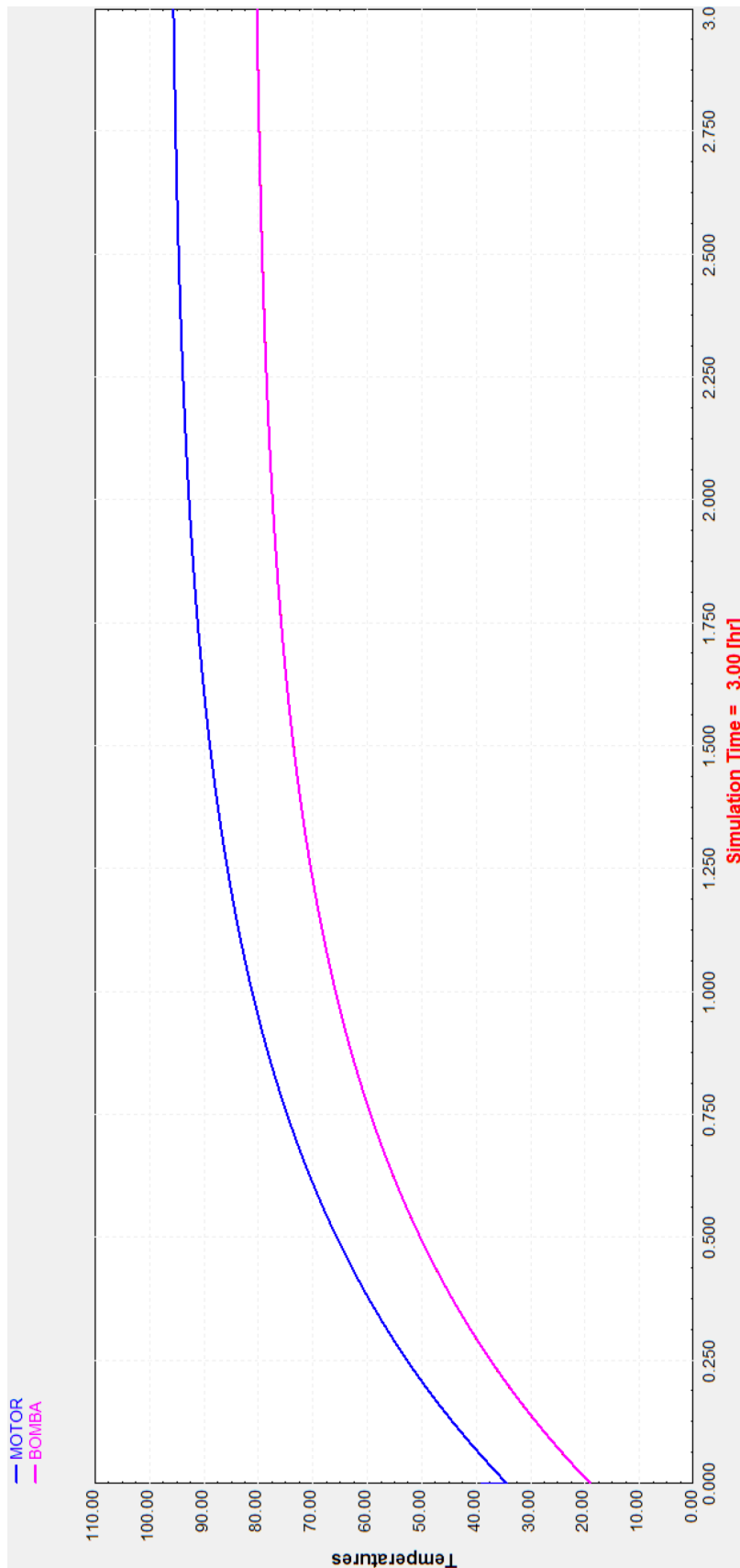
**CÀRREGA: 100kW, CABAL: 6000 litres/hora, SITUACIÓ: Hivern-temperatura ambient 19°C**



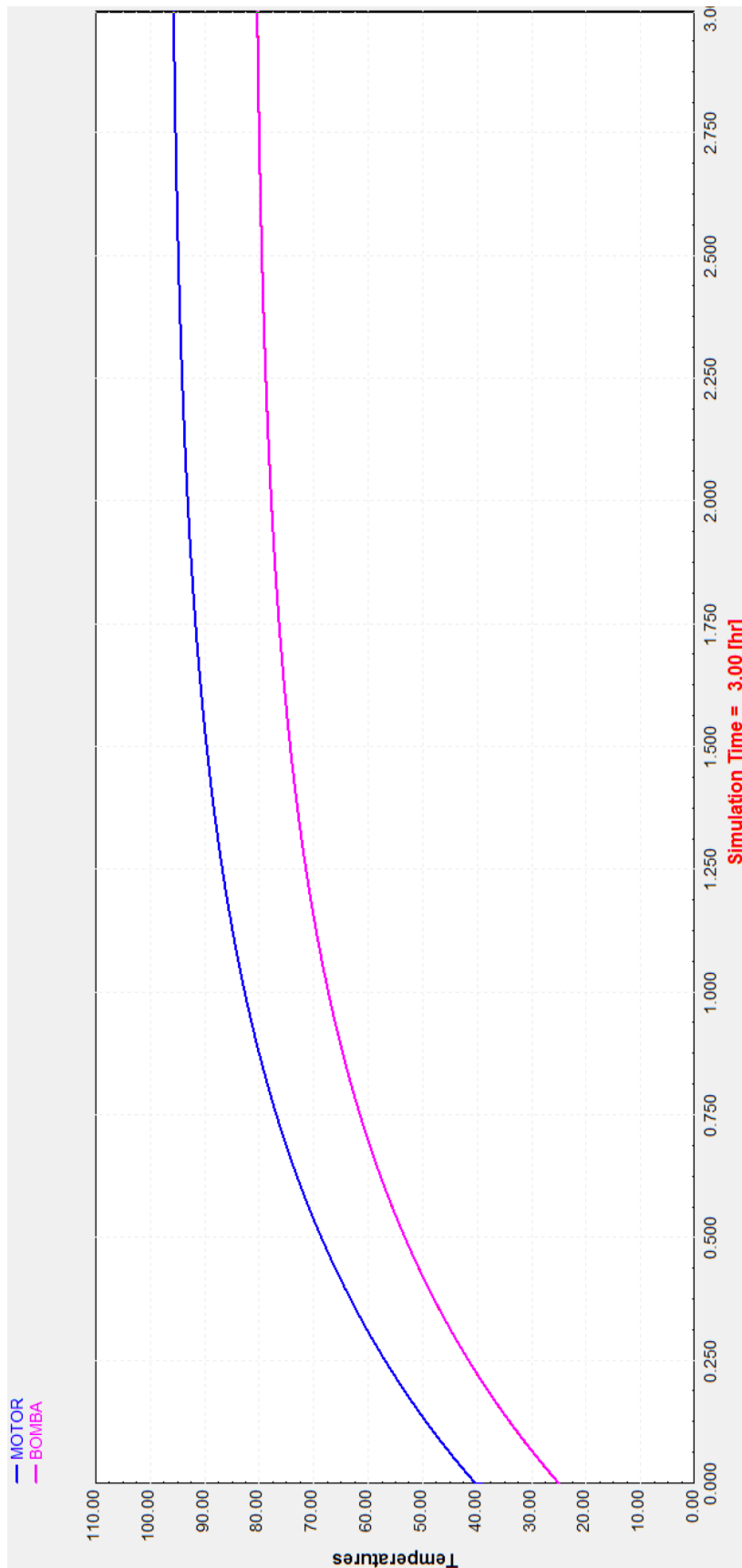
**CÀRREGA: 100kW, CABAL: 6000 litres/hora, SITUACIÓ: Estiu-temperatura ambient 25°C**



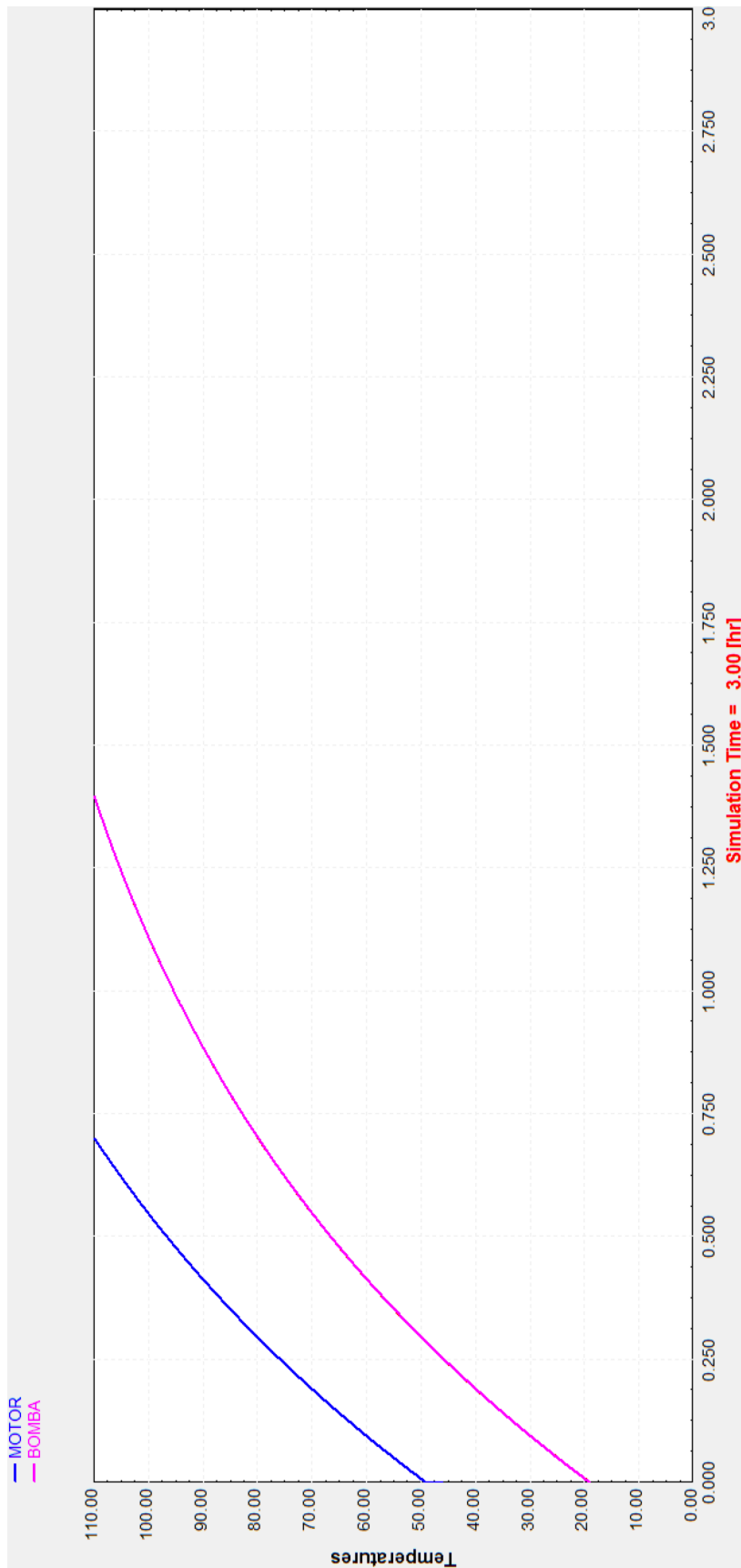
**CÀRREGA: 100kW, CABAL: 7000 litres/hora, SITUACIÓ: Hivern-temperatura ambient 19°C**



**CÀRREGA: 100kW, CABAL: 7000 litres/hora, SITUACIÓ: Estiu-temperatura ambient 25°C**

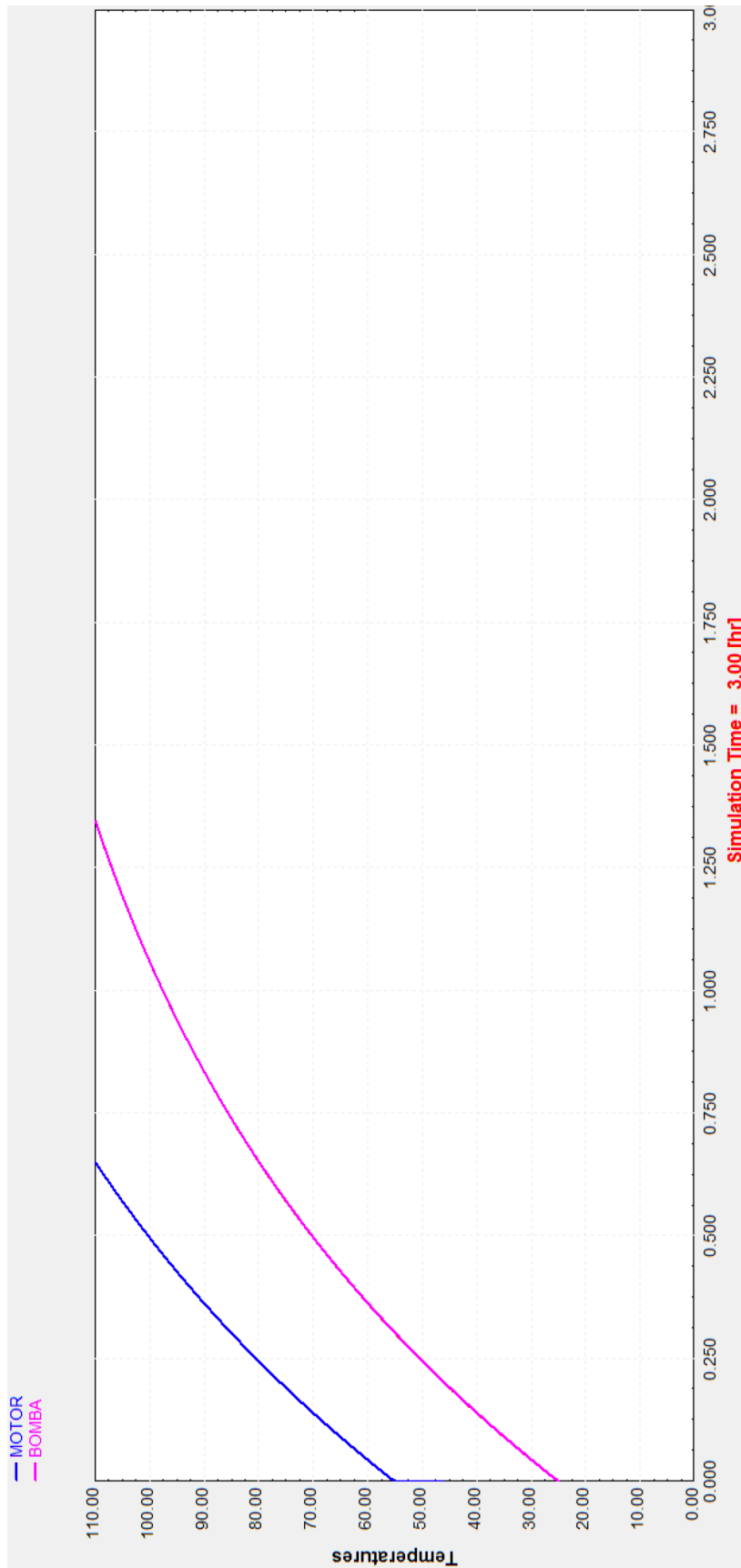


**CÀRREGA: 140kW, CABAL: 5000 litres/hora, SITUACIÓ: Hivern-temperatura ambient 19°C**

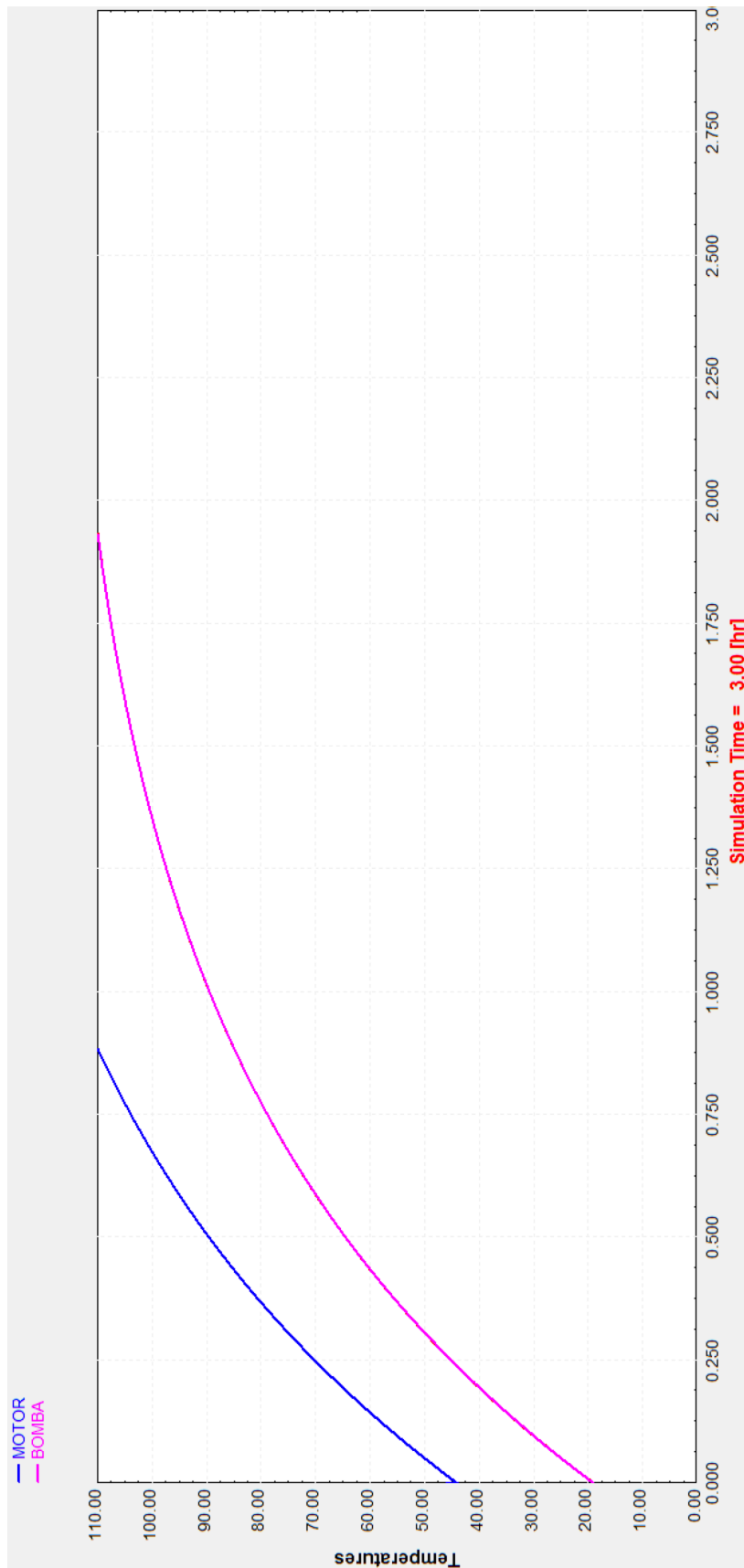




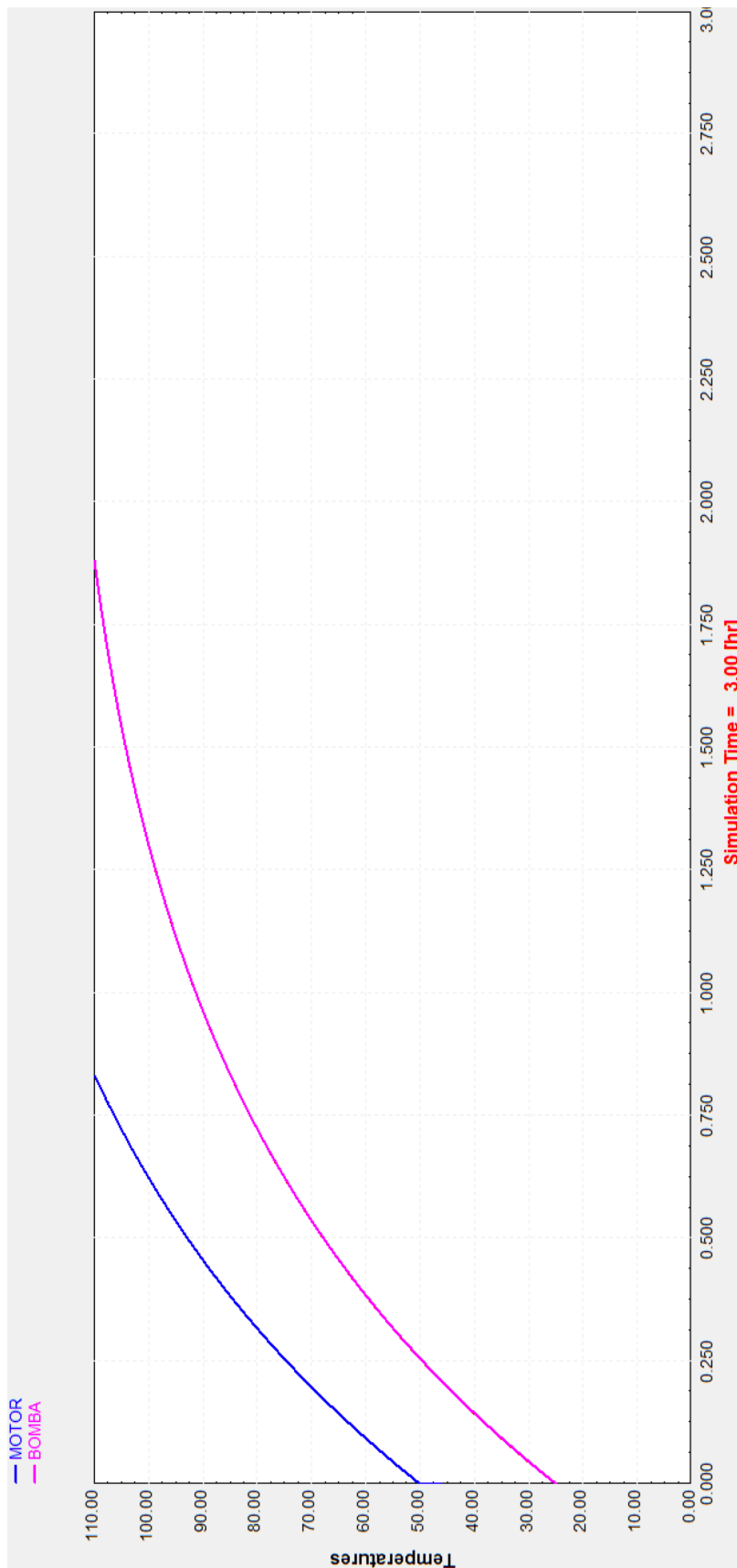
**CÀRREGA: 140kW, CABAL: 5000 litres/hora, SITUACIÓ: Estiu-temperatura ambient 25°C**



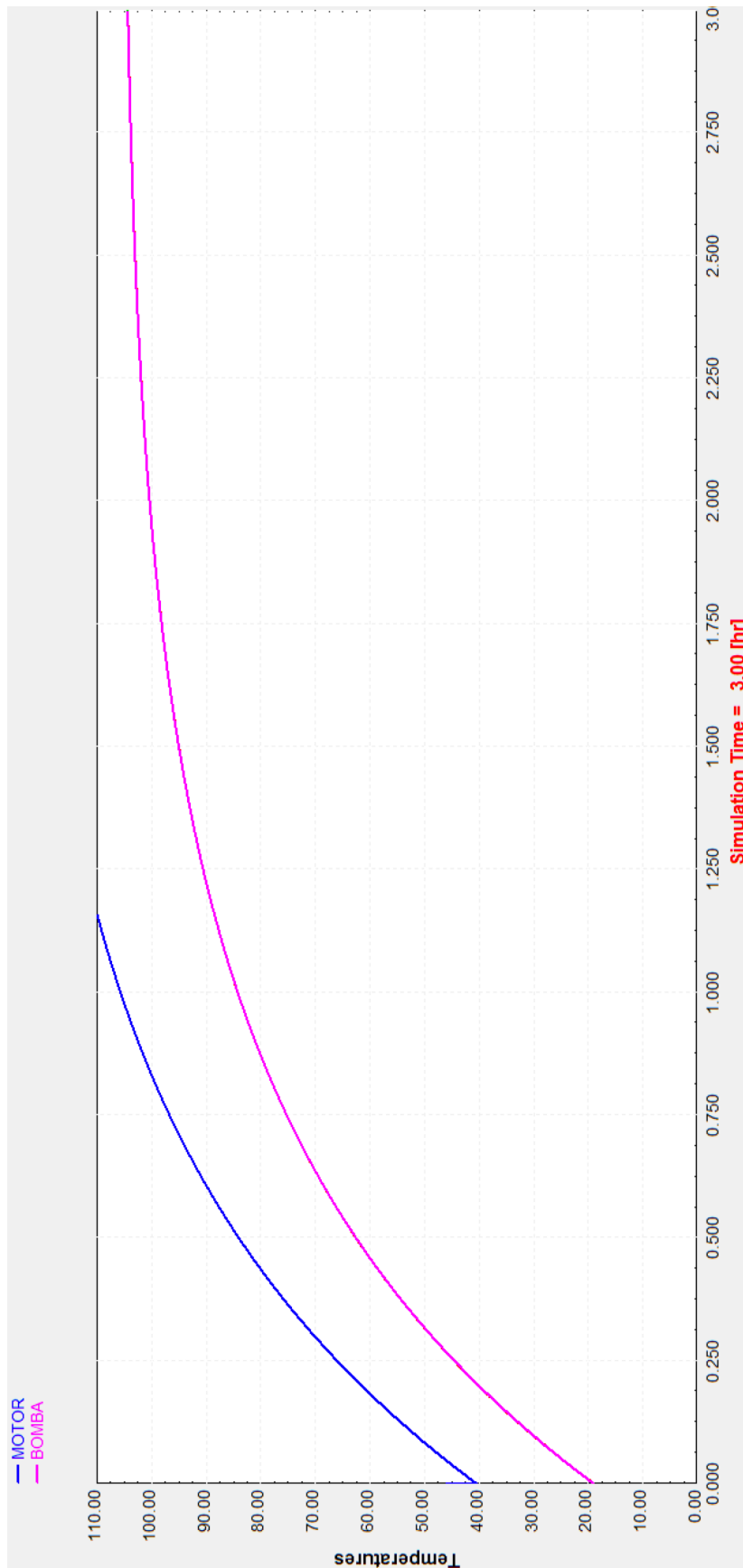
**CÀRREGA: 140kW, CABAL: 6000 litres/hora, SITUACIÓ: Hivern-temperatura ambient 19°C**



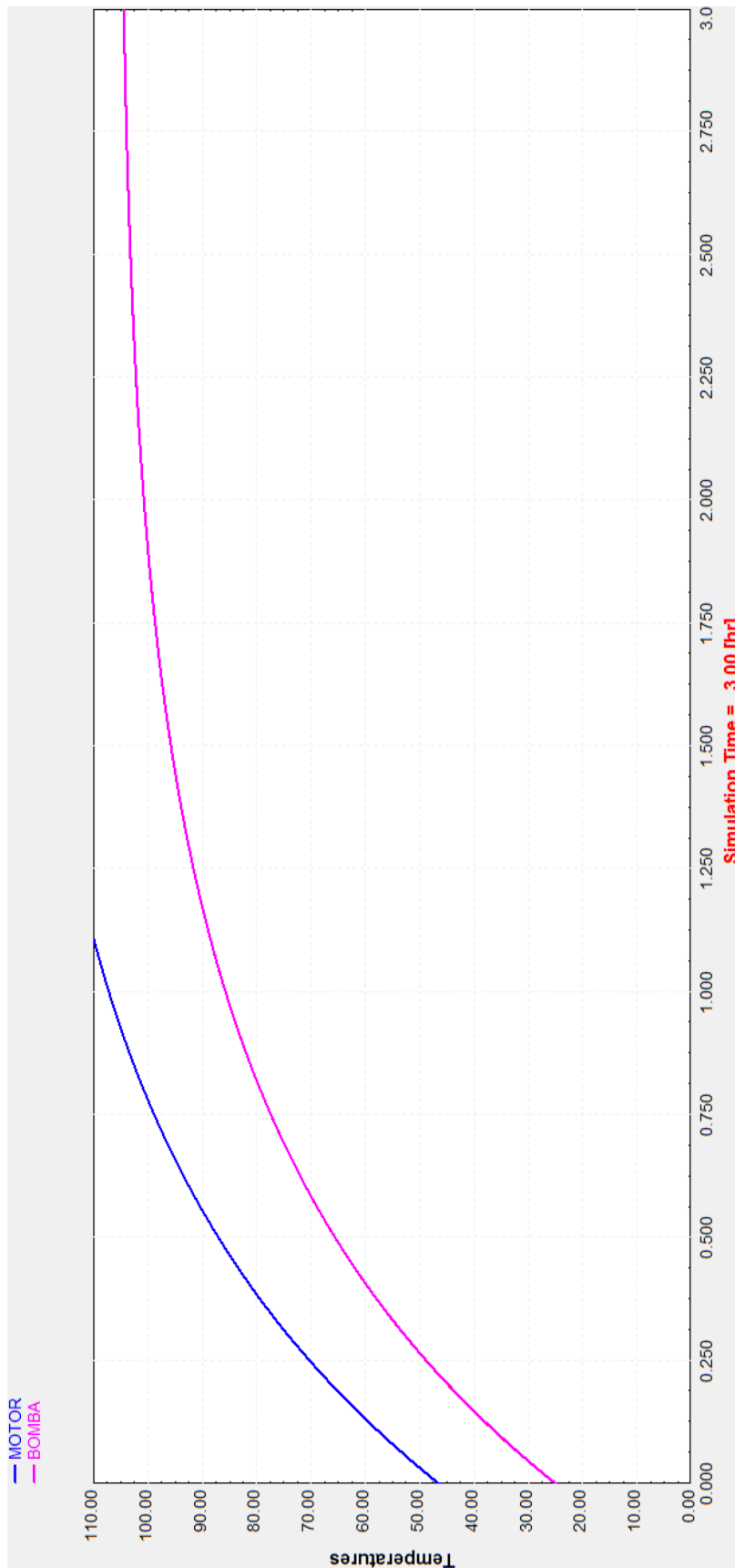
**CÀRREGA: 140kW, CABAL: 6000 litres/hora, SITUACIÓ: Estiu-temperatura ambient 25°C**



**CÀRREGA: 140kW, CABAL: 7000 litres/hora, SITUACIÓ: Hivern-temperatura ambient 19°C**



**CÀRREGA: 140kW, CABAL: 7000 litres/hora, SITUACIÓ: Estiu-temperatura ambient 25°C**

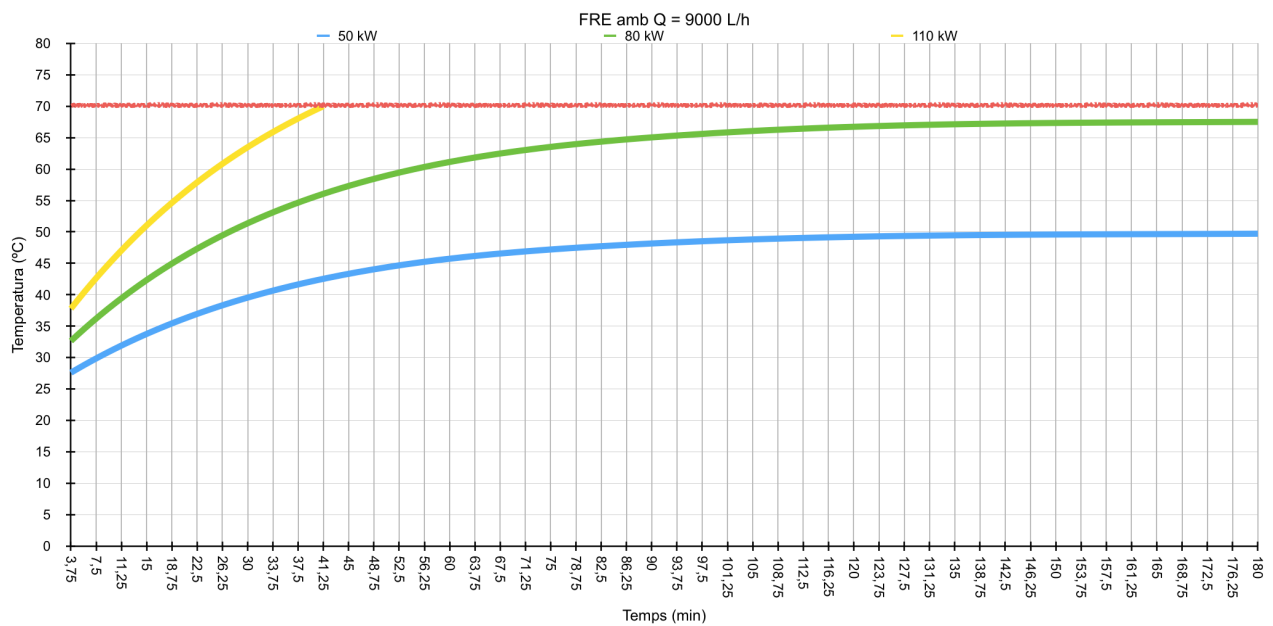


## 7.2. Interpretació

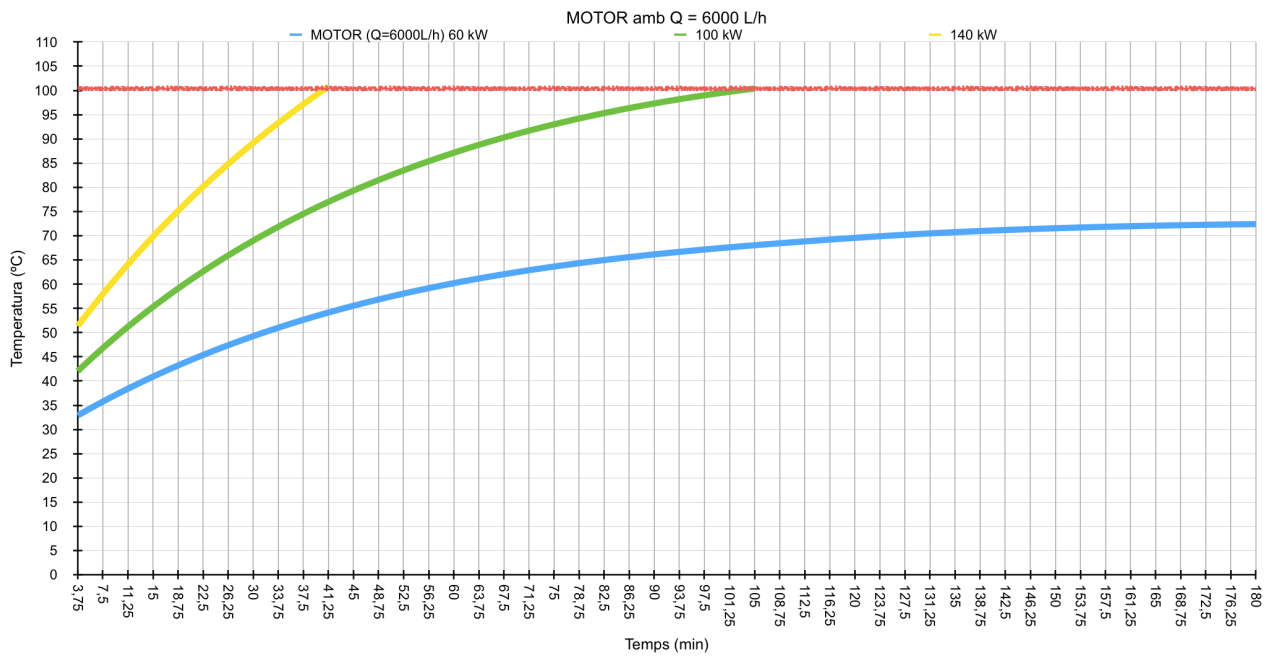
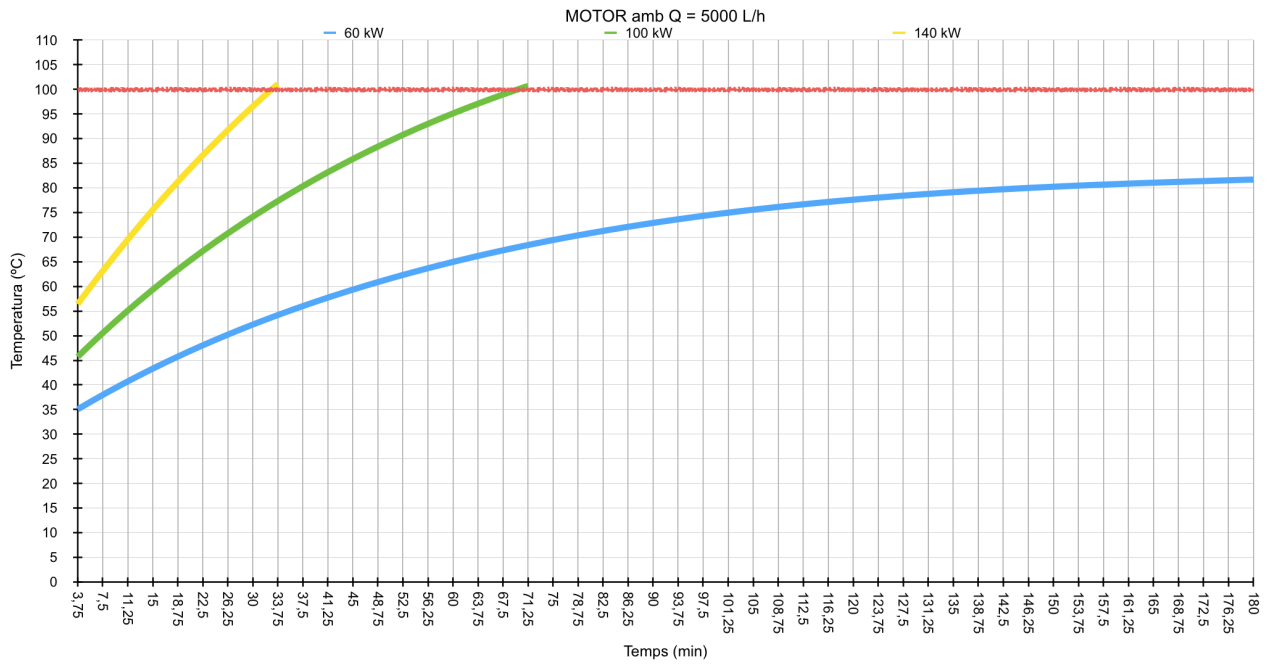
Per tal d'interpretar els resultats per a les dues situacions, estiu i hivern, s'ha fet un recull de dades i s'han fet unes gràfiques comparatives en funció dels aspectes més interessants de les simulacions.

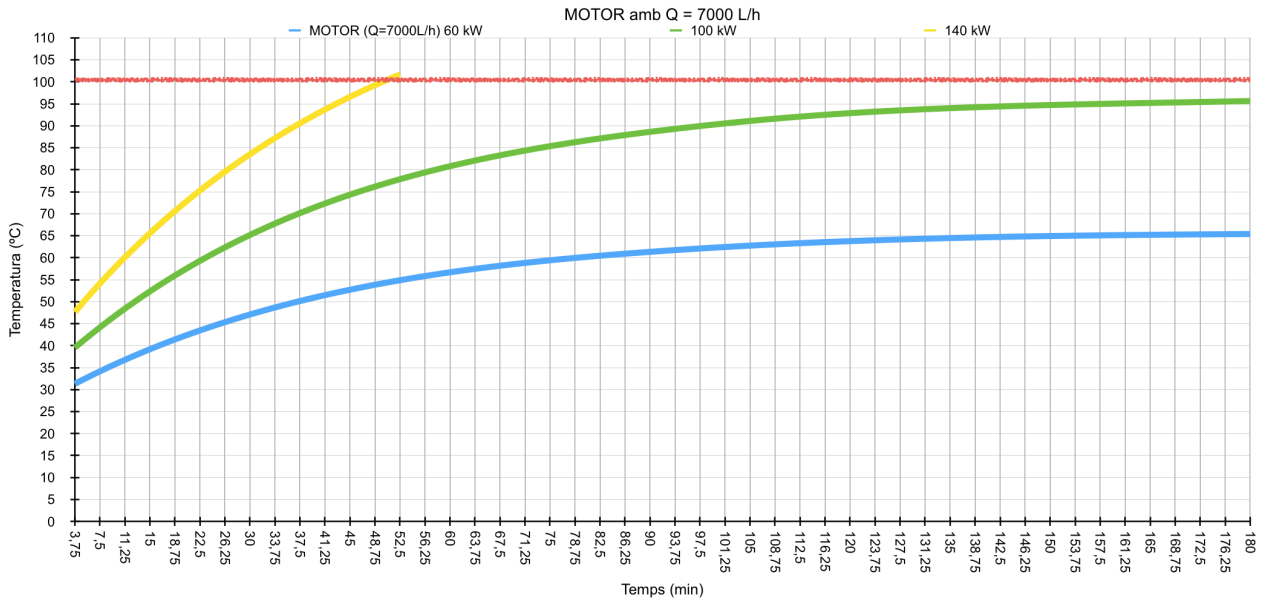
Per a les diferents situacions s'han marcat les temperatures límit dels dos dispositius: 70°C per al fre i 100°C per al motor.

### 7.2.1. Fre: Hivern - temperatura ambient 19°C

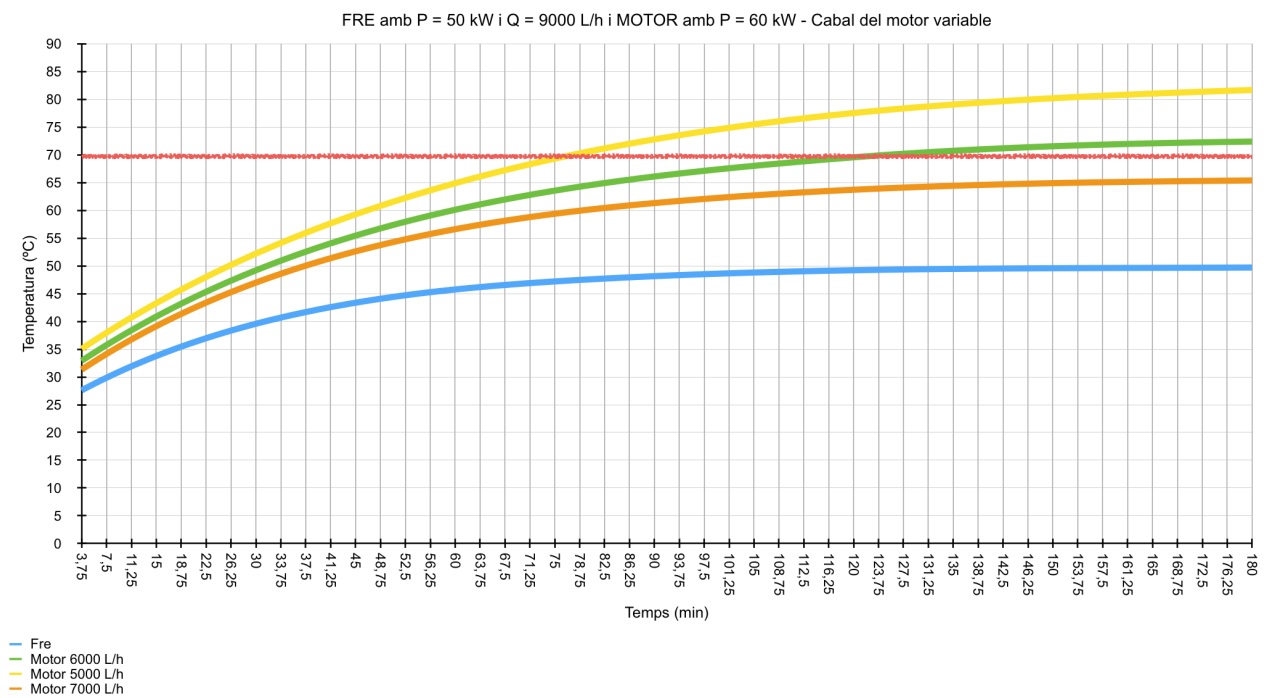


### 7.2.2. Motor: Hivern - temperatura ambient 19°C

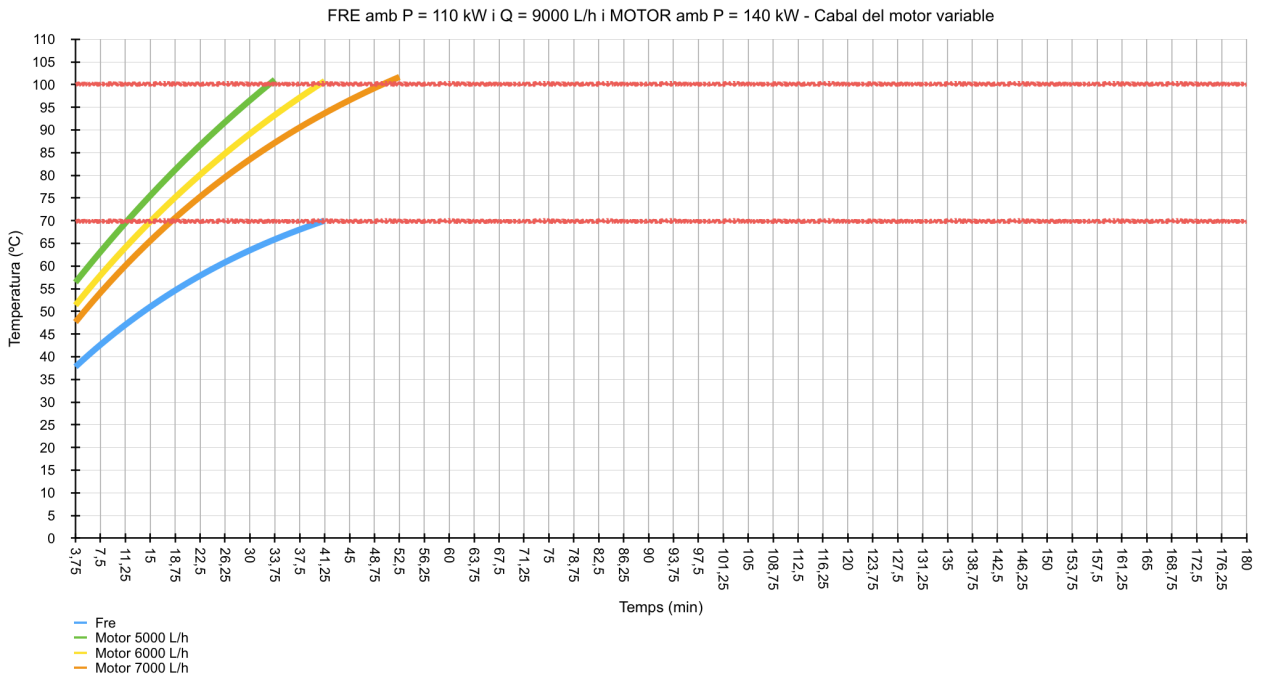
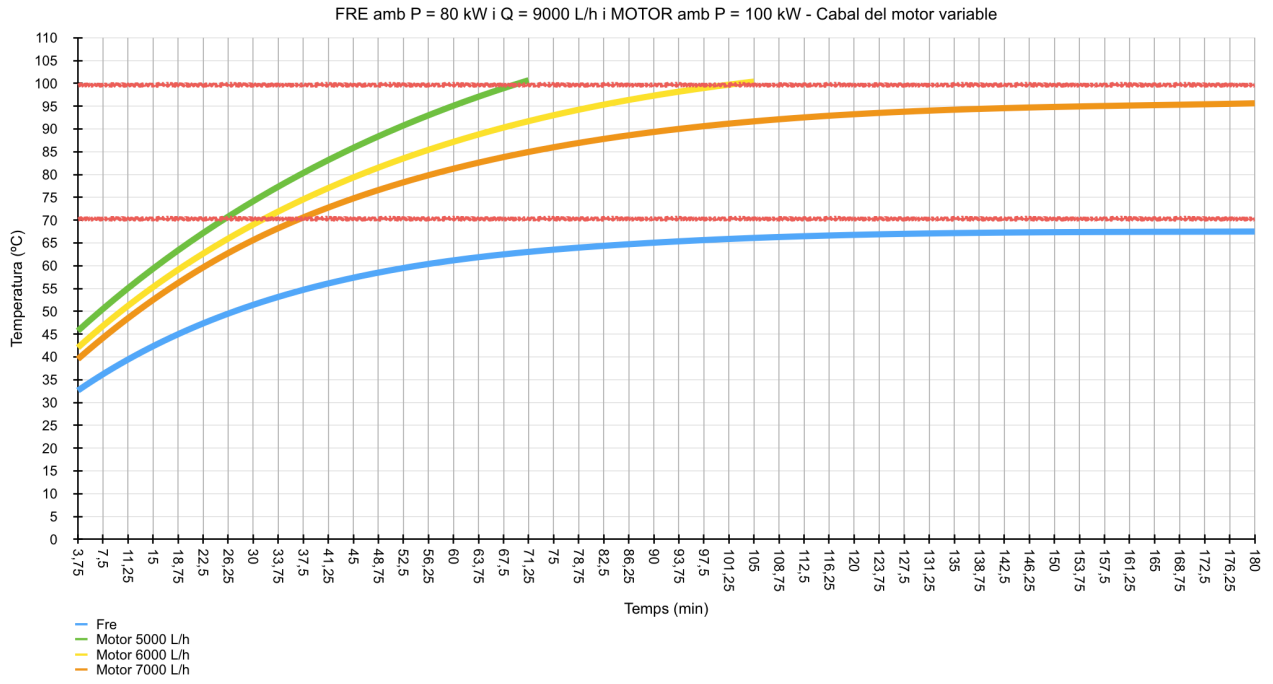




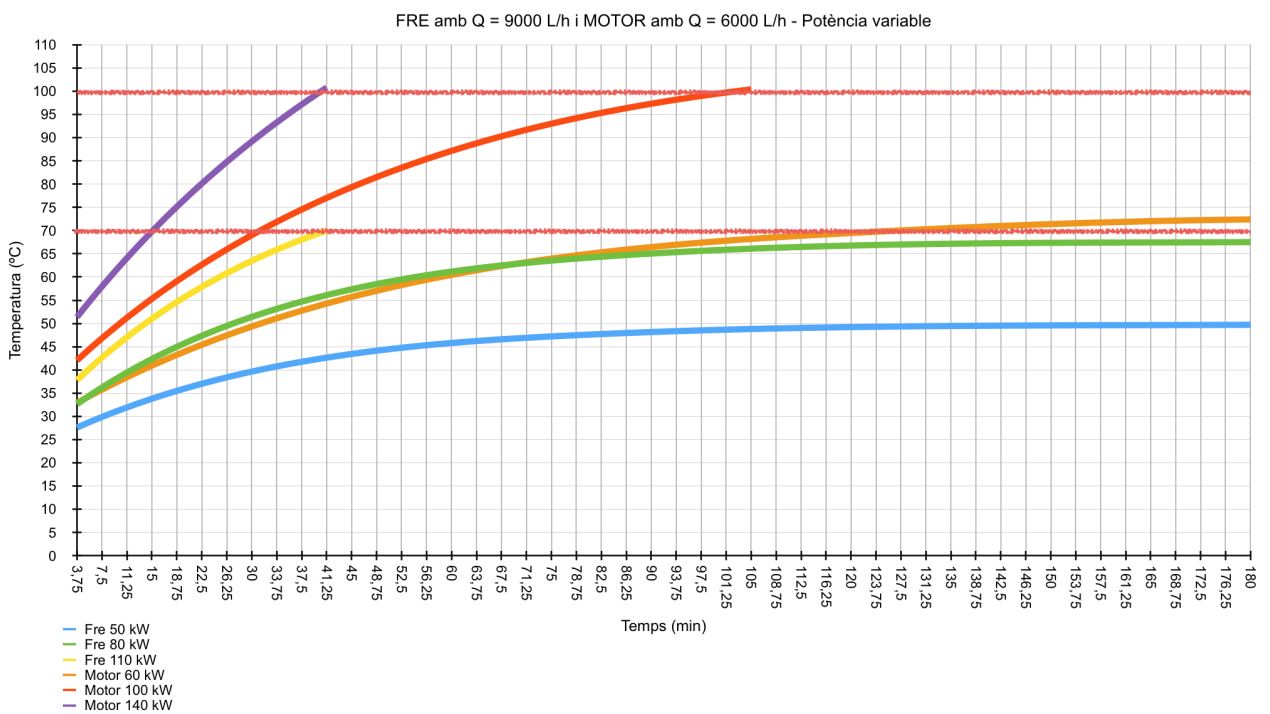
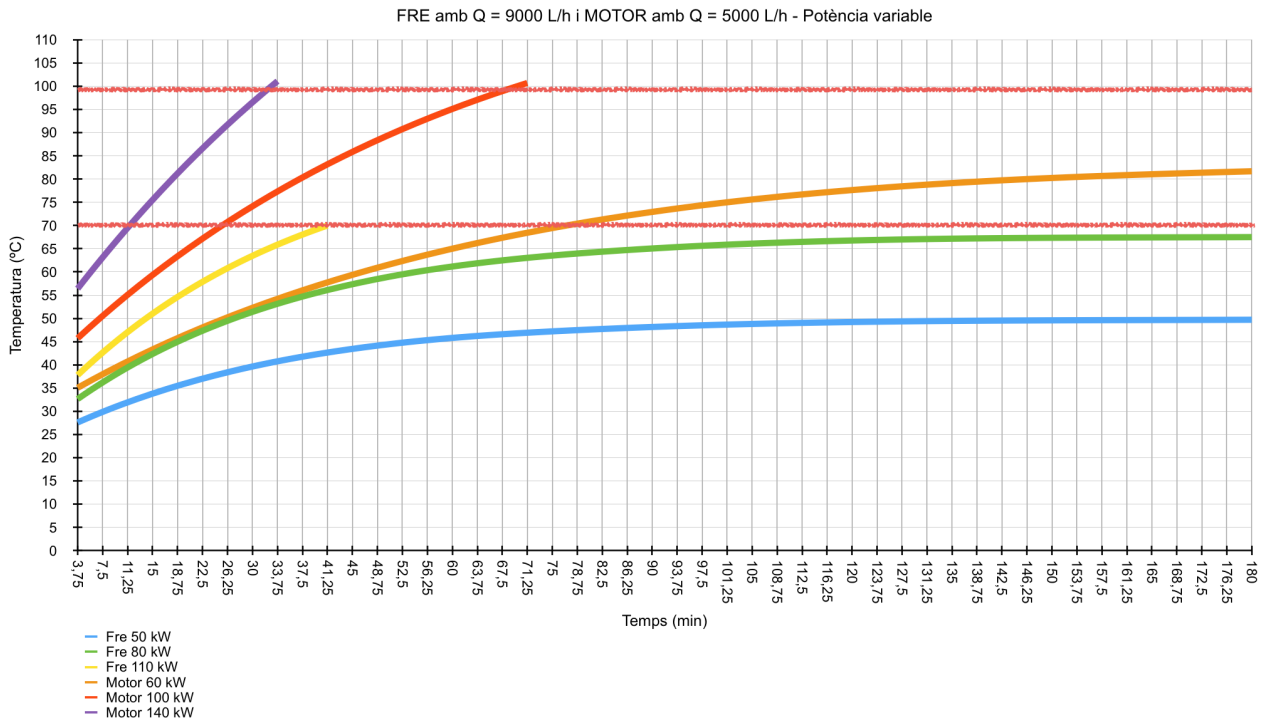
7.2.3. Hivern - temperatura ambient 19°C: Potència fixe i cabal del motor variable

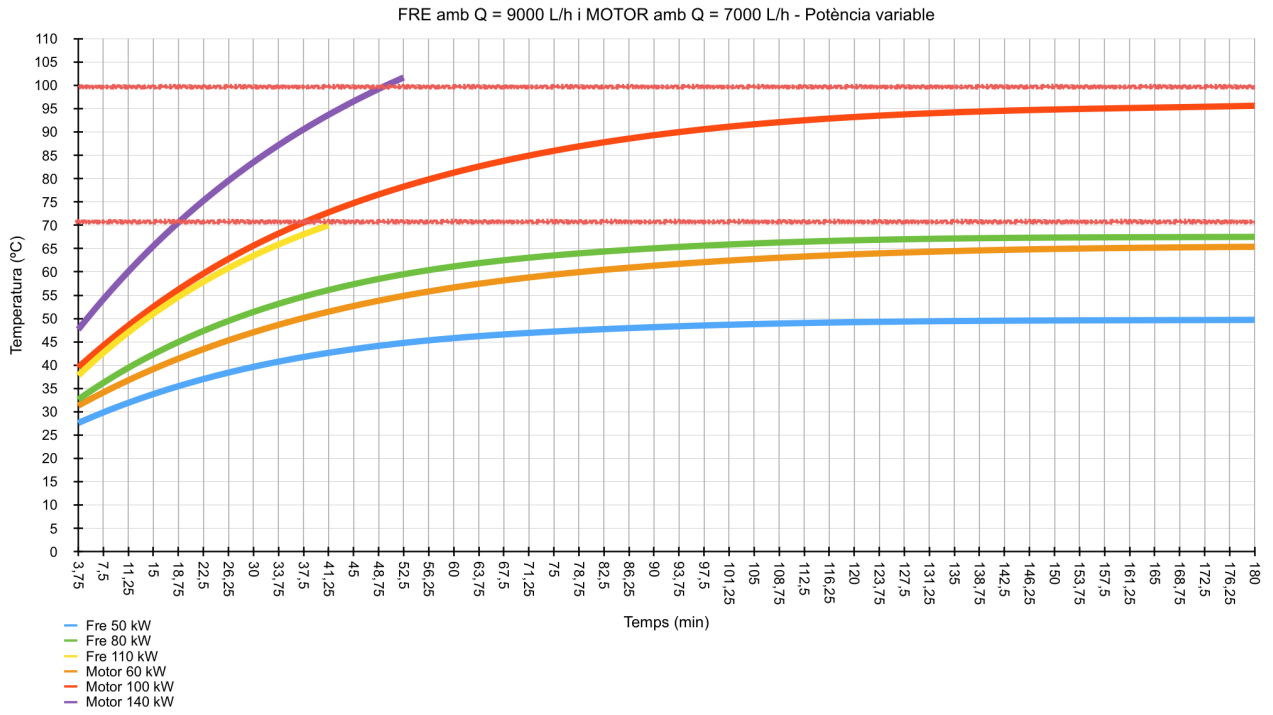




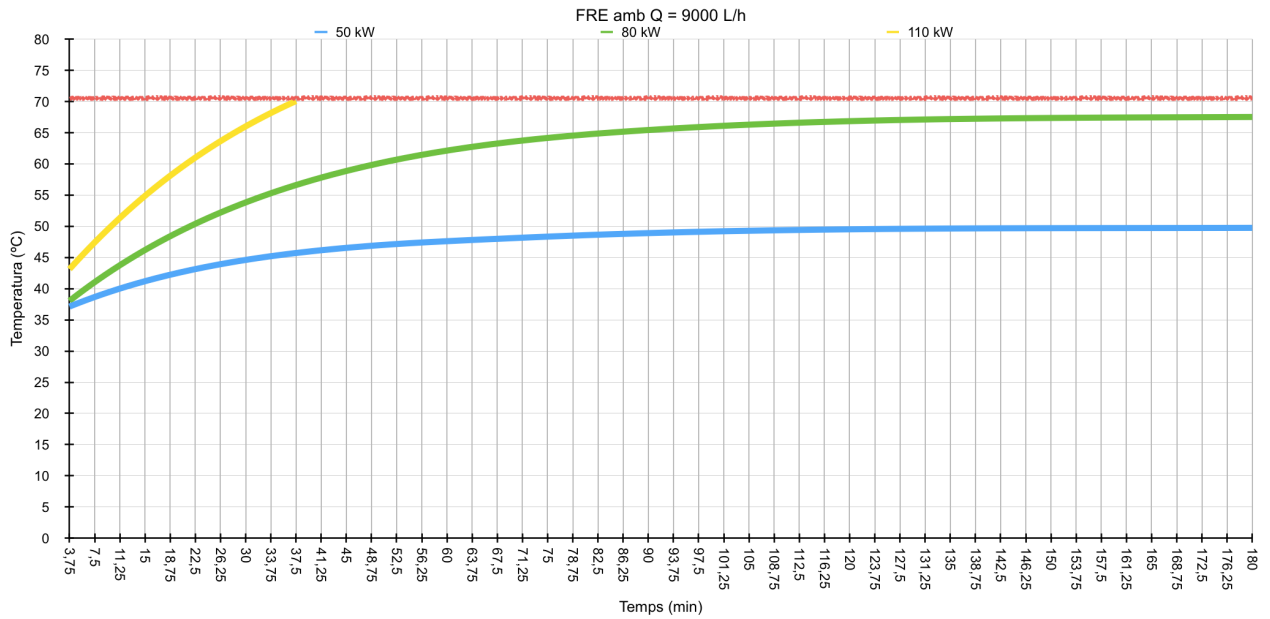


### 7.2.4. Hivern - temperatura ambient 19°C: Cabal fixe i potència del motor variable

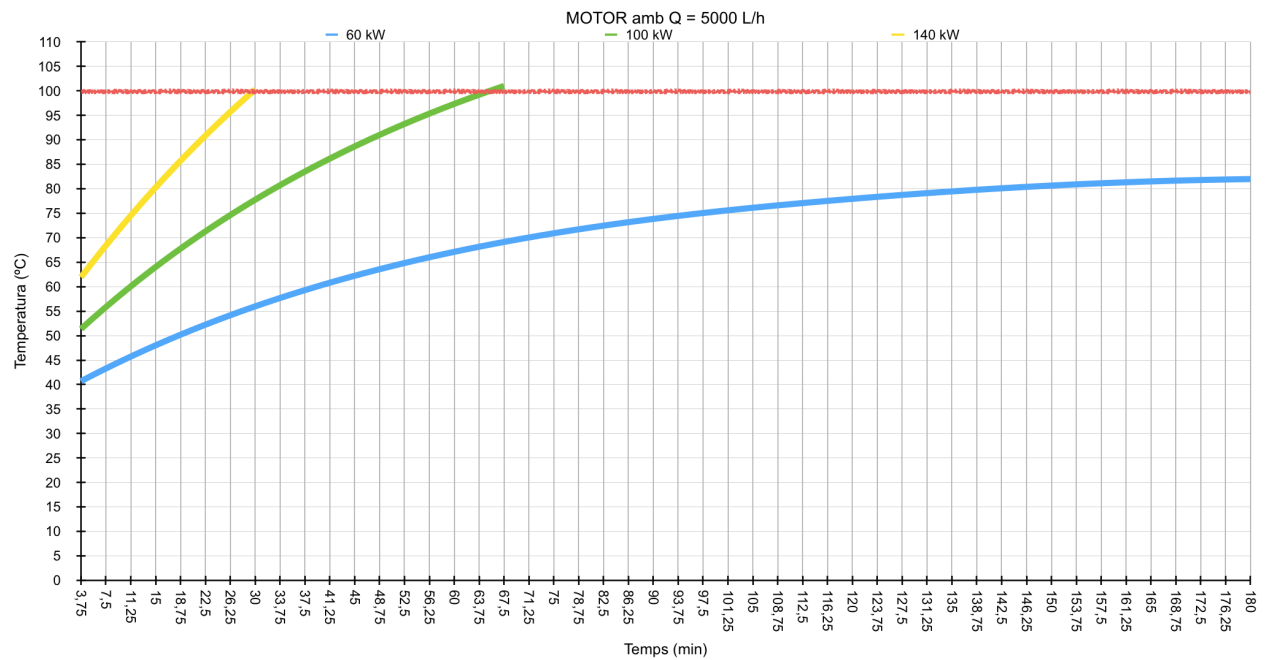


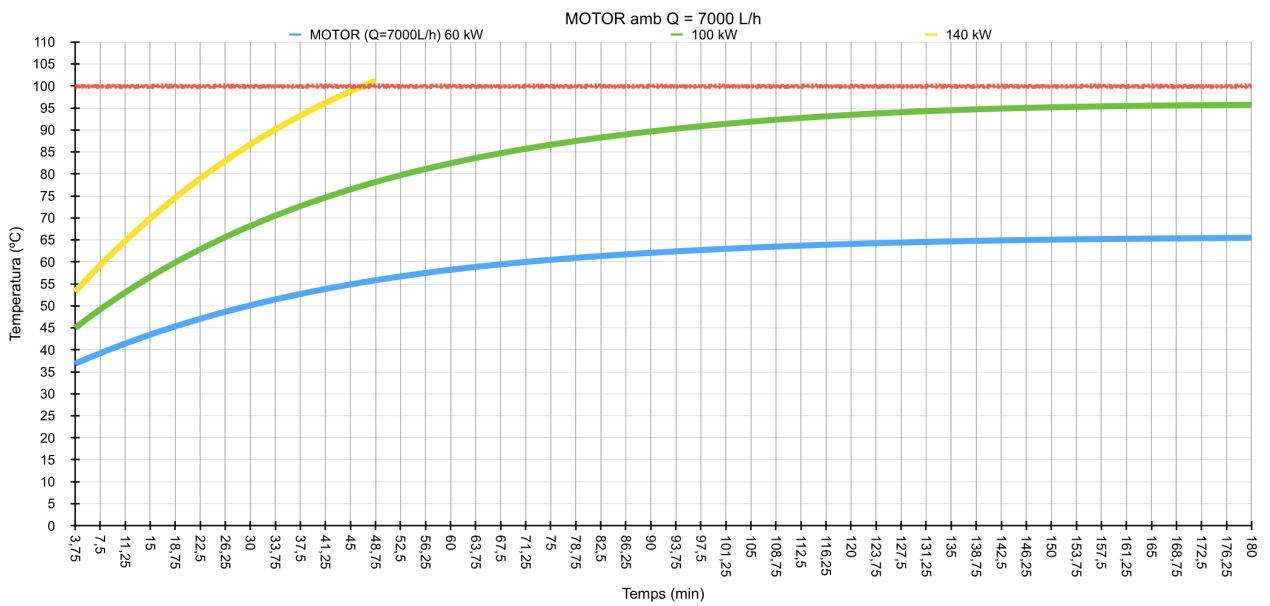
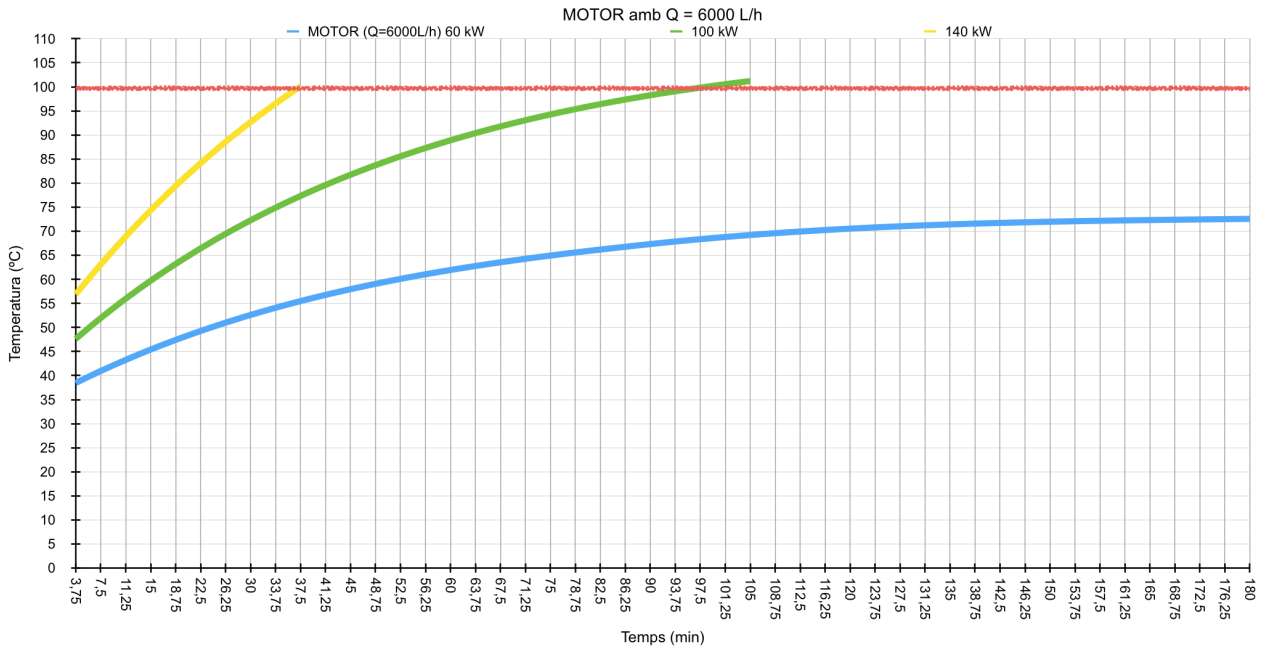


### 7.2.5. Fre: Estiu - temperatura ambient 25°C

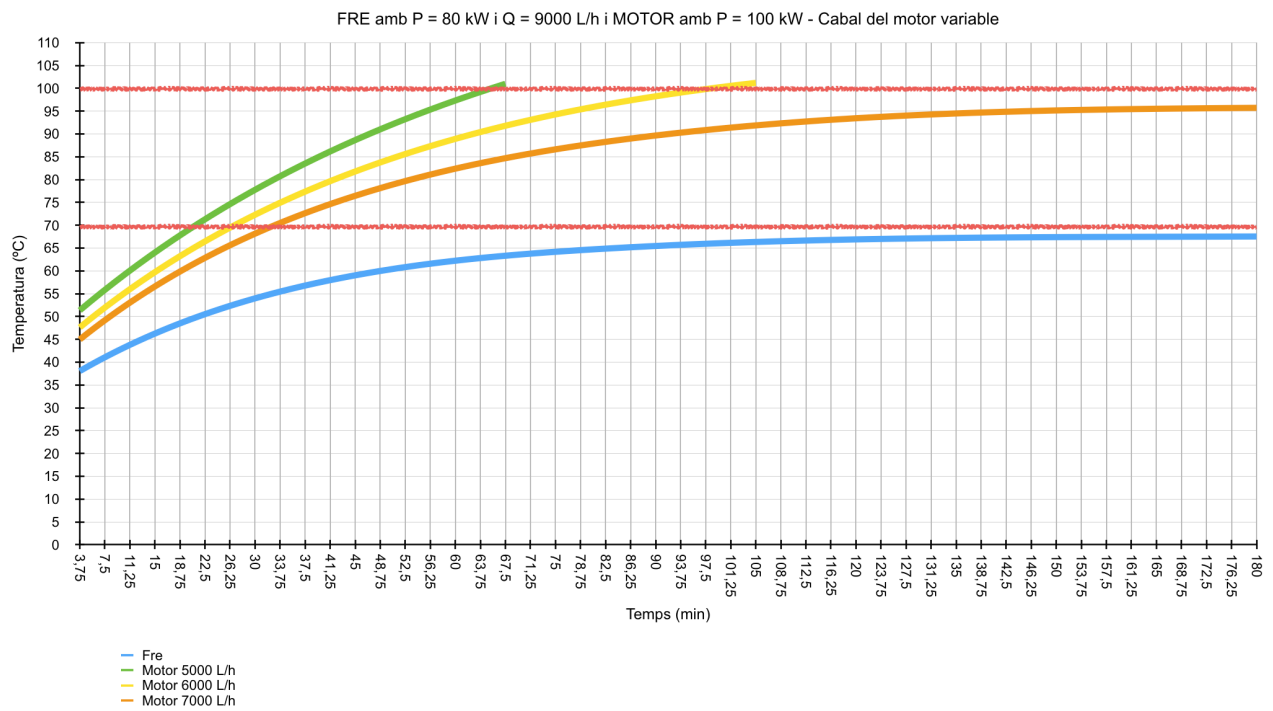
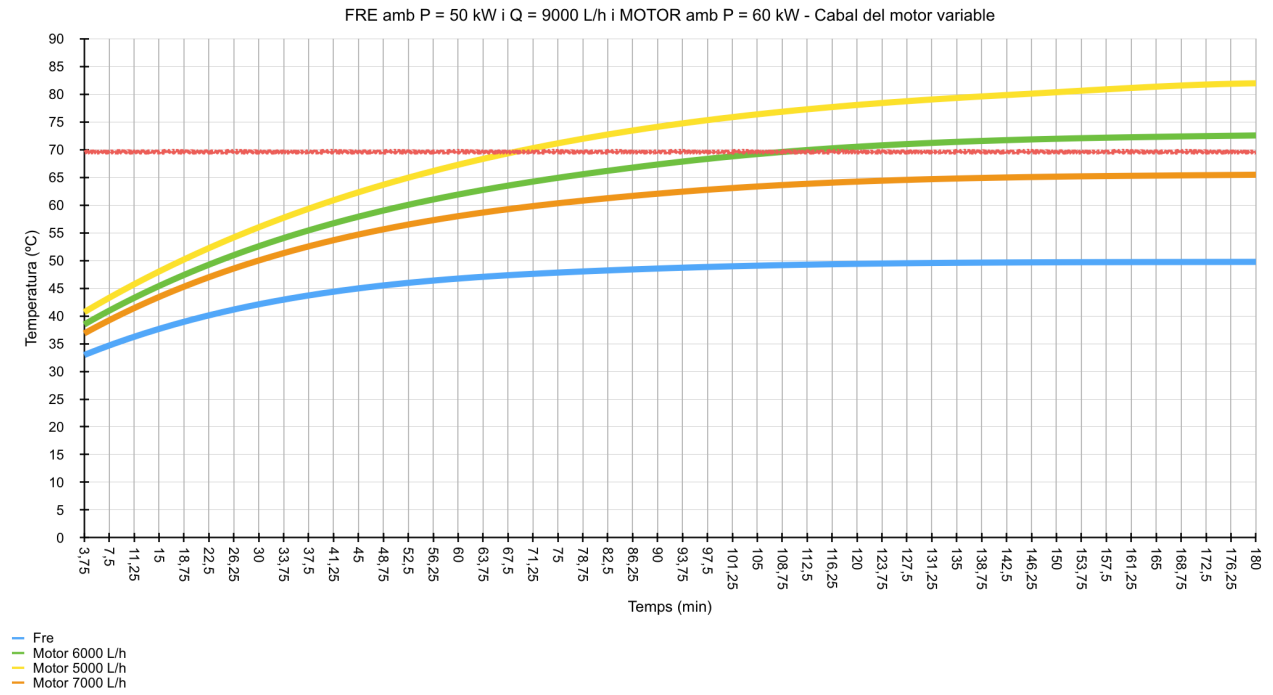


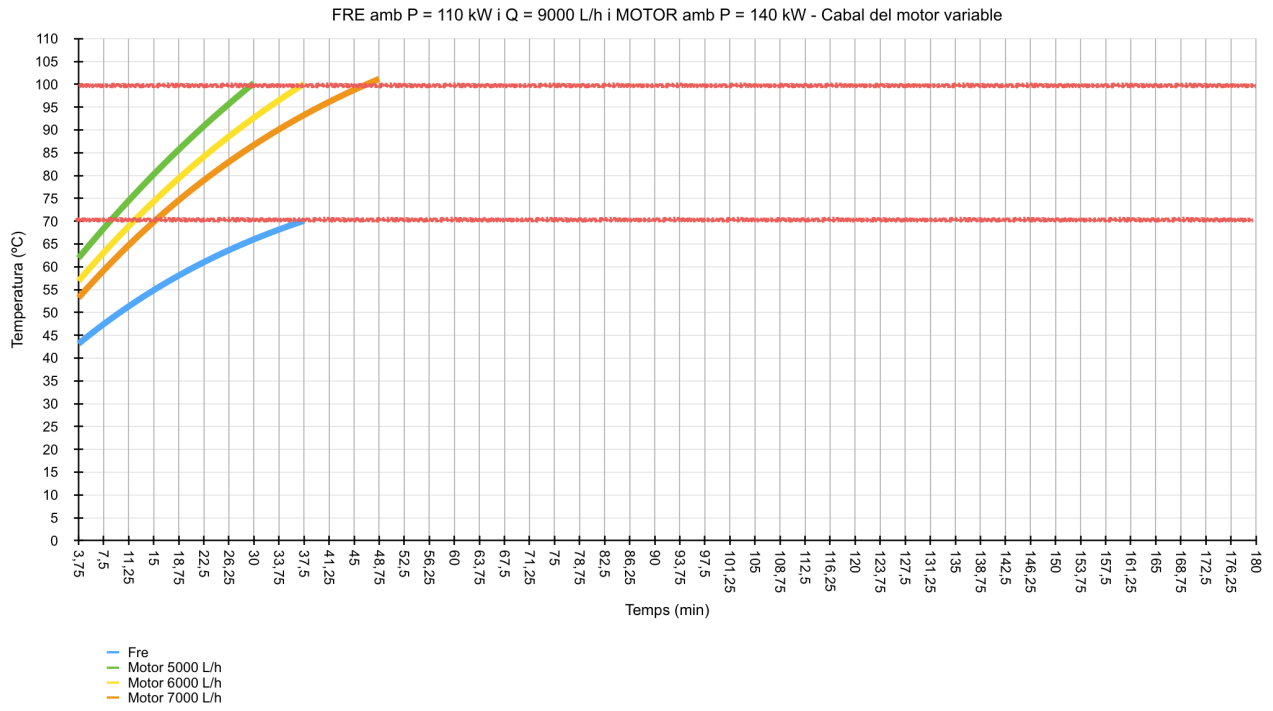
### 7.2.6. Motor: Estiu - temperatura ambient 25°C



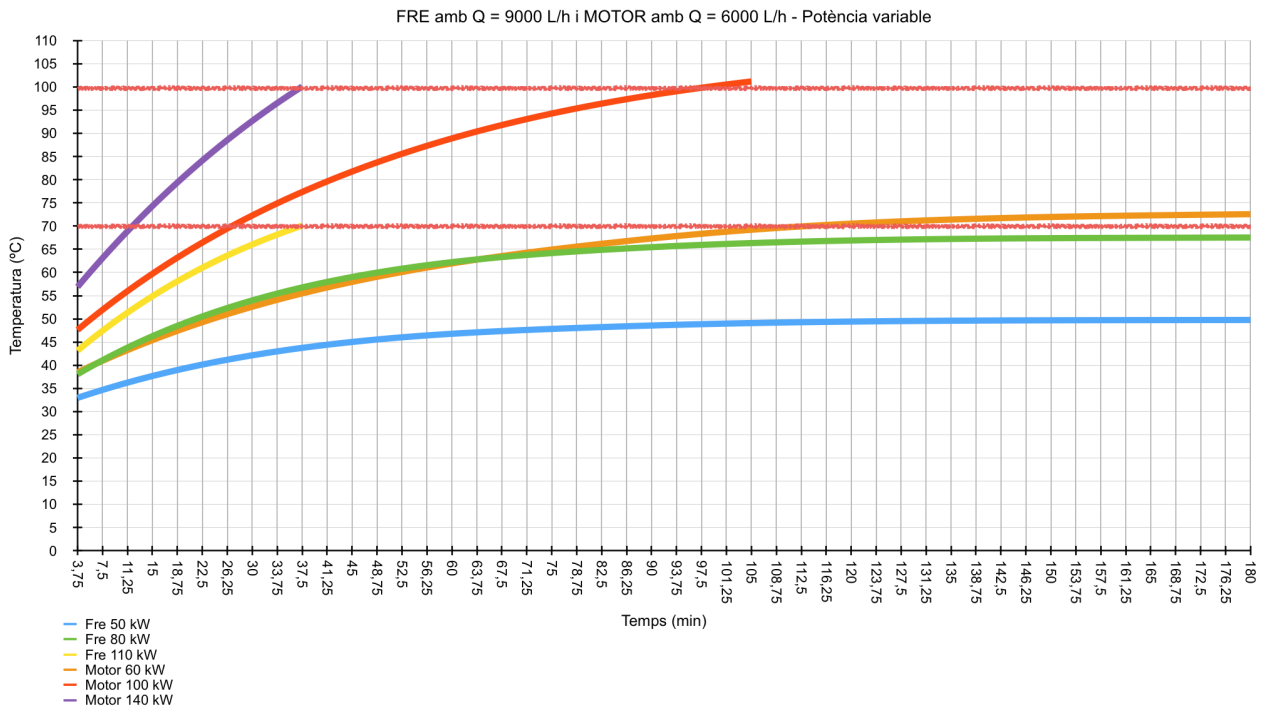
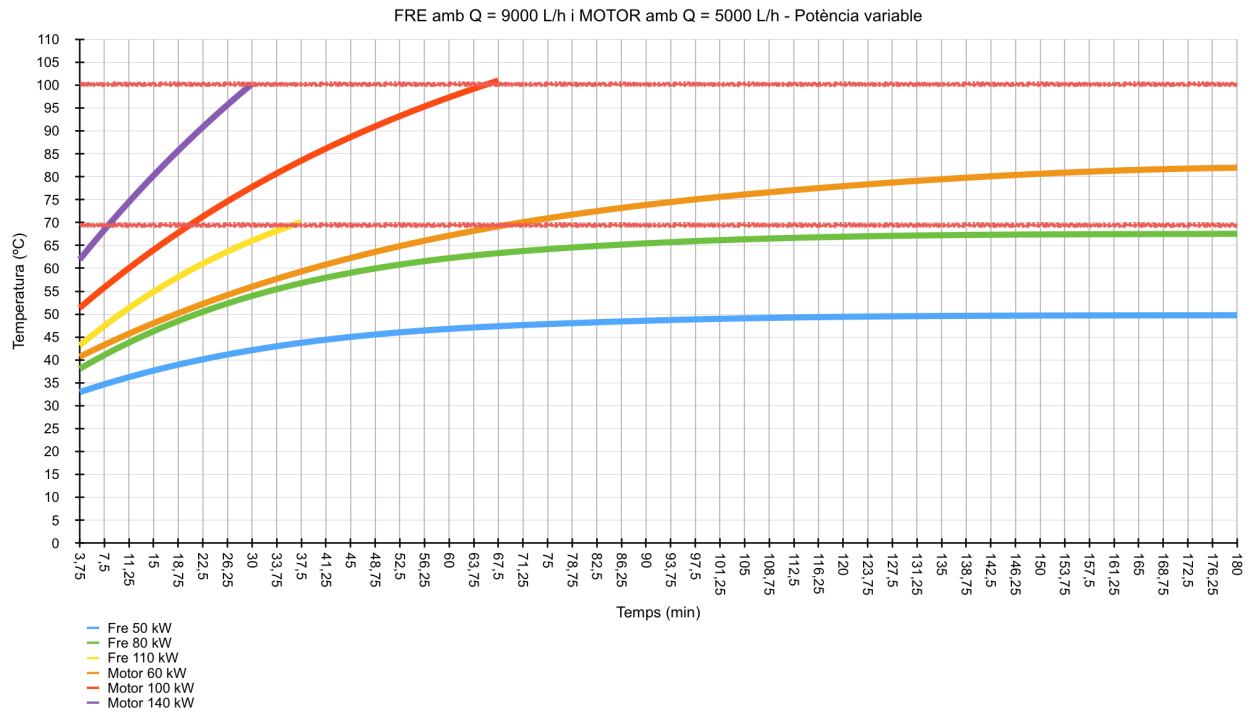


### 7.2.7. Estiu - temperatura ambient 25°C: Potència fixe i cabal del motor variable

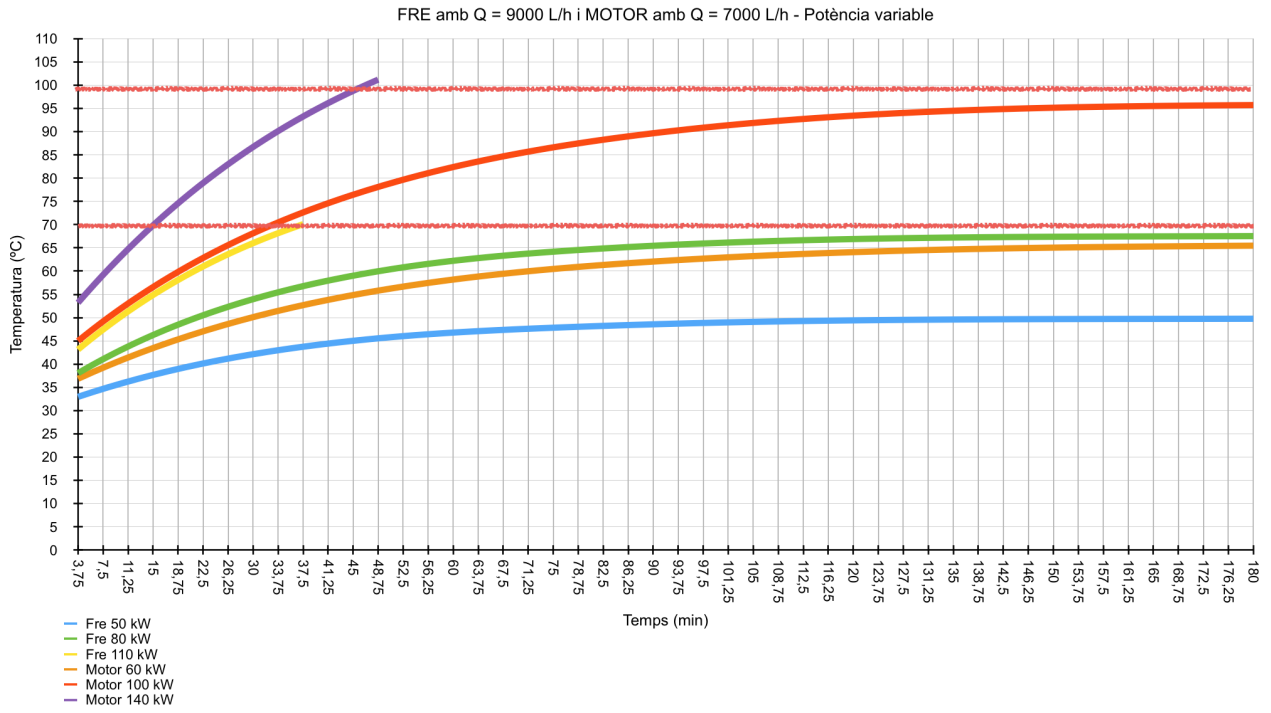




### 7.2.8. Estiu - temperatura ambient 25°C: Cabal fixe i potència del motor variable







### 7.3. Discussió

Cal dir que, com s'observa a les gràfiques, entre la situació d'estiu i la d'hivern no hi gaire diferència pel que fa a la temperatura final de la simulació.

Pel que fa a les temperatures podem dir que la càrrega de 84.2kW a l'eix del motor i 80kW al fre es troba molt al límit, en aquest cas s'han de dissipar 100kW en forma de calor al líquid refrigerant. Per a casos amb càrrega més elevada els assajos hauran de ser de curta durada, màxim 30 minuts, o bé s'ha d'introduir un mètode addicional de refrigeració.

Per a proves amb motors de potència neta inferior a 340kW, és a dir 84.2kW corresponents al 25% en l'eix i 100kW corresponents al 30% cedits a la refrigeració, no hi ha cap inconvenient a l'hora de fer assajos de llarga durada.

En canvi per a motors amb potències elevades que superen els 100kW cedits en forma de calor al refrigerant només es poden realitzar assajos de curta durada.

Pel que fa al cas de treballar amb el motor a una temperatura de treball baixa la instal·lació està limitada als 60-70kW cedits en forma de calor a la refrigeració. En aquest cas no se superen els 70°C que es consideren baixos per al règim de treball del motor.

## 8. PROPOSTES FINALS DE CIRCUITS DE REFRIGERACIÓ

Per als casos de gran potència s'ha pogut observar que la refrigeració amb aigua i tanc sense cap dispositiu addicional de refrigeració no és suficient, tant per al fre com per als motors. La simulació amb una càrrega de 84.2 kW a l'eix del motor i 80 kW per al fre dona resultats que es troben al límit per al màxim cabal de 7000 litres/hora. Per tant, podem dir que a partir d'una potència del motor de 90-100 kW cedits al refrigerant en forma de calor hem de buscar una solució per tal de millorar la refrigeració a l'hora de realitzar assajos de mitjana i llarga durada. Es proposa una refrigeració addicional de l'aigua a través dels unitermos que disposa la universitat. A continuació es mostren els circuits amb aquests intercanviadors de calor.

La distribució dels unitermos serà la mateixa tant per al circuit dels motors com per als frens, els dispositius es col·loquen de manera paral·lela per tal de poder utilitzar-los o no depenent de les necessitats. Depenent de la càrrega que apliquem és possible que es requereixin 1, 2 o fins i tot 3 unitermos. També hi juga un gran paper l'estat meteorològic, depenent de si ens trobem a l'estiu o a l'hivern tindrem unes capacitats de refrigeració o unes altres.

Amb la refrigeració addicional s'hauran d'utilitzar sondes de temperatura amb termoparell per tal de controlar la parada i l'engegada dels aparells que actuen d'intercanviadors de calor.

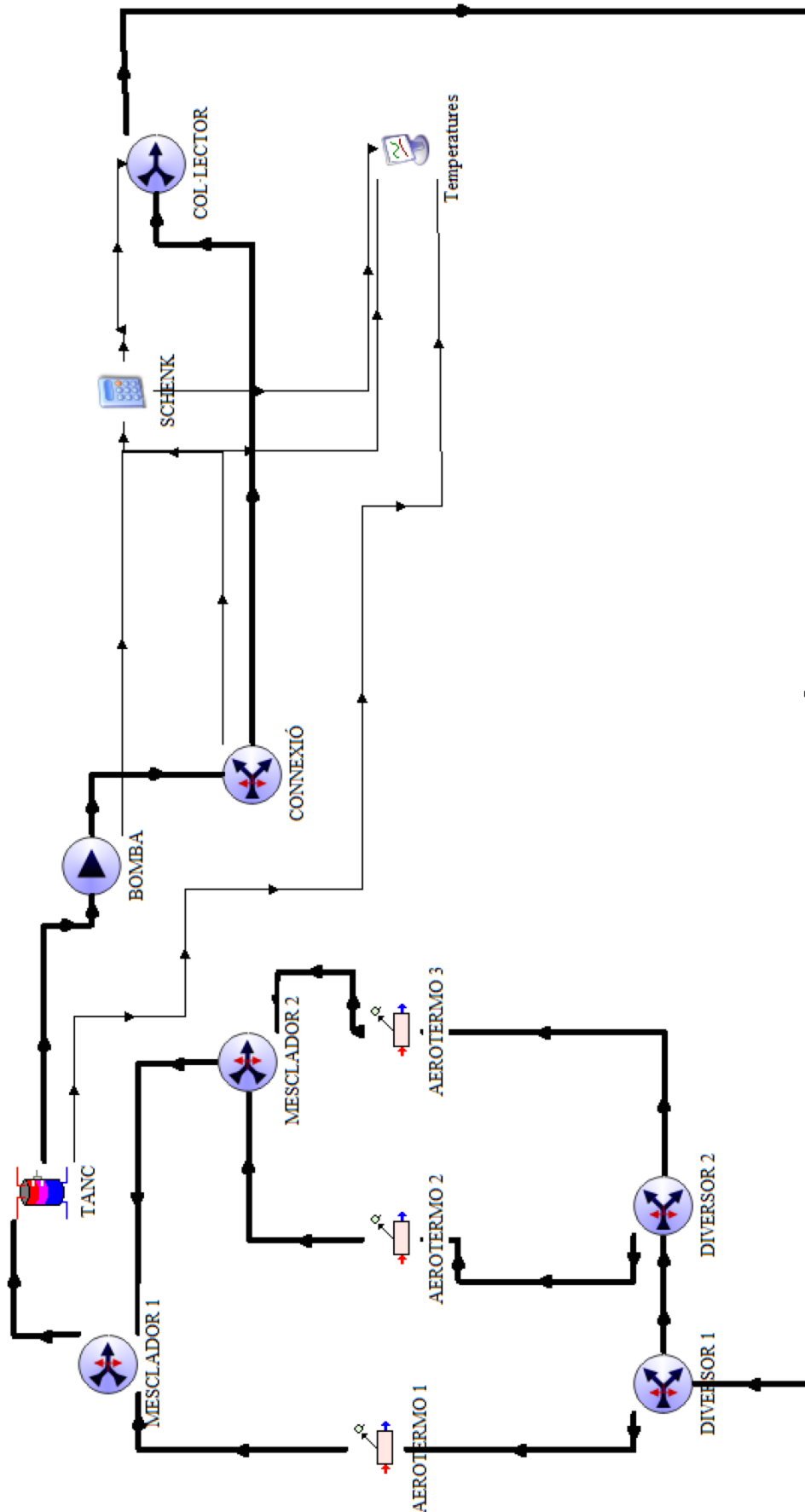


FIGURA 24: Circuit de simulació de la refrigeració per al fre SCHENCK amb unitermos - Trnsys

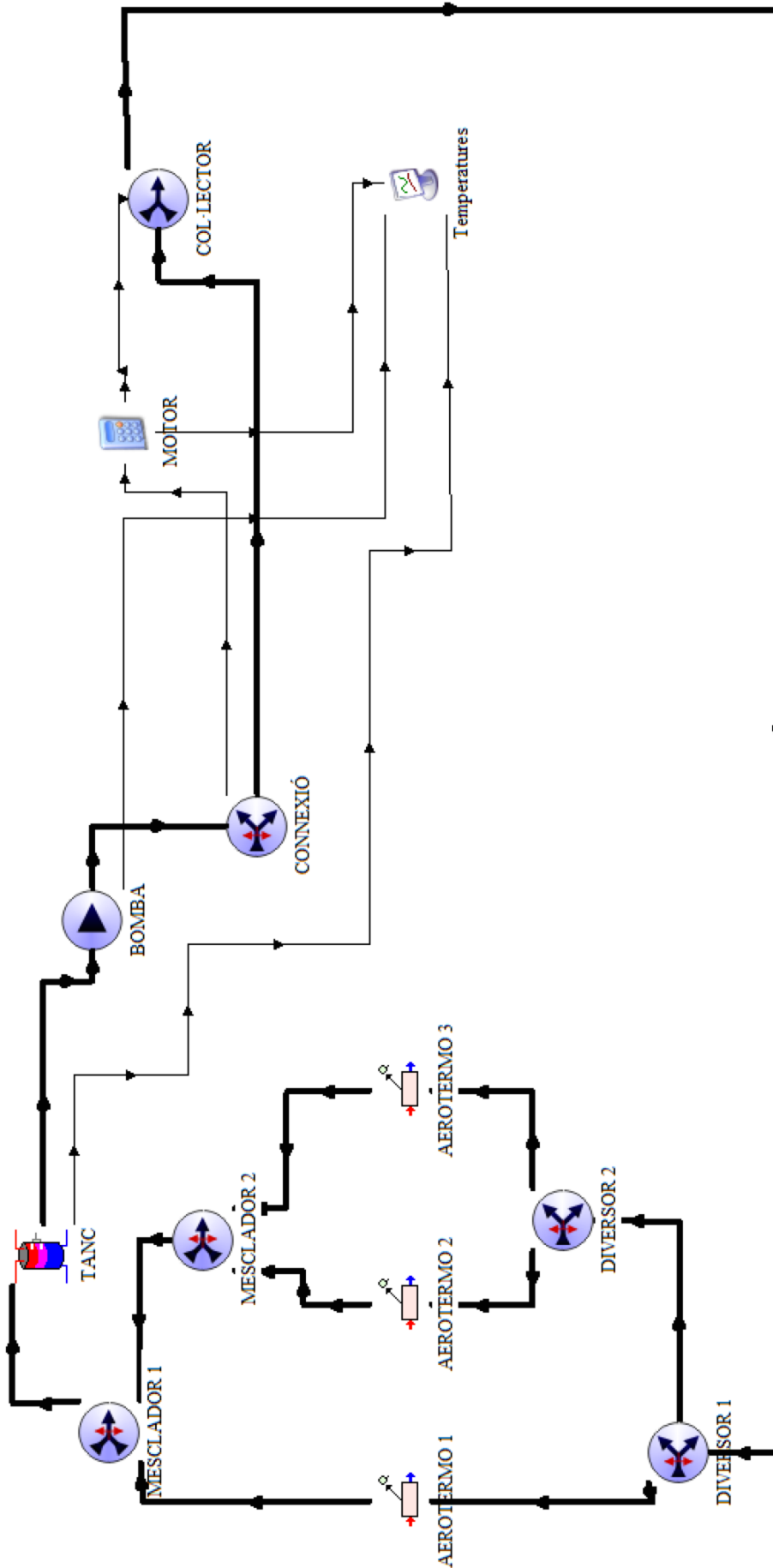
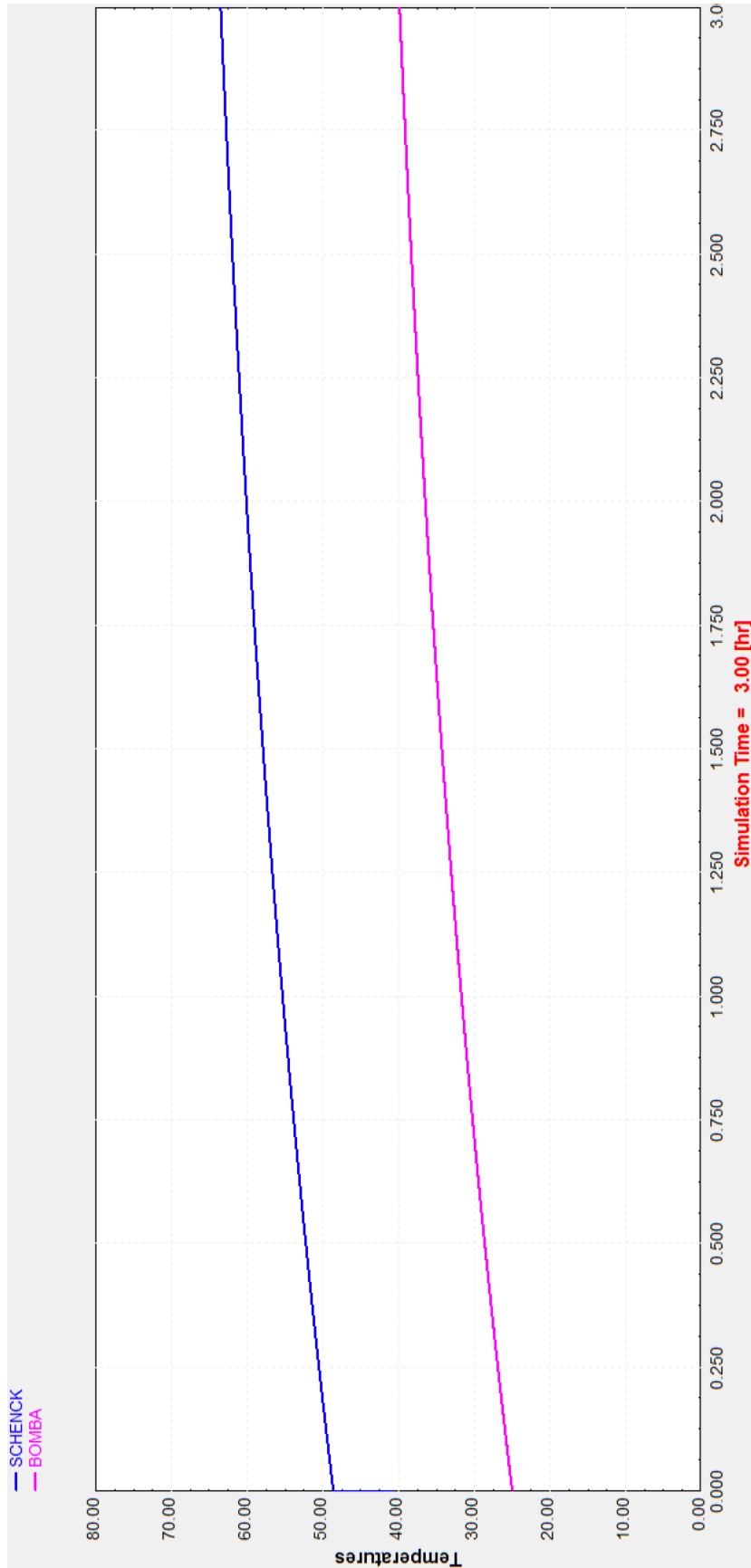
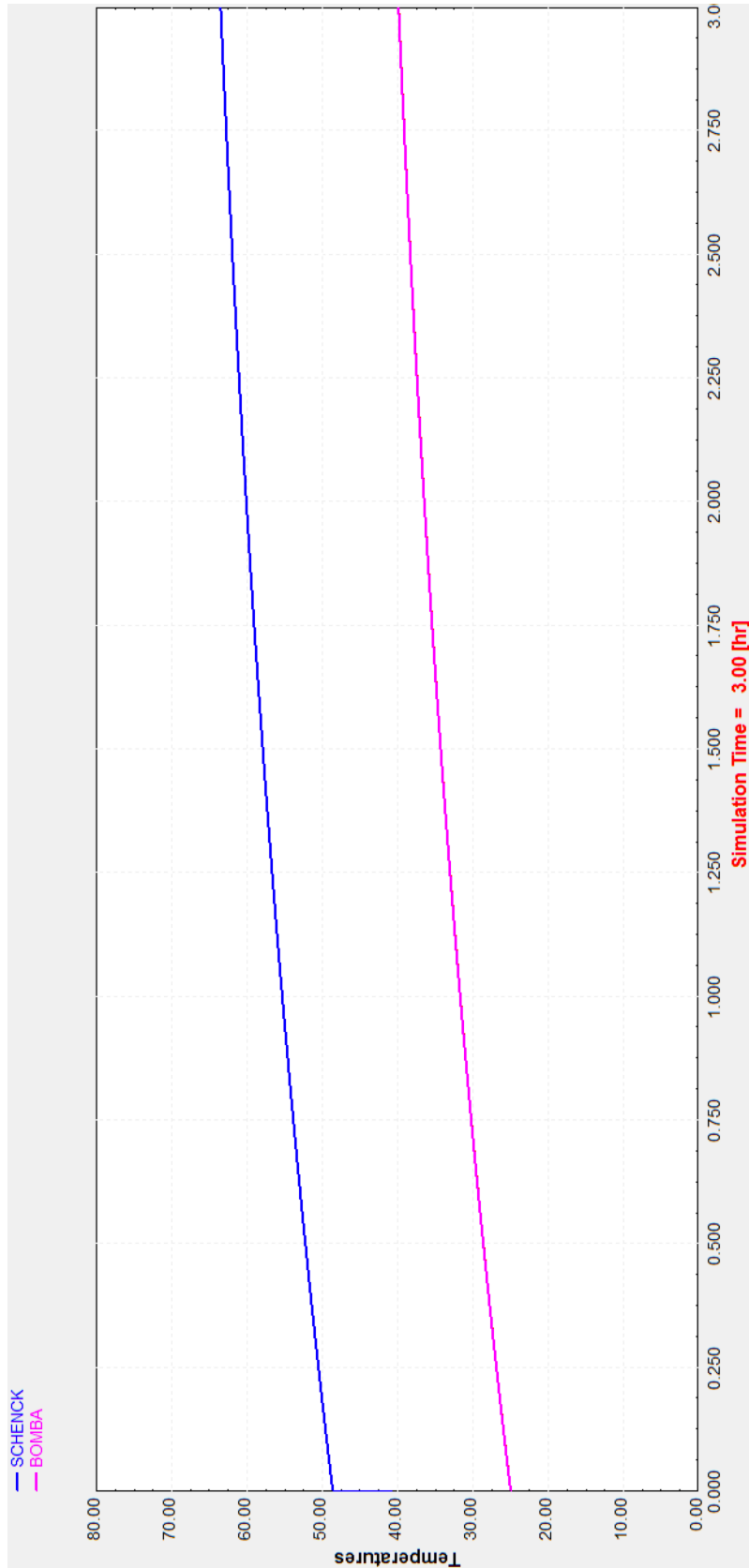


FIGURA 25: Circuit de simulació de la refrigeració per als motors a provar amb unitermos - Trnsys

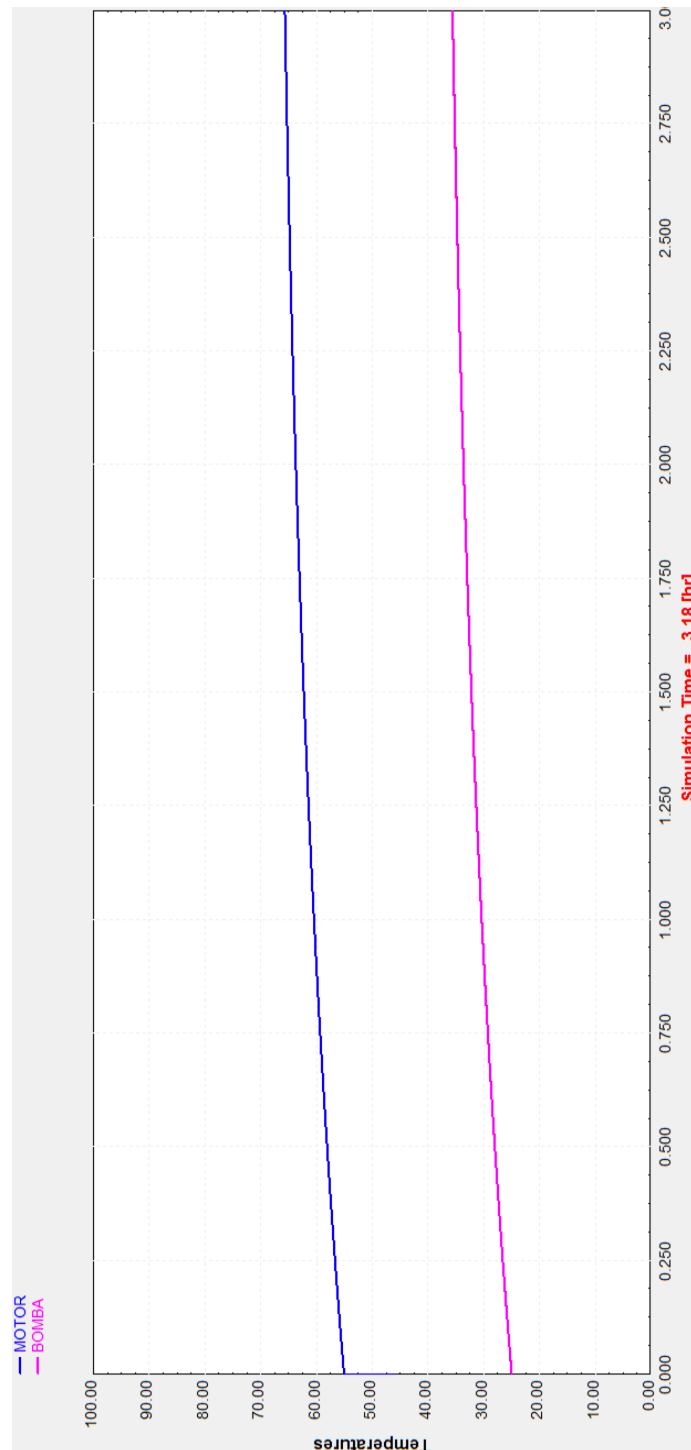
### 8.1. FRE: Estiu (25°C) a 110 kW i utilitzant 3 unitermos



## 8.2. FRE: Hivern (19°C) a 110 kW i utilitzant 2 unitermos



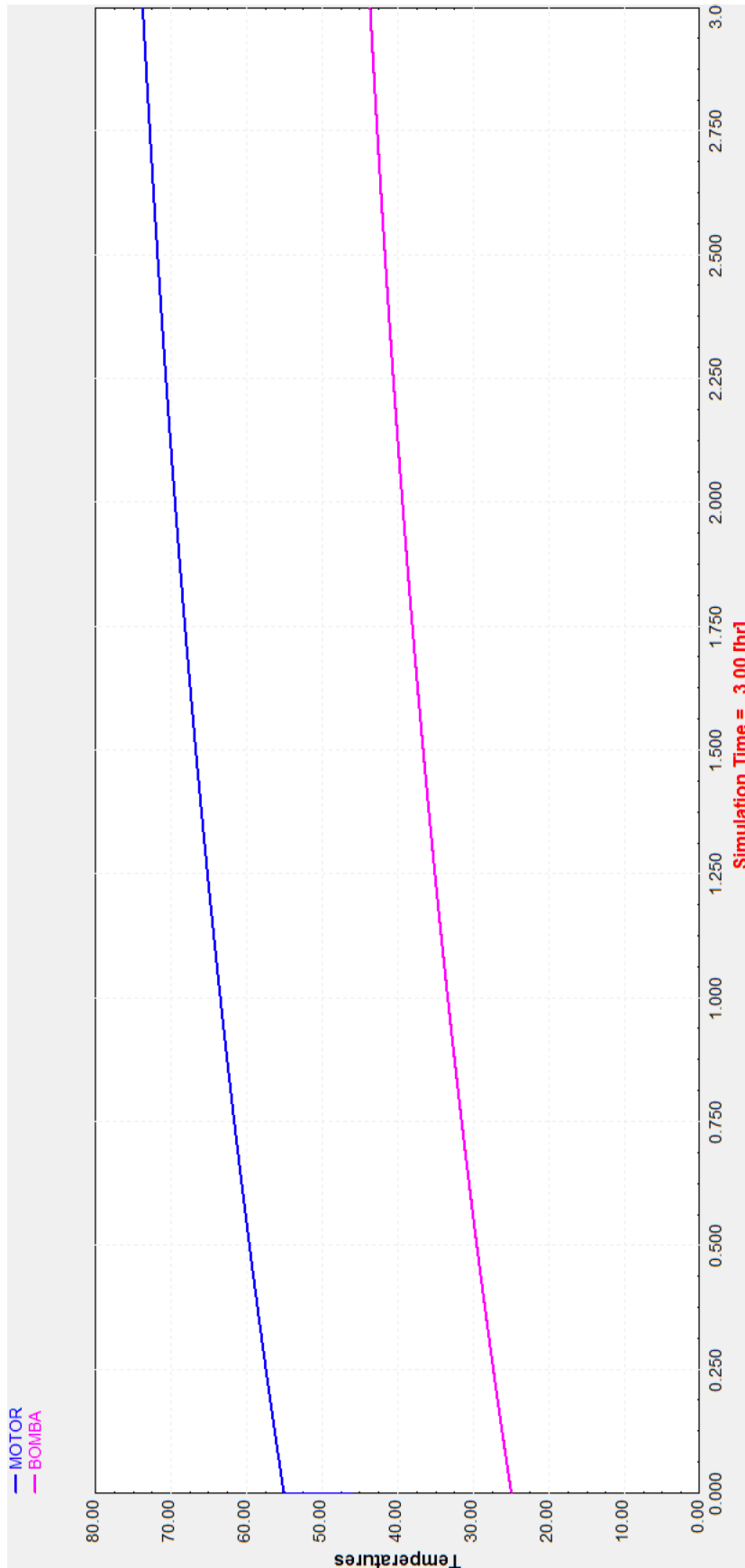
### 8.3. MOTOR: Estiu (25°C) amb 140 kW cedits a la refrigeració i utilitzant 2 unitermos a temperatura alta de treball del motor



En aquest cas si volem treballar a temperatura alta del motor, haurem d'anar apagant un dels intercanviadors i fixar un interval de temperatures d'engegada i parada. Aquest interval podria ser engegada a 95°C i parada a 80°C, per tal d'evitar que la temperatura descendeixi massa.



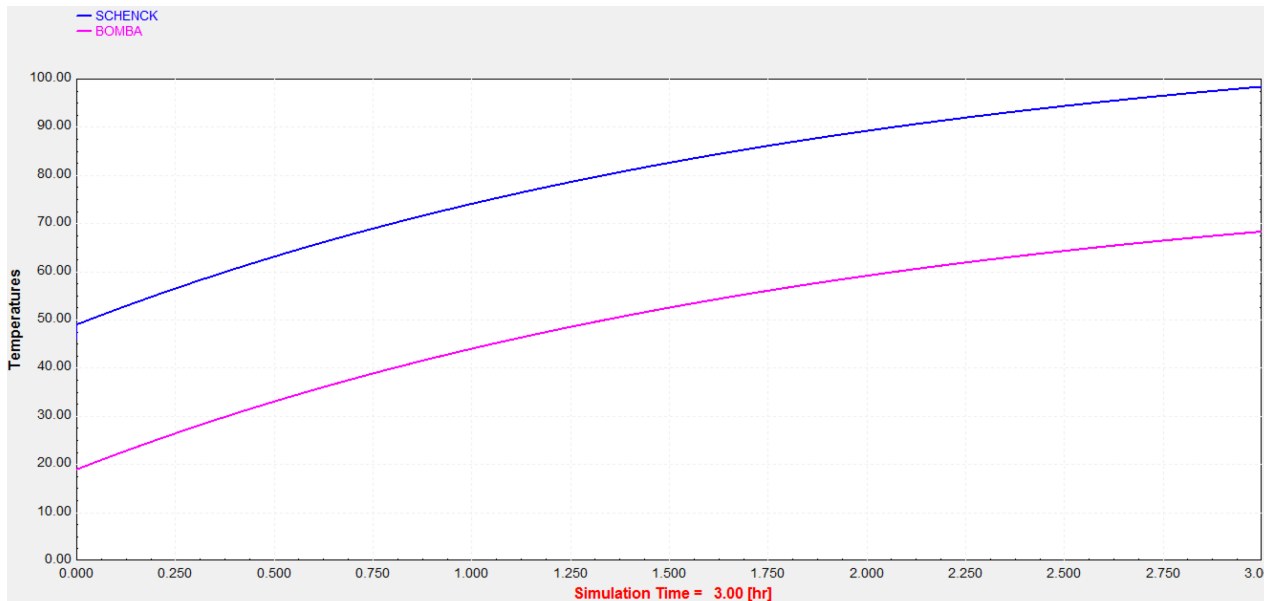
### 8.4. MOTOR: Estiu (25°C) amb 140 kW cedits a la refrigeració i utilitzant 3 unitermos a temperatura baixa de treball del motor



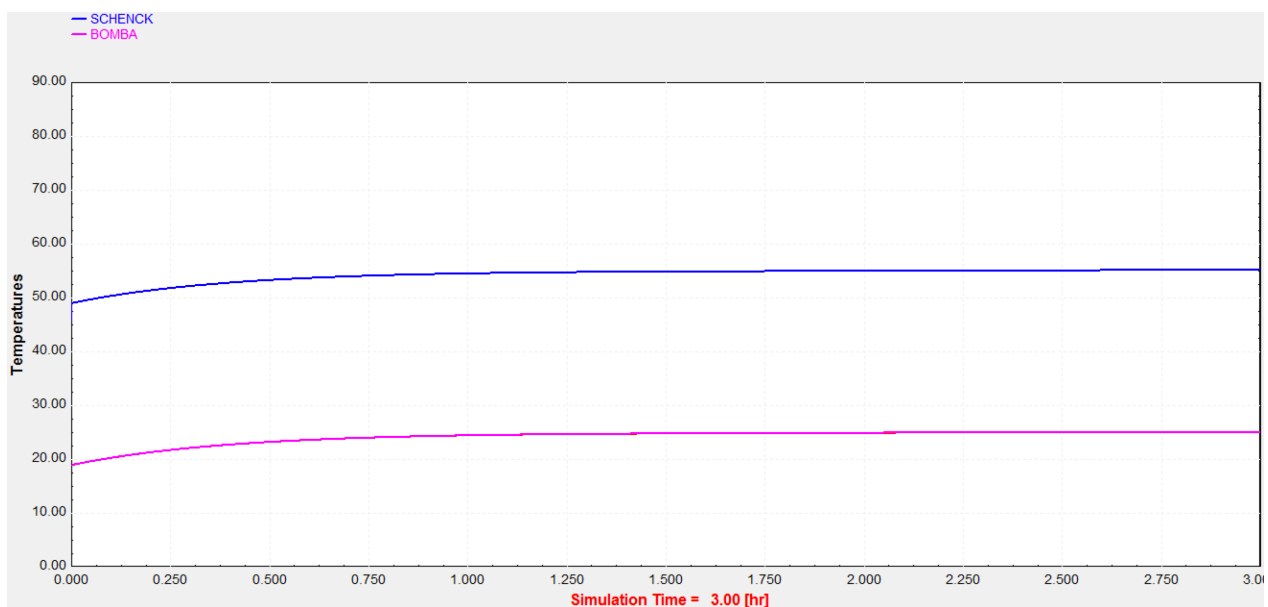
### 8.5. MOTOR: Hivern (19°C) amb 140 kW cedits a la refrigeració i 1-2 unitermos a temperatura alta de treball del motor

En aquest cas haurem d'anar apagant el segon aparell i engegar-lo només quan arribem al límit dels 100°C.

1 aparell intercanviador de calor engegat:

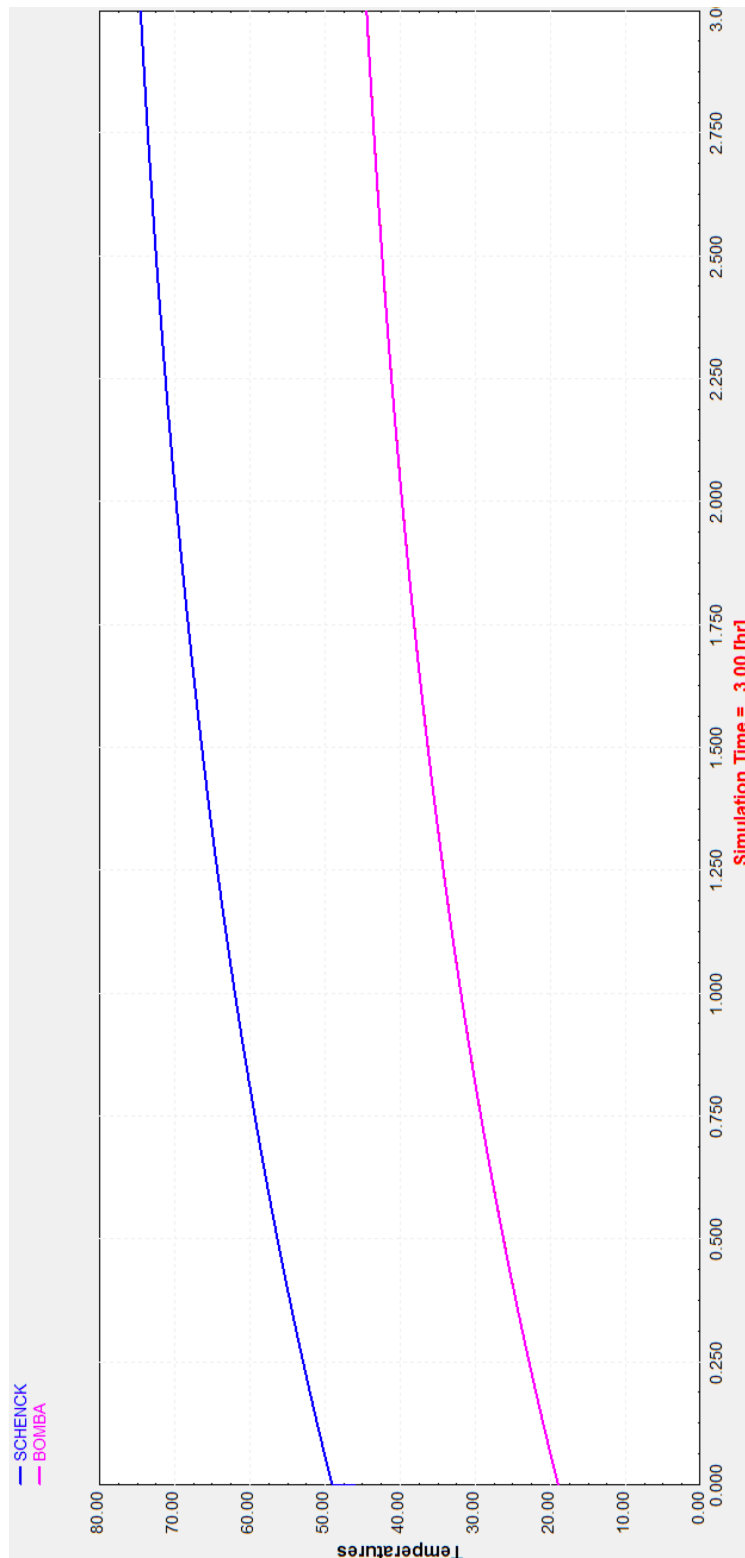


2 aparells intercanviadors de calor engegats:



## 8.6. MOTOR: Hivern (19°C) amb 140 kW cedits a la refrigeració i 1-3 unitermos a temperatura baixa de treball del motor

En aquest cas amb dos unitermos arribem al límit del valor de temperatura que podem considerar baix per a un motor en funcionament. Podríem arribar a engegar el tercer aparell.



## 9. CONCLUSIONS

Segons els resultats de les diferents simulacions realitzades arribem a una conclusió general molt important; Podem arribar a utilitzar el banc de proves amb un circuit de refrigeració simple que no suposa cap dificultat econòmica per a la Universitat. Podem dir que no hi ha cap inconvenient a l'hora d'utilitzar els aparells amb la instal·lació sense intercanviadors de calor (unitermos) ja que podem arribar a provar motors prou grans, arribant a una capacitat del fre de 80 kW, sense arribar a les temperatures límit durant un període de temps prou llarg. Podem realitzar fins i tot proves a plena càrrega sempre que aquests no siguin de llarga durada. Ara bé, si volem fer assajos de durada llarga a càrrega alta cal que ens plantejem utilitzar els intercanviadors de calor. Si fos aquest el cas tampoc no suposaria un cost econòmic tant gran ja que ja es disposa de sis d'aquests aparells, dels quals dos s'han de reparar.

Cal afegir que s'havia previst utilitzar el bescanviador de calor dissenyat per la universitat l'any 1987 però durant les simulacions s'ha vist que aquest no té prou capacitat com per complir amb les condicions necessàries de la instal·lació i s'ha optat per no utilitzar-lo. Encara que en les simulacions no s'hagi fet servir s'ha afegit la informació necessària del dispositiu per tal de poder utilitzar-lo si és el cas.

Aquest estudi tenia l'objectiu d'aprofitar els recursos de la Universitat dintre d'un marge molt econòmic i s'ha pogut veure que això és perfectament possible. El simple fet d'estudiar les diferents opcions a través d'unes simulacions ja suposa un estalvi ja que d'aquesta manera s'ha pogut evitar la instal·lació d'aparells innecessaris de cost alt.

# **Annexos**

## **Annex A. INFORMACIÓ GENERAL**

### **A.1. Motors**

En aquest apartat s'exposaran generalitats sobre motors que ens interessin per al banc d'assaig per al qual s'estudia la refrigeració.

#### **A.1.1. Motors utilitzats en la tracció de vehicles: Motors tèrmics**

Aquest tipus correspondrà a la gran majoria de motors que es provaran. Els motors tèrmics són màquines on la calor, produïda mitjançant la combustió de certes substàncies, es transforma en treball. Aquesta calor és l'energia química d'un combustible.

Segons el tipus de combustió que té lloc per produir l'energia que es transforma en treball, els motors tèrmics es divideixen en dos subgrups:

- 1) **MOTORS EXOTÈRMICS:** Els motors exotèrmics són motors de combustió externa, és a dir, la combustió es produeix separat del fluid operador. El fluid que realitza el treball no està directament afectat per la combustió, però es produeixen transformacions de caràcter físic (variacions en les condicions de pressió i temperatura) a conseqüència de la calor produïda per la combustió. Els motors de combustió externa, actualment, no s'utilitzen gaire sovint en la tracció de vehicles.
- 2) **MOTORS ENDOTÈRMICS:** Els motors endotèrmics són motors de combustió interna, és a dir, la combustió es produeix junt al fluid operador, i, a part de les transformacions de caràcter físic (variacions en les condicions de temperatura i pressió) també tenen lloc transformacions de caràcter químic (reaccions químiques entre el combustible i el comburent).

#### **A.1.2. La transferència de calor en el motor tèrmic**

El motor, com a màquina tèrmica, està dotat d'una superfície estructurada amb, com a mínim, sis fronteres fluídiques; gasos dels cilindres, gasos d'admissió, gasos d'escapament, refrigerant, lubricant i aire ambiental. A més, té una frontera de fricció pistó-cilindre. És una màquina molt complexa des del punt de vista tèrmic, sobretot perquè les fronteres esmentades anteriorment són de naturalesa transitòria i depenen del punt d'operació del motor.

Les temperatures de l'estructura i dels fluids són els factors que limiten la potència específica del motor y per això és molt important garantir els nivells de temperatura de forma segura segons les limitacions tèrmiques dels materials estructurals i les propietats dels fluids. El que més interessa en els motors de combustió és optimitzar la combustió i, d'aquesta manera, minimitzar el consum i les emissions de contaminants. Tant en l'eficiència com en la combustió del motor hi juga un paper molt important la refrigeració.

### A.1.3. Transferència de calor al refrigerant i comportament tèrmic general

L'eficiència d'un motor de combustió interna fa referència al percentatge de l'energia resultant de la combustió que realment és utilitzada per moure un vehicle o un mecanisme, és a dir, l'energia mecànica resultant.

El diagrama de la figura 3 descriu la distribució de l'energia d'un motor tèrmic de gasolina de combustió interna. Del 100% de l'energia obtinguda a partir de la combustió només un 25% és aprofitable per ser transformat en energia mecànica i produir moviment. Un 5% es perd en fricció i circuits per corrents paràsits, un 40% s'escapa en forma de calor amb els gasos de combustió i el 30% restant, en forma de calor, es transmet al fluid refrigerant per tal d'evitar un sobreescalfament del conjunt motor.

Pel que fa als motors impulsats amb dièsel i motors de gasolina amb excés d'aire (combustió magre) el percentatge aprofitat per a convertir en energia mecànica és més alt, pot arribar a ser del 35%.

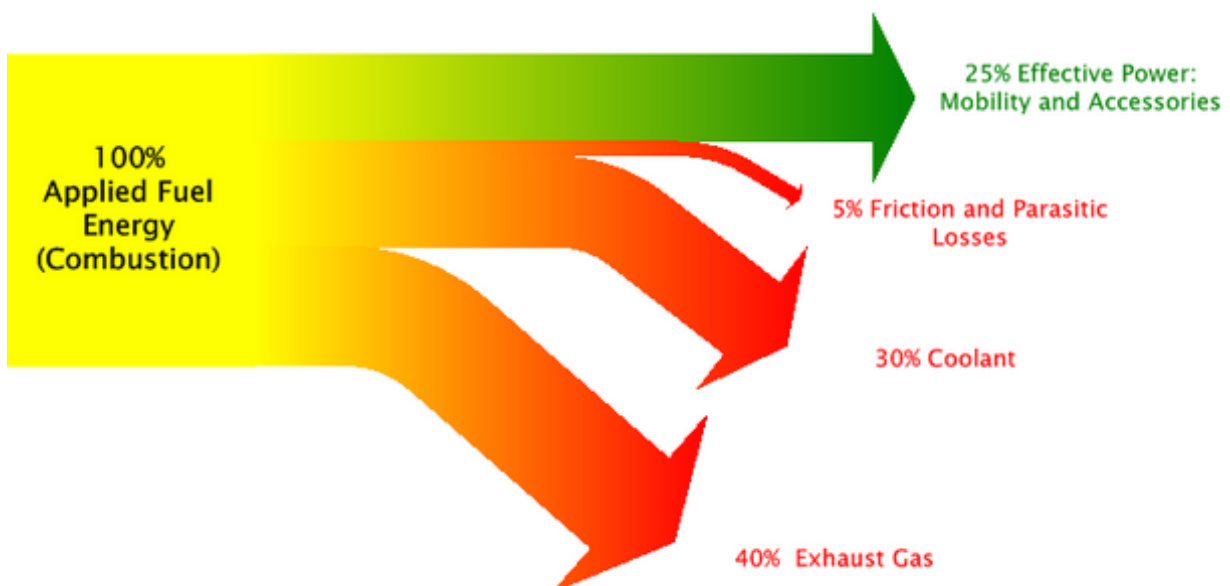


FIGURA 26: Distribució general de l'energia d'un motor tèrmic de combustió interna - [http://www.greencarcongress.com/2005/02/doe\\_cofunds\\_12\\_.html](http://www.greencarcongress.com/2005/02/doe_cofunds_12_.html)

## **A.2. Bescanviadors de calor**

### **A.2.1. Introducció**

Els bescanviadors són dispositius amb una gran varietat d'aplicacions tant en l'àmbit industrial com en l'àmbit dels usos domèstics. En el cas dels motors els intercanviadors de calor bàsicament s'utilitzen per proporcionar una refrigeració forçada als components del motor ja que aquests no poden suportar les tensions que es generen degut a les altes temperatures provocades per la calor dissipada en la combustió.

Els bescanviadors són dispositius utilitzats per transferir calor d'un corrent de fluid calent a un altre corrent de fluid fred. En els bescanviadors podem trobar dos o més corrents de fluid però sempre es donarà la mateixa situació, uns actuen de font de calor mentre els altres fan de receptor de la calor. Coneixent aquest procés es veu clarament que és essencial triar correctament els materials de disseny de l'equip per tal de garantir la màxima transferència de calor tenint en compte altres factors importants que podrien afectar a la vida útil i el funcionament del dispositiu.

Els dos fluids essencials que participen en el procés de transferència s'anomenen:

- FLUID PRIMARI: És el fluid que aporta l'energia tèrmica a intercanviar.
  
- FLUID SECUNDARI: És el fluid que rep l'energia tèrmica d'intercanvi.

### **A.2.2. Classificació**

Aquests dispositius generalment es classifiquen segons direcció i sentit dels fluxos que els travessen.

Així, pel que fa a la direcció, podem classificar dos tipus:

- 1) BESCANVIADOR DE FLUX PARAL·LEL: Les direccions de flux dels fluids que el travessen són paral·leles.
  
- 2) BESCANVIADOR DE FLUX CREUAT: Les direccions de flux dels fluids que el travessen formen entre ells un angle diferent de zero graus.



Dins de la família de bescanviadors de flux paral·lel podem trobar dues categories:

- 1) BESCOCANVIADOR PARAL·LEL A CONTRACORRENT: Els sentits de circulació dels fluids que el travessen són oposats, és a dir, sentits contraris.
- 2) BESCOCANVIADOR PARAL·LEL A EQUICORRENT: Els sentits de circulació dels fluids que el travessen són iguals, és a dir, flueixen en el mateix sentit. En aquest cas es posen en contacte els punts de temperatura més alta del fluid calent i més baixa del fluid fred.

### A.2.3. Bescanviador de plaques

Aquests dispositius estan constituïts per una serie de plaques metàl·liques que s'acoblen en un marc, també metàl·lic, que les manté unides. A més disposen d'una placa fixe i una mòbil per tal de garantir el tancament hermètic del conjunt. El fluid travessa el dispositiu de manera paral·lela passant per les plaques

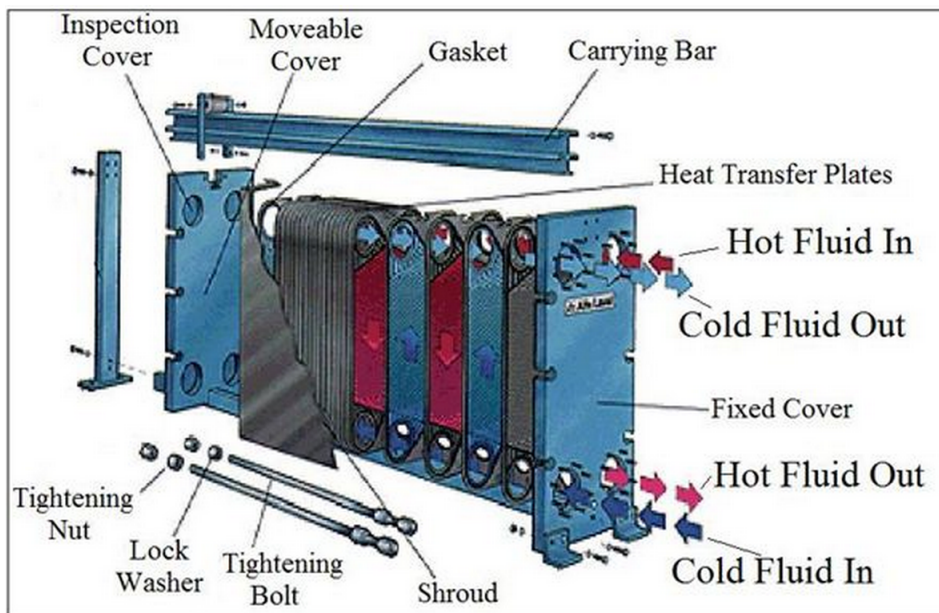


FIGURA 27: Bescanviador de plaques - <http://www.brighthubengineering.com/hvac/61791-features-and-characteristics-of-the-flat-plate-heat-exchanger/>

### A.2.4. Bescanviador de feix tubular i carcassa

És el tipus de bescanviador més comú. Aquest intercanviador de calor està constituït per un o més tubs dins d'una carcassa. Per els tubs circula un dels fluids i per la carcassa, que està dotada d'una tovera d'entrada i una de sortida, l'altre. Perpendicular als tubs interiors es col·loquen unes plaques per tal de garantir la distribució uniforme del fluid que circula per la carcassa. Aquests bescanviadors poden ser de flux paral·lel equicorrent o cocorrent.

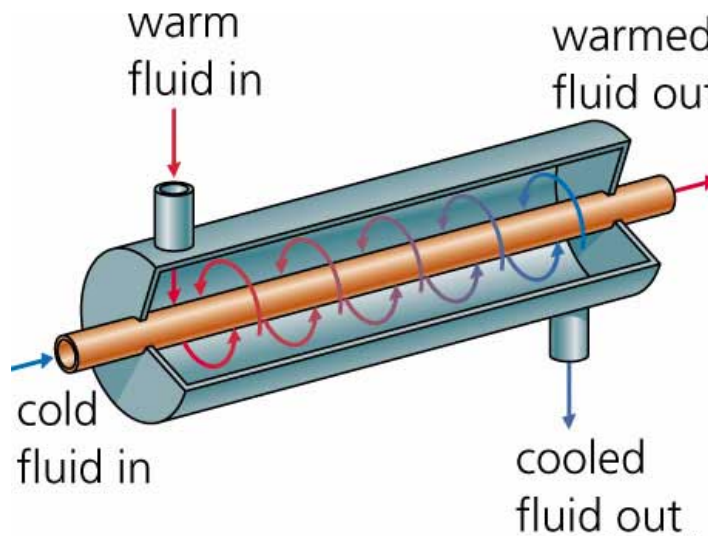


FIGURA 28: Intercanviador de tubs concèntrics i flux paral·lel a equicorrent - <http://www.yourdictionary.com/heat-exchanger>

## A.3. Frens dinamomètrics

### A.3.1. Introducció

L'origen del fre dinamomètric és el fre de Prony, L'interès per conèixer la potència realment dissipada en l'eix d'una màquina de vapor va motivar a l'enginyer i matemàtic francès Gaspar M. Riche, baró de Prony, a inventar el 1802 un fre de mordasses com a sistema per a determinar el parell d'un motor.

### A.3.2. Funcionament

Els frens dinamomètrics són els dispositius del banc de proves destinats a l'absorció i dissipació de la potència generada i a mesurar el parell disponible en l'eix del motor que es prova, per tant, el fre és el component fonamental per a l'obtenció de les corbes característiques del motor.

Encara que aquests dispositius poden operar segons diversos principis, cada fre consta d'un rotor que gira solidari a l'eix del motor i un estator basculant que exerceix un parell resistent que s'oposa a aquest gir. Habitualment el conjunt frenant és el que està en suspensió, ja sigui pel seu eix o bé per la seva carcassa. L'estator del fre està fixat a un dinamòmetre mitjançant una palanca. A més, el conjunt està dotat d'un dispositiu per variar el parell resistent, parell de frenada, i d'un sistema per dissipar la potència absorbida.

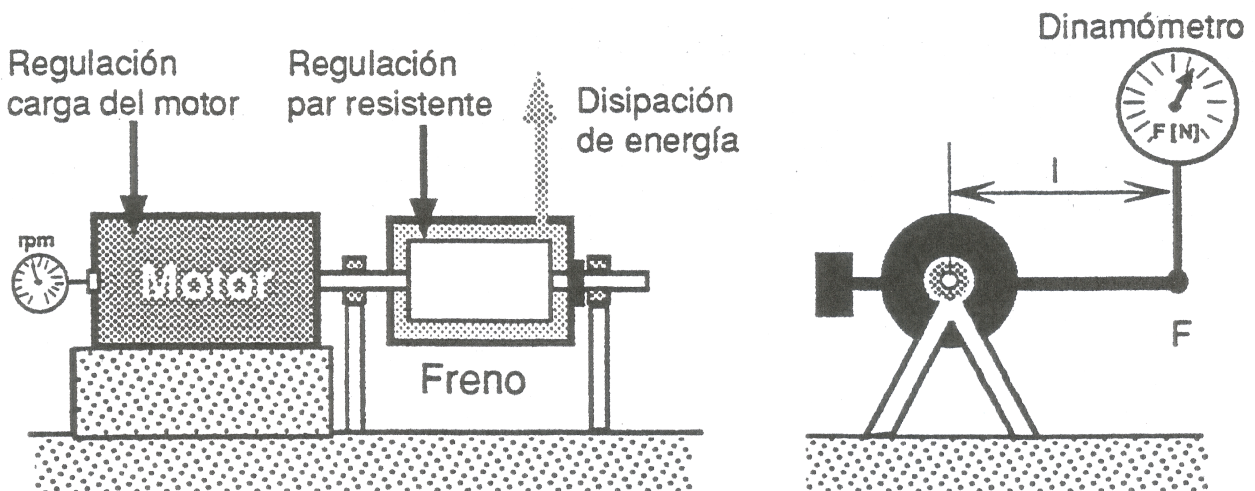


FIGURA 29: Esquema d'un banc dinamomètric per l'assaig de motors tèrmics, vista lateral i frontal - Motores de combustión interna : fundamentos / Ramón Carreras Planells, Angel Comas Amengual, Antonio Calvo Larruy, Barcelona : Edicions UPC, 1993.

### A.3.3. Classificació

La diferències principals entre els diferents frens que podem trobar, pel que fa a l'àmbit d'assaigs de motors tèrmics, és la magnitud de la força resistent, el tipus d'element que fa la funció de frenar i la manera de dissipar l'energia absorbida. A la taula adjunta (Taula 5) es classifiquen els frens segons les característiques anteriorment esmentades.

Entre els diferents tipus de frens utilitzats actualment en la major part de laboratoris trobem el fre hidràulic, el fre electromagnètic o de corrents de Foucault i el dinamo-fre.

TIPUS DE RESISTÈNCIA	ELEMENT QUE FRENA	ACCIÓ PER FRENAR	DISSIPACIÓ
<b>MECÀNICA</b>	Un cos sòlid (fusta, ferro...)	Fricció	Tèrmica
	Líquid (aigua, oli...)	Fricció líquid viscos	Tèrmica
	Líquid (aigua, oli...)	Fricció líquid turbulent	Tèrmica
	Gas (aire)	Fricció aerodinàmica	Tèrmica
<b>ELECTROMAGNÈTICA</b>	Corrents de Foucault	Camp electromagnètic	Tèrmica
	Pols magnètica	Fricció viscomagnètica	Tèrmica
	Generador dinamo	Camp electromagnètic	Elèctrica
	Alternador	Camp electromagnètic	Elèctrica

TAULA 5: Classificació dels frens dinamomètrics

### A.3.4. Corbes característiques

A l'hora d'escollir un fre s'hauran de tenir en compte les corbes característiques de disseny que delimiten les zones de treball del dispositiu. Aquestes corbes són les següents:

- Corba de potència a plena càrrega: correspon a la variació del producte del parell absorbit i la velocitat angular.
- Règim de gir màxim: aquest límit està imposat per les forces centrífugues a les que està sotmès el rotor.
- Potència màxima: És la potència que pot absorbir el fre sense que s'acumuli calor. Aquest valor vindrà determinat per exemple pel cabal màxim d'aigua de refrigeració que pot circular per l'equip. Un sobreescalfament comportaria una inestabilitat del parell resistent.
- Parell mínim: És la corba per a la qual el parell resistent és del mateix ordre de magnitud que el parell de fricció del fre. S'ha de tenir en compte que en aquesta zona de treball es pot obtenir error.
- Parell màxim: Per raons de resistència mecànica el parell màxim admissible està limitat. Aquest fenomen es troba especialment en els frens hidràulics.
- Límit de càrrega de la cel·lula: La cel·lula de càrrega o bàscula dinamòmetre està limitada.

## A.4. Unitermos o Aerotermos

Els Aerotermos són unitats generadores d'aire calent per a calefacció mitjançant la impulsió d'aire a través d'un element intercanviador de calor. Aquest aire s'escalfa amb aigua calenta, aigua sobreescalfada o vapor d'aigua. L'aplicació dels aerotermos és molt àmplia i els podem trobar tant en locals comercials, com granges o naus industrials.



FIGURA 30: Aero termo - <http://www.baxi.es/unitermos/>

En el nostre cas es tracta d'utilitzar els unitermos com a element refrigerador. Això simplement consisteix en situar l'aparell a l'exterior, per tal de dissipar l'aire calent a una zona que no ens afecta i recuperar l'aigua, que ha baixat de temperatura perquè ha cedit calor a l'aire.

## A.5. Bombes hidràuliques

### A.5.1. Descripció

Una bomba és generalment una màquina hidràulica generadora que transforma l'energia (generalment energia mecànica) amb la que s'acciona en energia hidràulica del fluid incompressible que mou. Aquest dispositiu mou líquids o gasos de baixa pressió a alta pressió i supera la diferència de pressió mitjançant l'addició de treball físic al sistema. A una bomba de gas se l'anomena compressor de gas encara que aleshores no es tracta de la ciència hidràulica sinó de la pneumàtica. Les bombes treballen usant forces mecàniques per impulsar la matèria ja sigui per elevació física o per la força de la compressió. En incrementar-se l'energia del fluid, s'augmenta la seva pressió, la seva velocitat o la seva alçada totes les quals estan relacionades seguint el principi de Bernoulli. En general una bomba s'utilitza per a incrementar la pressió d'un líquid afegint energia al sistema hidràulic per a moure el fluid d'una zona de menor pressió o altitud a una altra de major pressió o altitud.

### A.5.2. Classificació

La principal classificació de les bombes es realitza atenent al principi de funcionament en el que es basen:

**Bombes de desplaçament positiu o volumètriques:** el seu principi de funcionament està basat en la hidrostàtica, de manera que l'augment de pressió es realitza per l'empenta de les parets de les cambres que varien el seu volum. En aquest tipus de bombes, en cada cicle, l'òrgan propulsor genera de manera positiva un volum donat o cilindrada, per la qual cosa també s'anomenen bombes volumètriques. En cas de poder variar el volum màxim de la cilindrada es parla de bombes de volum variable. Si aquest volum no es pot variar, aleshores es diu que la bomba és de volum fix:

- **Bombes d'èmbol alternatiu:** aquest tipus té un o diversos compartiments fixes, però de volum variable, per l'acció d'un èmbol o d'una membrana. En aquestes màquines el moviment del fluid és discontinu i els processos de càrrega i descàrrega es fan per vàlvules que obren i tanquen alternativament. Alguns exemples d'aquest tipus de bombes són la bomba alternativa de pistó, la bomba rotativa de pistons i la bomba de pistons d'accionament axial.

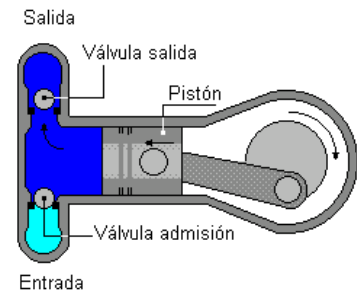


FIGURA 31: Bomba d'èmbol - Bombas y sus aplicaciones.

- **Bombes volumètriques rotatives o roto-estàtiques:** en aquests dispositius una massa fluida és confinada en un o diversos compartiments que es desplacen des de la zona d'entrada (de baixa pressió) fins a la zona de sortida (d'alta pressió) de la màquina. Alguns exemples d'aquest tipus de màquines són la bomba de paletes, la bomba de lòbuls, la bomba d'engranatges, la bomba de cargol o la bomba peristàtica.

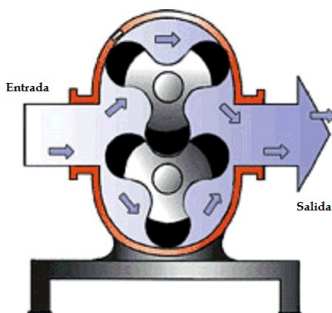


FIGURA 32: Bomba d'engranatges - <http://dewkdd.blogspot.com.br/2014/10/bombas-hidraulicas-de-desplazamiento.html>

- **Bombes roto-dinàmiques:** el seu principi de funcionament és basat en l'intercanvi de quantitat de moviment entre la màquina i el fluid, aplicant la hidrodinàmica. En aquest tipus de bombes hi ha un o diversos rodets que giren generant un camp de pressions en el fluid. En aquest tipus de màquines el flux del fluid és continu.

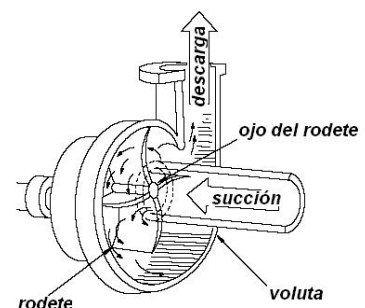


FIGURA 33: Bomba de rodets - Full Mecànica



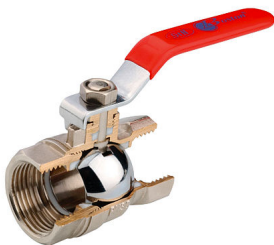
A més les turbomàquines hidràuliques generadores es poden classificar en:

- **Radials o centrífugues:** quan el moviment del fluid segueix una trajectòria perpendicular al eix del rodets impulsor.
- **Axials:** quan el fluid passa pels canals dels rodets seguint una trajectòria continguda en un cilindre.
- **Diagonals o helicocentrífugues:** quan la trajectòria del fluid es realitza en una altra direcció entre les anteriors, és a dir en un conus axial amb l'eix del rodets.

## A.6. Material auxiliar: Vàlvules 2/3 vies i sondes de temperatura

### A.6.1. Vàlvules

Una vàlvula és un dispositiu mecànic amb el qual es pot iniciar, aturar o regular la circulació de líquids o gasos mitjançant una peça mòbil que obre, tanca o obstrueix de forma parcial un o més orificis o conductes. Les vàlvules són un dels instruments de control més essencials en la indústria. A causa del seu disseny i materials, les vàlvules poden obrir i tancar, connectar i desconectar, regular, modular o aïllar una gran sèrie de líquids i gasos, des dels més simples fins als més corrosius o tòxics.



En el nostre cas ens interessen les vàlvules que s'utilitzen en obres hidràuliques i aquestes són un cas de vàlvules industrials, que presenten algunes característiques particulars.

FIGURA 34: Vàlvula manual de bola - ASCOValve

#### A.6.1.1. Vàlvules de 2 vies

Les vàlvules de 2 vies, en el nostre cas, simplement serviran per obrir o tancar el pas de l'aigua de refrigeració per la instal·lació. Aquestes poden ser manuals com la que observem a la imatge 8 a la part superior.

### A.6.1.2. Vàlvules de 3 vies

Aquests dispositius tenen tres connexions per a conductes però només dos orificis. Mentre un orifici està obert l'altre romandrà tancat i viceversa. Aquestes vàlvules poden ser normalment tancades, normalment obertes o universals. Aquest tipus de vàlvula ens interessa que sigui automatitzat de manera que puguem controlar el pas del refrigerant en funció de la temperatura que ens marcarà una sonda que completarà el dispositiu de control.



FIGURA 35: Vàlvula 3 vies amb actuator - Fluidra

### A.6.2. Sondes de temperatura

Una sonda de temperatura o sonda tèrmica és un dispositiu que, a través d'un medi mecànic o elèctric, transmet la temperatura des d'un emissor a un receptor.

La seva funció és diferent de la d'un termòstat, aquest és emissor i receptor en un sol dispositiu i actua quan la temperatura arriba a una determinada consigna i s'obre o es tencen un contacte.

La sonda només fa la funció de transmissor, és a dir, mesura la temperatura i transmet les dades al receptor que actua segons convingui.

Podem diferenciar dos tipus de sondes de temperatura:

- **SONDES MECÀNIQUES:** Una sonda tèrmica mecànica consisteix en un bulb que conté un gas que s'expandeix quan s'escalfa i degut al canvi de volum es transmet a un altre bulb en el qual una membrana elàstica fa pressió sobre un element que controla la temperatura.



FIGURA 36: Sonda mecànica  
- <http://www.mpipressure.com/>



- **SONDES ELÈCTRIQUES:** Dintre d'aquest tipus podem trobar dos principis de funcionament:

1) La calor de l'objecte a controlar afecta a un termoparell que consisteix en dues làmines de metalls diferents i és capaç de generar una corrent elèctrica variable en funció de la temperatura i ho transmet al receptor.

2) S'utilitza un element que varia la seva resistència elèctrica en funció de la temperatura, anomenat termistor. D'aquesta manera el receptor rep la temperatura de l'emissor mesurant la corrent elèctrica que li arriba des d'aquest.

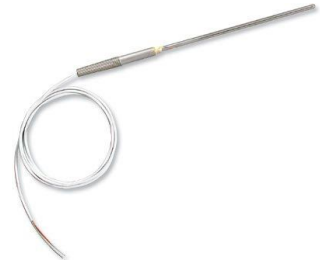
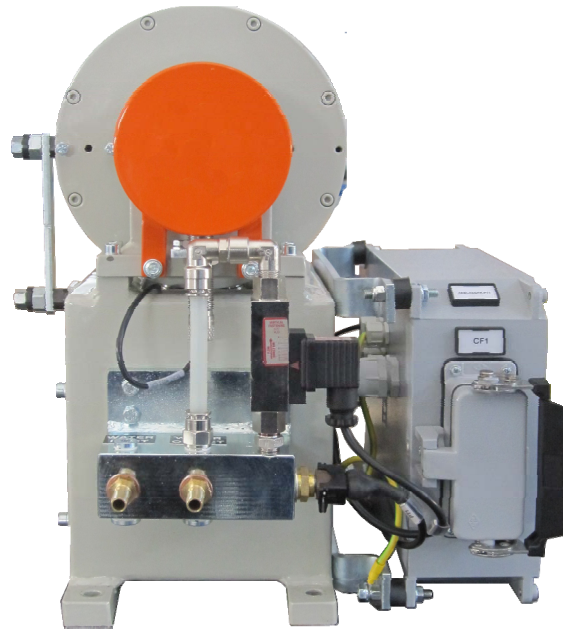


FIGURA 37: Sonda elèctrica - <http://www.directindustry.es/>

## Annex B. CATÀLEGS TÈCNICS I MANUALS

### B.1. Fre dinamomètric API



**FRENOS DINAMOMETRICOS  
A CORRIENTES PARASITAS  
"Serie FR 6-15"**

# MANUAL DESCRIPTIVO

## USO & MANTENIMIENTO

---

*Modelo:* **FR 6**

*Rev.*

---

*Cliente:* **Escuela Técnica Superior de Girona**  
*Establecimiento:* **Edifici P2 Laboratori de motor termics**  
*Orden Cliente:* **508/2011**

---

*Matrícula:* **11165-11**

*Comm.APICOM:* **11165**

*Fecha:* **20/03/2012**

---

**APICOM S.p.A.** Via F.lli Bandiera 1 44042 Cento (Fe) - Tel. 051-6835273  
**Sede** Via Statale, 20/A Corporeno (Fe) - Fax 051-6830348  
- Mail [info@api-com.com](mailto:info@api-com.com)

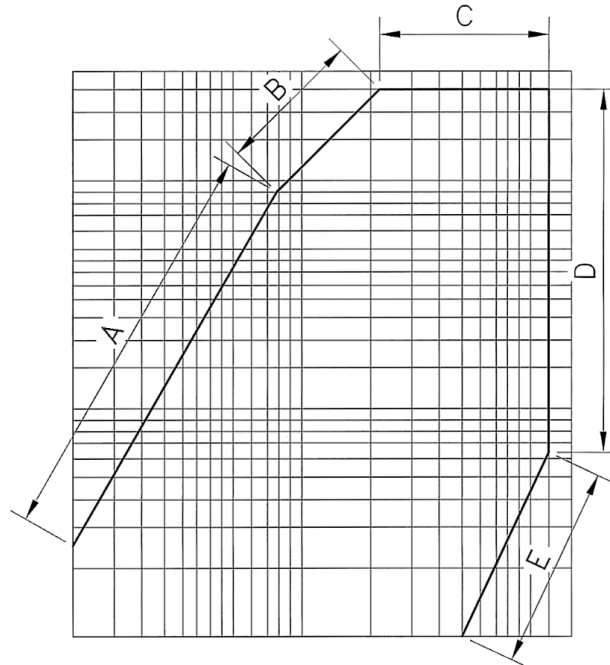


Hoia 2

**CARACTERISTICAS DE LOS FRENOS A CORRIENTES  
PARASITAS**

Tipo Freno	Potencia (Kw)	Par (Nm)	Corriente Máx. (A)	Rpm Máx.	Mom. De inercia (Kgm <sup>2</sup> )
FR 6	5	17	7	15.000	0.002
FR 6 P	6,5	17,7	7	15.000	0.002
FR 15	11	17	7	15.000	0.002

### INTERPRETACION DE LOS DIAGRAMAS DE POTENCIA



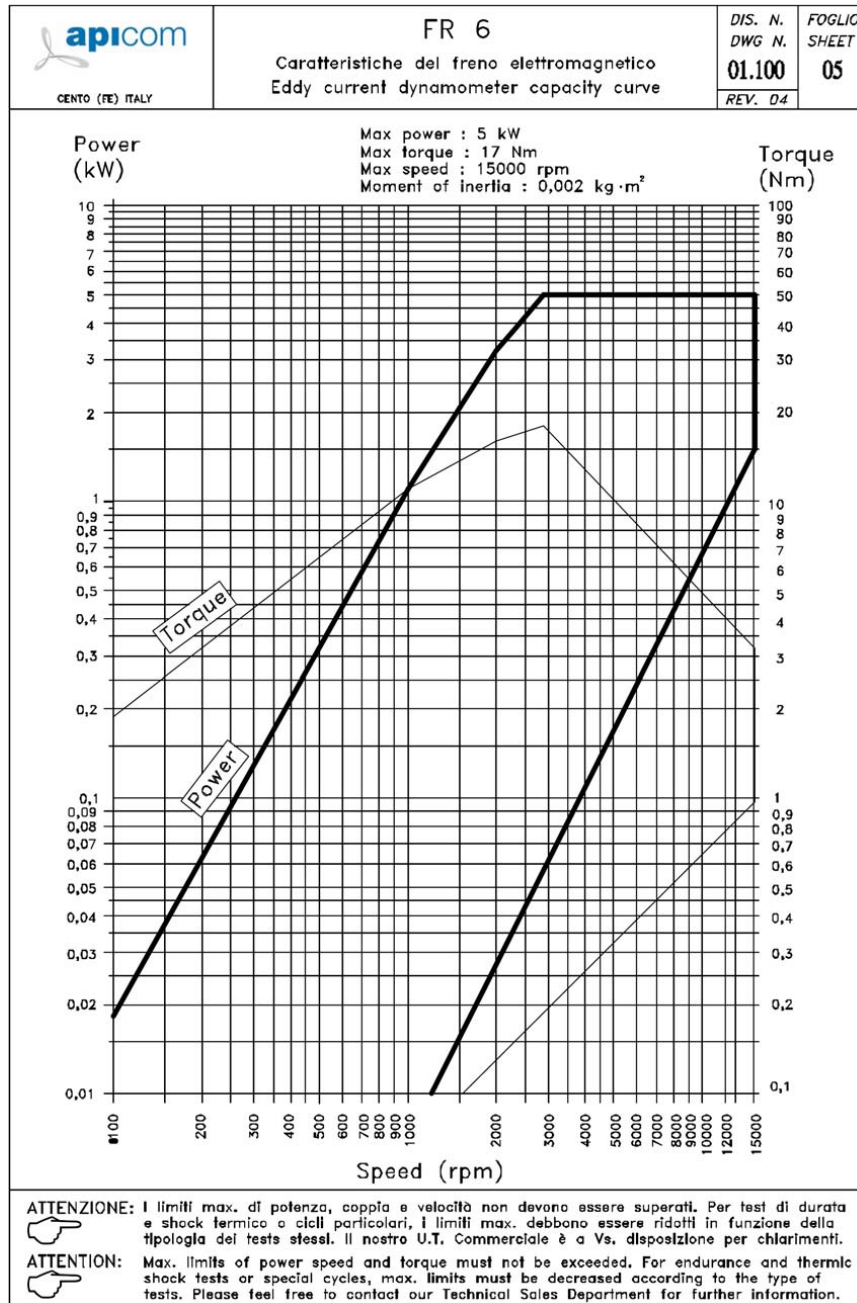
los diagramas de potencia de nuestros frenos tienen los siguientes ejes:

- En abscisas la velocidad de rotación expresada en rpm.
  - En ordenadas potencia y par, con 2 escalas logarítmicas distintas.
- En el diagrama aparecen 5 segmentos. Cada uno de ellos se utiliza para determinar, en correspondencia a una velocidad de rotación, una información diferente. A continuación se enumeran las tipologías de dato que aparecen en el diagrama:
- A. Potencia máxima frenable por el dinamómetro a bajo número de revoluciones (máxima corriente de excitación freno).
  - B. Par máximo: límite determinado por el par máximo frenable por el dinamómetro.
  - C. Potencia nominal: máxima potencia a la cuál se puede utilizar el dinamómetro. El límite es determinado por la capacidad máxima de disipación térmica posible. La superación de dicho límite provoca daños a la máquina.
  - D. Velocidad máxima: límite determinado por los cojinetes de rotación y centrifugación de mas rotativas. No se acepta ninguna responsabilidad de eventuales daños si se supera el límite máximo de velocidad indicado.
  - E. Potencia sin carga: es la absorción mínima de potencia del dinamómetro necesaria para superar los roces internos del mismo dinamómetro (corriente de excitación nula).



Hoia 5

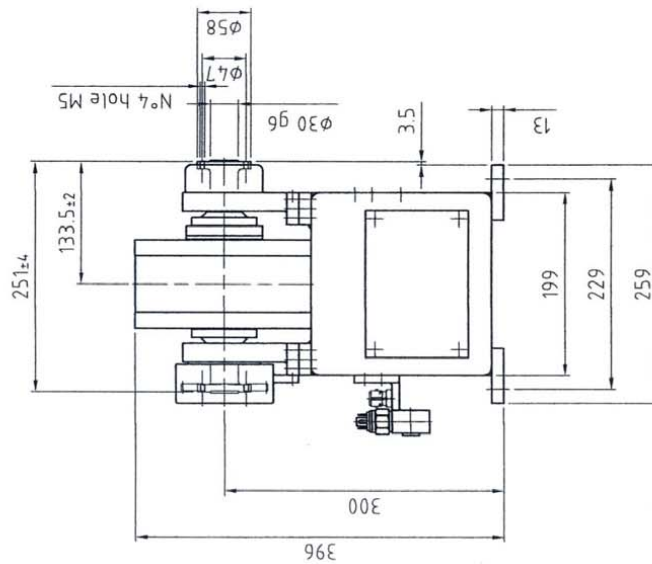
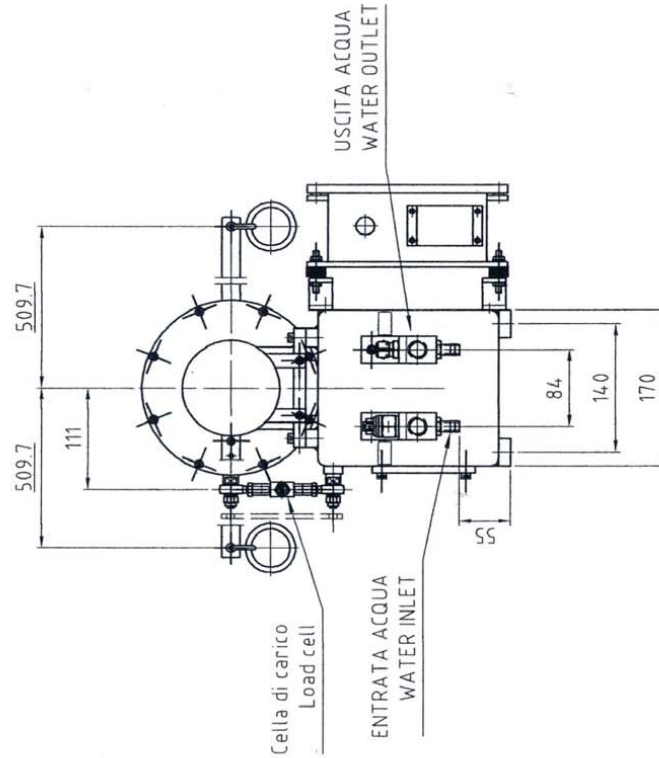
**DIAGRAMAS DE POTENCIA SERIE FR**  
**POWER ABSORPTION CURVE OF THE BRAKE SERIES**





Hoia 6

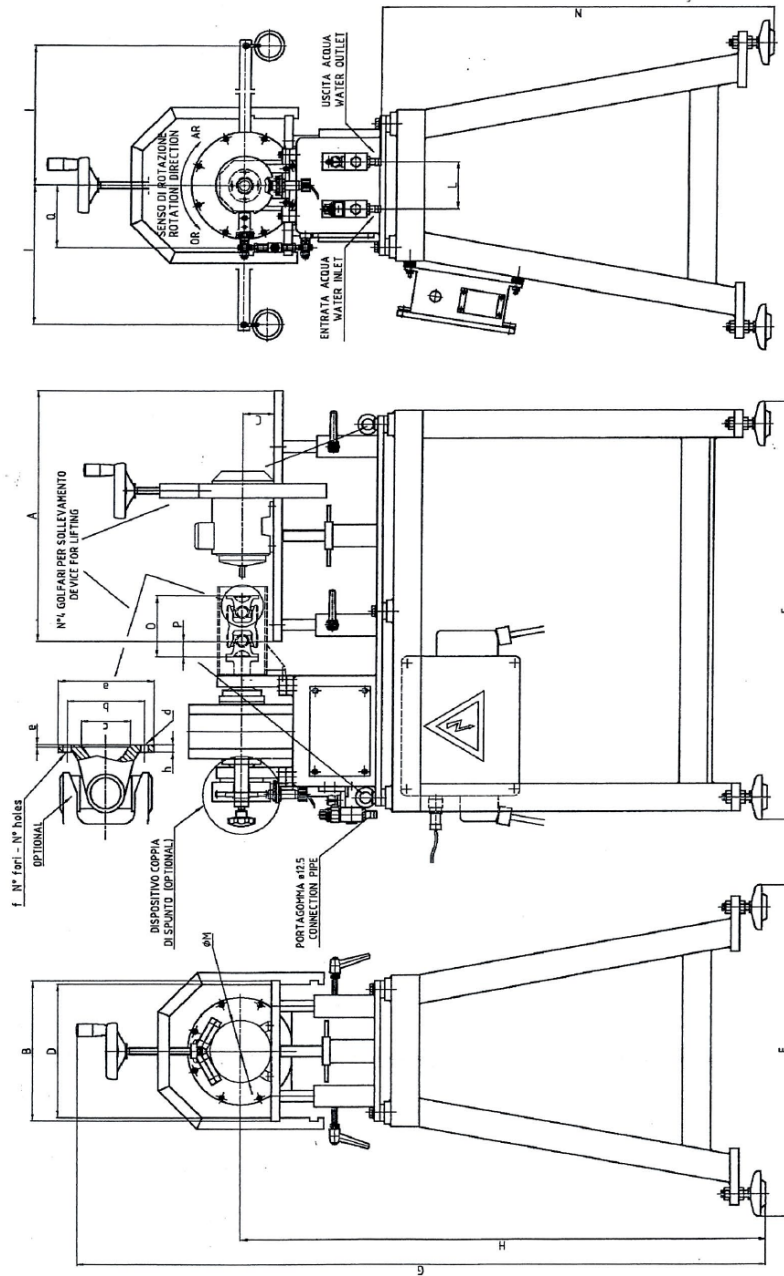
**MEDIDAS SERIE FR**





Hoia 7

**MEDIDAS SERIE FR-ME**



N.B.: DATI TECNICI SOGGETTI A VARIAZIONI SENZA PREAVVISO N.B.: TECHNICAL DATA SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE

Tipo di freno Brake type	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	Z	aa	eb	ec	ed	e	f	h	Weight kg		
FR 6 ME-P	450	250	44.5	118	238	750	590	1230	1300	850	509.7	84	110	220	705	110	27.5	111							58	47	30	5	1.5	4	3.5	103

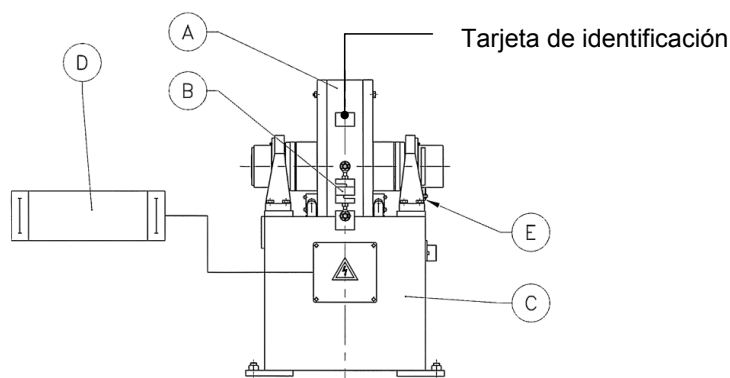




## DESCRIPCION DE FUNCIONAMIENTO

### 1. ELEMENTOS BASE DEL FRENO A CORRIENTES PARASITAS

- 1.1 El freno A.P.I. COM a corrientes parásitas de potencia, transforma la energía mecánica del motor en prueba en calor. El calor es eliminado por el agua de refrigeración, la cuál no realiza acción de freno.
- 1.2 El freno se compone principalmente de cinco partes:
  - A. CUERPO FRENANTE
  - B. TRANSDUCTOR DE MEDIDA DEL PAR (CELULA DE CARGA).
  - C. BASE DEL FRENO
  - D. APARATOLOGIA DE REGULACION Y VISUALIZACION FRENO
  - E. DISPOSITIVO DE RELEVACION RPM



### 2. DESCRIPCION DE FUNCIONAMIENTO

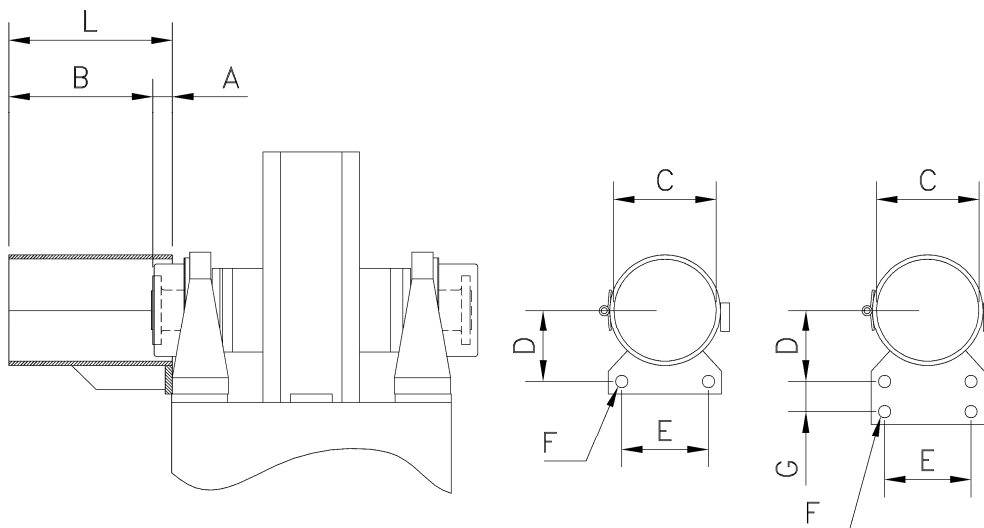
- 2.1 En el cuerpo freno se encuentra el rotor, formado por un eje y un disco polar que tiene forma de estrella y rueda entre dos cámaras de refrigeración fijadas en el cuerpo freno. En las cámaras de refrigeración circula un campo magnético generado por una bobina excitada en corriente continua. La rotación del disco polar, que corta las líneas de fuerza del campo magnético, genera en la capa superficial de las cámaras de refrigeración de las corrientes parásitas cuyos campos magnéticos se oponen a la rotación del mismo disco. El cuerpo freno está unido a una célula de carga que mide el par frenante. El momento frenado está indicado bajo la forma de fuerza con relación a un determinado brazo de palanca
- 2.2 Para el cálculo de la potencia se tiene en cuenta el número de revoluciones por minuto en el eje del freno, mediante una rueda dentada colocada en la extremidad del mismo eje y por un sensor magnético de impulsos. Los impulsos son transformados en una tensión proporcional al número de revoluciones. Dicha tensión es utilizada, además, para la indicación de las revoluciones por minuto, incluso para la regulación de la velocidad.
- 2.3 El freno a corrientes parásitas puede girar en dos sentidos de rotación.
- 2.4 La conexión a la junta de transmisión se efectúa por el lado anterior.



Hoia 20

**PROTECCION JUNTA**

La protección de la junta se suministra sólo a petición del cliente o bien como complemento al suministro de la junta de transmisión.  
Si se solicita, la cota L puede suministrarse con una longitud diferente.



MODELO	A	B	C	D	E	F	G	L
FR 6	35	123	80	73	60	6,5	-	158



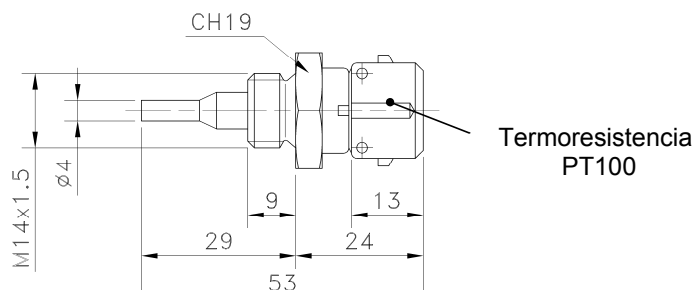
## ALIMENTACION AGUA DE REFRIGERACION

### 1. SISTEMA DE REFRIGERACION Y SEGURIDAD

La energía mecánica producida por el motor de prueba en la fase de frenado se convierte en calor, expulsado por el agua que circula por el freno. La alimentación del agua es indispensable para la disipación del calor, por lo que se han previsto sistemas de seguridad en los conductores del agua de entrada y salida del freno.

### 2. SEGURIDAD

Seguridad por insuficiente presión o falta de agua. En el tubo de entrada de agua se ha colocado un presostato diferencial (ver pág. 22), que interviene cuando el agua es insuficiente. En los tubos de descarga ant. y post. (pos.65 pág. 48) se instalan termoresistencias PT100 con temperatura fija a 60° C para el control de la temperatura salida agua. Cuando falta agua, o bien el agua está a más de 60° C, intervienen los dispositivos de seguridad que interrumpen la excitación al freno. Simultáneamente, cuando el motor en prueba está parado (ver pág. 16), en la aparatología de comando MP 2030 se enciende la luz "SEGURIDAD".



**Nota:** Las termoresistencias PT100 se conectan a los dispositivos electrónicos introducidos por valores de 60°C con salida digital de alarmas y salida en serie tipo RS 485. Para la lectura del valor de temperatura, como opcional podríamos suministrar la lectura en el display, o bien una serie de programas a instalar en el PC y PLC.

### 3. PURGAR AIRE Y VACIAR CIRCUITO DE AGUA FRENO

En los frenos con agujeros para purgar el aire (pos. 70 pág. 48), aconsejamos hacerlo en fase de conexión de la instalación del agua. Además, aconsejamos vaciar el freno en el caso de utilizarse a temperaturas inferiores a 0°. Esto es para evitar que el agua se hiele en las cámaras de refrigeración y en los diferentes órganos como presostato, sondas, tubos, y de esta forma sean dañados irreparablemente. Para vaciar completamente un freno monorotor, es necesario cerrar la alimentación del agua y despegar el freno. Para los frenos birotor y trirotor, es necesario cerrar la alimentación del agua y desenroscar los tubos de goma por el lado del colector entrada-salida (pos. 71 pág. 48).



Hoia 22

**PRESOSTATO DIFERENCIAL TIPO IFE2R9**

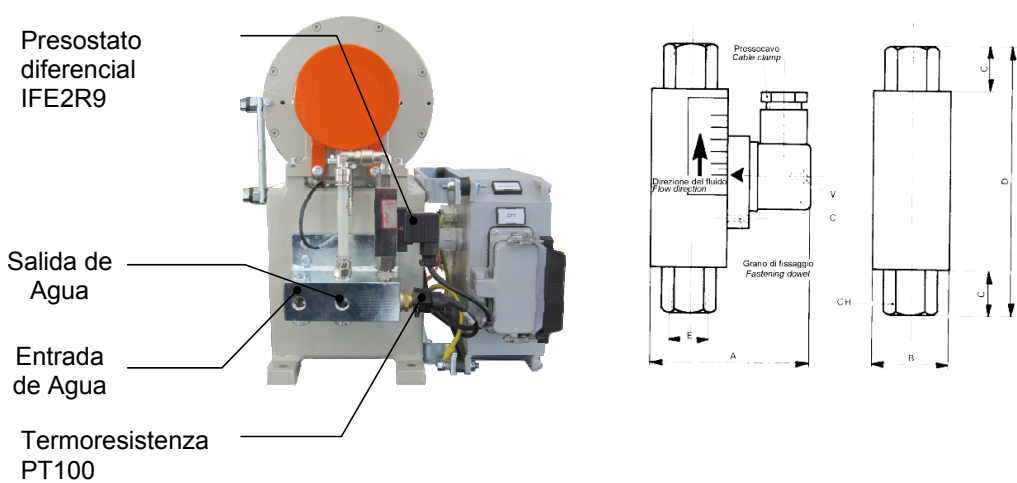
Este dispositivo está instalado en el tubo de salida del agua con el muestreo de agua antes y después del orificio y interviene cuando la presión y el flujo resultante es insuficiente. La presión diferencial se fija y sellada en la fábrica de APICOM durante la prueba.

**PRECAUCIÓN:**

**No juegue con el sello de garantía o perder la misma .**

**DATOS TÉCNICOS**

Potenza commutabile in CC	20 W
Potenza commutabile in CA	20 VA
Tensione max. di lavoro	220 V-50 Hz
Intensità di corrente in CC/CA	0,5 (resistivi)
Tensione di breakdown	300 V
Resistenza di isolamento	10 <sup>10</sup> Ohm
Contatto a riposo (senza fluido)	NA (normalmente aperto)
Connessione elettrica 2P+T	PG9-DIN 43650
Protezione elettrica	IP65 - DIN 40050
Temperatura di lavoro (standard)	-10°C... +80°C
Fissaggio in linea	VERTICALE
Inclinazione max.	15°
Entrata del fluido	BASSO - ALTO
Portata max. controllabile	60 l/min - H2O
Perdita di carico max. con H2O	0,5 bar
Pressione statica max. supportabile	50 bar
Differenziale di intervento:	~45% portata controllata





## **ALIMENTACION AGUA DE REFRIGERACION**

### **4. CAUDAL Y PRESION DEL AGUA**

- 3.1 En la tabla (ver página 24) se indican los valores de los caudales y las presiones para cada tipo de freno.
- 3.2 El caudal ha sido calculado con la fórmula indicada en la tabla considerando la potencia máx. a desarrollar y estableciendo un  $\Delta T$  de 20°C.
- 3.3 La presión se ha definido en función del caudal y del tipo de freno. Tiene que ser constante y no debe superar los 3 bar + 0,5.
- 3.4 Si a valle del freno aparacen contropresiones debidas al trayecto del viaje de la instalación, o instalaciones a circuito cerrado, éstas deben sumarse.
- 3.5 Por ejemplo: haciendo referencia a la tabla (ver página 24), para el freno FR 250 es necesario un caudal de 8,2 m<sup>3</sup>/h y una presión de 1,5 bar. Si a valle del freno es necesario mandar el agua a una altura de 8 metros (0,8 bar) la presión a monte será:  $1,5+0,8=2,3$  bar
- 3.6 Para instalaciones en circuito cerrado (entrada y desagüe en presión) es necesario instalar adecuados dispositivos de desgasificación para evitar formaciones de burbujas a la primera conexión o durante el uso.
- 3.7 La temperatura del agua de entrada al freno, no debe superar los 30°C ( $\pm 2$ ). En salida la temperatura del agua no debe ser inferior a 60°C (0 -2).
- 3.8 Un insuficiente caudal del agua de refrigeración puede causar daños graves al freno aunque sea por un corto período de tiempo. Para usos diversos de la tabla (ver página 24), es necesario comunicar con el departamento técnico APICOM S.p.A.
- 3.9 Las características del agua deben corresponder a lo indicado en la hoja 25. De lo contrario es necesario disponer de un tratamiento de descalcificación.
- 3.10 En la entrada del agua al freno se aconseja la instalación de un filtro magnético con el fin de impedir el depósito de partículas en los laberintos (ver página 28).
- 3.11 Los diámetros de los records de entrada y salida agua al freno indicados en la tabla (ver página 24), no deben reducirse.



Hoia 24

**ALIMENTACION AGUA DE REFRIGERACION**

**Tabla de los valores de caudal y presión para cada tipo de freno**

El Consumo del agua necesaria para exportar el calor en el freno a corrientes parásitas, se calcula con la siguiente fórmula:

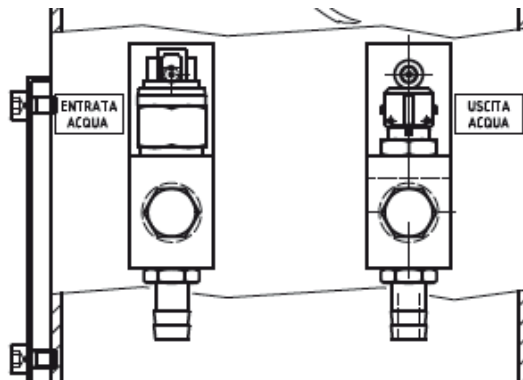
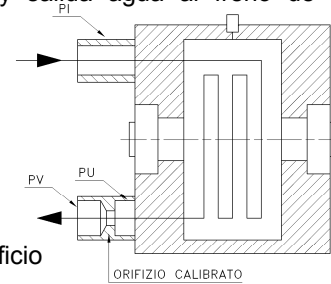
$$Q = \frac{(0,86) \times (Kw)}{\Delta T}$$

Q = Caudal agua (m<sup>3</sup>/h) calculada con ΔT 25°C

Kw = Potencia máxima a desarrollar

ΔT = Diferencia de temperatura entre entrada y salida agua al freno de 23÷27°C

- Temperatura máxima entrada agua 30°C (± 2)
- Temperatura máxima salida agua 60°C (0 -2)
- Presión máxima entrada freno 3 bar
- PI = Presión entrada al freno
- PU = Presión salida del freno antes orificio
- PV = Presión salida del freno después orificio
- P = Perdida de carga a través del freno (PI-PU)
- D = Diferencial de presión antes y después del orificio



Frenos	Q		Presión en bar (1 bar = 100 Kpa)				ø conexión	ø Orificio	
	(m <sup>3</sup> /h)	(l/min)	PI	PU	PV	P			D
FR 6	0,2	3,3						G 1/4"	-
FR 15									

**Atención:** el presóstató/manómetro diferencial hoja 22 es calibrado para un caudal de agua Q que se refiere a un Δ T de 25°C. Para operaciones diferentes de las de la tabla, es necesario contactar el departamento técnico Apicom S.p.A.



## ALIMENTACION AGUA DE REFRIGERACION

### CARACTERISTICAS MEDIAS OPTIMAS PARA AGUA DE REFRIGERACION REFERENTES A 1 LT.

	UNIDAD DE MEDIDA	VALORES
VALORES I pH		7 - 9
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	TH	< 15
SALINIDAD TOTAL (NaCl)	mg/L	< 1500
NITRATOS	mg/L	< 50
CLORUROS	mg/L	< 150
SULFATO (SO <sub>3</sub> )	mg/L	< 150
MANGANESIO	mg/L	< 0,15
SUSTANCIAS ORGANICAS	mg/L	< 2
SOLIDOS ORDINARIOS	mg/L	Ausentes
SOLIDOS EN SUSPENSION	mg/L	< 2
AHIDRIDO CARBONICO LIBRE	mg/L	< 3
HIERRO	mg/L	< 0,2
ACEITES	mg/L	0
CRECIMIENTO DE ALGAS		ausentes
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO <sub>3</sub>	< 600

### CORRESPONDENCIA DEL GRADO DE DUREZA

TH grado de dureza francés = 10 mg CaCO<sub>3</sub> /litro 1,79

dH grado de dureza alemán = 10 mg CaCO<sub>3</sub> /litro 1

eH grado de dureza inglés = 10 mg CaCO<sub>3</sub> /gallone 1,25



## **DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD**

### **1. ATENCION**

Con el fin de que los dispositivos de seguridad, descritos a continuación, actúen sobre el motor de prueba, es necesario seguir las conexiones indicadas en la pág. 16.

### **2. PROTECCIONES PARA EL NUMERO DE RPM MAXIMO (FUERA RPM)**

Ver manual de instrucciones MP 2030.

- 2.1 Apenas es superado el número de revoluciones máximo del freno, introducido por el parámetro RPM MAX de los comandos, entra en acción el contacto de seguridad, que desconecta el motor en prueba. La luz de alarma de revoluciones se enciende. El contacto de seguridad se puede reestablecer pulsando RESET, el cual tiene la función a reestablecer.

### **3. PROTECCION EN CASO DE FALTA DE CORRIENTE**

- 3.1 En caso de falta de corriente el dispositivo de seguridad actúa independientemente del número de revoluciones máximo fijado. El alimentador MP 2030 se enciende, el motor se para si, obviamente, se han realizado la conexiones correctamente.
- 3.2 Protección en caso de falta de agua, de insuficiente presión de agua, exceso de temperatura agua de refrigeración. Ver página 21 y 22.

### **4. DESCONEJION DE EMERGENCIA**

Ver manual de instrucciones MP 2030

- 4.1 En caso de funcionamiento irregular o anomalía, el banco de pruebas puede desconectarse rápidamente incluso manualmente mediante el contacto de seguridad:
- 4.1.1 Con la tecla ON-OFF;
- 4.1.2 Mediante la desconexión de la tenxión de red.

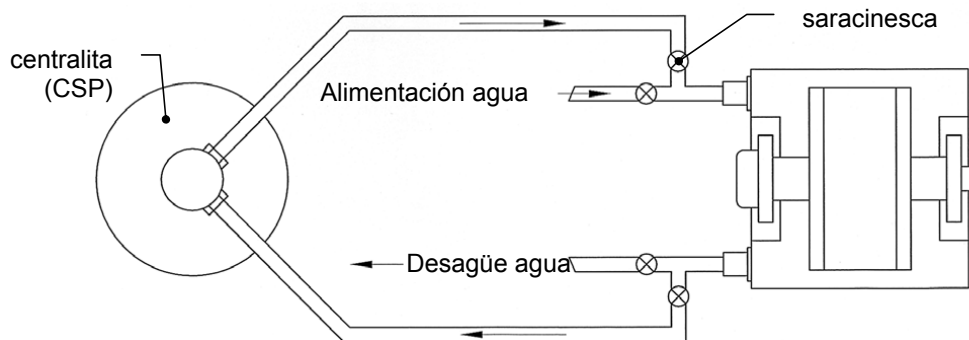




## MANTENIMIENTO

### 1. LIMPIEZA DE LOS LABERINTOS

- 1.1 El circuito de refrigeración del freno debe limpiarse periódicamente con un disolvente para calderas. La periodicidad depende de la temperatura de salida del agua y del grado de acidez y alcalinidad de la misma. Para aguas muy duras y temperatura de salida superiores a 50° C (122° F) aconsejamos limpiar cada 500 horas de servicio.
- 1.2 La limpieza y descalcificación de las tuberías de refrigeración se puede realizar de muchas formas si en el circuito del agua se ha instalado un filtro (ver página 28) y junto éste un descalcificador.
- 1.3 Para completar la operación de descalcificación de las tuberías es necesario disponer de una centralita formada por un depósito y una bomba con características compatibles con el disolvente a utilizar. A tal finalidad A.P.I.COM pueden suministrarles la centralita modelo CSP con las características aptas para cualquier tamaño de frenos.
- 1.4 En la instalación del freno, para poder conectar la centralita (CSP), es necesario tener la posibilidad de desconectar los tubos de entrada y salida de agua al freno, o bien instalar 4 puertas metálicas tal y como se muestra en la figura.





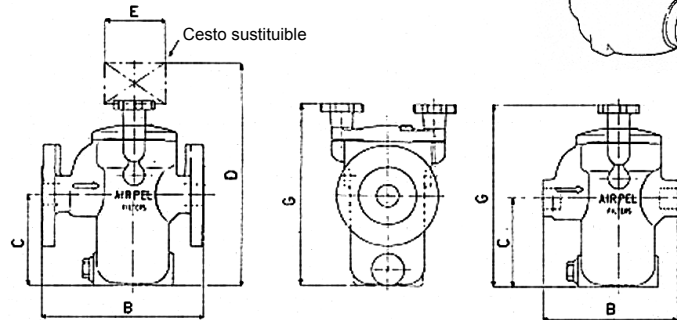
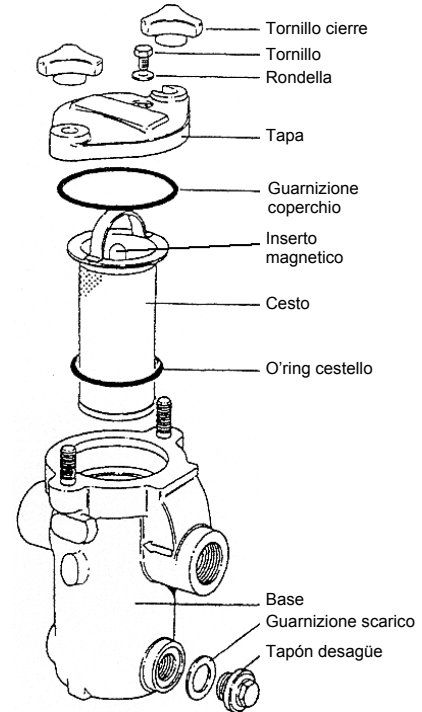
Hoia 28

**MANTENIMIENTO**

**2. FILTRADO DEL AGUA DE REFRIGERACION**

El agua de refrigeración contiene oxígeno que oxida las paredes de los conductos. Las partículas de óxido son magnéticas y son transportadas por el agua y se depositan en las paredes de las cámaras de refrigeración del freno, causando obstrucciones y espesores por lo que el freno calienta excesivamente.

Para evitar que esto suceda recomendamos instalar en los conductos del agua de refrigeración del freno un filtro magnético.



TIPO DI FRENO	MODELLO	ATTACCHI	B		C	D	E	F	G	Area Cm <sup>2</sup>	Peso kg		Portata m <sup>3</sup> /ora
			FILETTATI	FLANGIATI							Filett.	Flang.	
FR 6	OV ¼	¼"	159	-	105	325	73	-	214	184	5	-	5

**Cuerpo y tapa:** hierro colado; **Cesta:** acero inóx. 316 con malla de 120 a 500 µm; **Desagüe:** otón; **Presión máx. de ejercicio a 100° C:** 17 bar.



## **MANTENIMIENTO**

### **3. LUBRIFICACION DE LOS COJINETES DEL ARBOL ROTOR**

- 3.1 Los cojinetes del árbol rotor deben ser desmontados y engrasados con regularidad, según las condiciones de uso, después de, aproximadamente, 3.000/5.000 horas de funcionamiento y lavados con detergente tipo "KLUBER TCA 30". No deben utilizarse ni gasolina de automóvil, petróleo ni aceite diesel.
- 3.2 Está absolutamente prohibido limpiar los cojinetes con aire comprimido ni hacerlos rodar una vez lavados con el detergente. Los cojinetes desgastados serán sustituidos.
- 3.3 Los cojinetes vienen engrasados con grasa "KLUBER ISOFLEX NB U15". Es suficiente una cantidad mínima de grasa para la lubricación. Un exceso de grasa puede provocar un recalentamiento excesivo.
- 3.4 Se aconseja rellenar de grasa el cojinete en el 30% del volumen libre (ver página 30), prestando atención al hacerlo rodar hacia la derecha y hacia la izquierda, sólo algunas veces.
- 3.5 El freno, una vez lubricado, no se debe poner en marcha a velocidad máxima. Se aconseja hacer un rodaje de 10/15 minutos a una velocidad igual a 0,25 veces de la velocidad máxima.

### **4. LUBRIFICACION DE LOS COJINETES DE LA ESTRUCTURA**

- 4.1 Sirvan las normas iguales a los puntos 3.1 - 3.2 - 3.3
- 4.2 Se aconseja engrasar el cojinete en el 15% del volumen libre. Durante la lubricación, rodar el cojinete a la derecha y a la izquierda varias veces (ver página 30).
- 4.3 Nota: los cojinetes nuevos, con embalaje original, están cubiertos de aceite anticorrosivo que no se adapta a todos los tipos de grasa para cojinetes y es necesario lavarlos con detergente tipo "KLUBER TCA 30" y seguir las precauciones del punto 3.2.



Hoia 30

**MANTENIMIENTO****CANTIDAD DE GRASA EN cm<sup>3</sup> NECESARIA PARA CADA COJINETE**

FRENO TIPO	PARA CADA COJINETE EJE ANT. Y POST.	PARA CADA COJINETE ESTRUCTURA ANTE. Y POST.
<b>FR 6</b>	<b>2</b>	<b>0,7</b>

**Nota:** Los cojinetes anteriores montados en par en el eje, son confeccionados en cajas separadas unidas entre sí. Atención a no intercambiar con otros cojinetes.

## B.2. Bescanviador Universitat

```
*****
***** FULA DE RESULTATS *****
*****
```

(Programa per dissenyar un intercanviador de calor i trobar els seus parametres caracteristics)

a) DIMENSIONS GEOMETRIQUES DE L'INTERCANVIADOR DE CALOR (mm) :

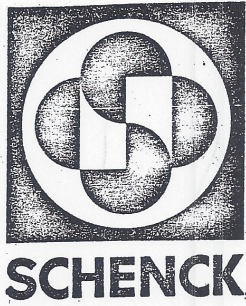
- DIAMETRE INTERIOR DELS TUBS DEL FEIX	$d_i = 12$
- DIAMETRE EXTERIOR DELS TUBS DEL FEIX	$d_o = 15$
- LONGITUT DELS TUBS DEL FEIX	$L = 750$
- PAS DELS TUBS	$P_t = 20$
- DIAMETRE INTERIOR DE L'ENVOLTANT	$D_I = 275$
- NUMERO DE TUBS DEL FEIX	$N_t = 120$
- DISTANCIA ENTRE PANTALLES DEFLECTORES	$B = 73$
- NUMERO DE PANTALLES DEFLECTORES	$N_p = 9$

b) PARAMETRES CHARACTERISTICS DE L'INTERCANVIADOR DE CALOR:

- COEFICIENT DE CONVEXIO AL COSTAT DE L'ENVOLTANT	$W/m^2 \cdot C$	$h_o = 871.00$
- COEFICIENT DE CONVEXIO AL COSTAT DELS TUBS	$W/m^2 \cdot C$	$h_i = 172.00$
- COEFICIENT GLOBAL D'INTERCANVI DE CALOR	$W/m^2 \cdot C$	$K = 144.00$
- SUPERFICIE D'INTERCANVI CALCULADA	$m^2$	$Sc = 3.89$
- SUPERFICIE D'INTERCANVI DE DISSENY	$m^2$	$Sd = 4.24$
- FACTOR D'OBSTRUCCIO CALCULAT		$R_{dc} = 0.0006$
- FACTOR D'OBSTRUCCIO DE DISSENY		$R_d = 0.0002$
- CAIGUDA DE PRESSIO AL COSTAT DE L'ENVOLTANT	$Kg/m^2$	$DP_c = 3.8533$
- CAIGUDA DE PRESSIO AL COSTAT DELS TUBS	$Kg/m^2$	$DP_t = 0.1862$



**B.3. Fre dinamomètric SCHENCK**



Manual de Instrucciones  
para  
Freno a corrientes de Foucault

Tamaño	W	1	3	0			
Nº de fabricación	L	W	G	1	0	1	0

Dicho número de fabricación debe ser indicado en toda correspondencia y en la solicitud de repuestos.

**Gedrúft!**  
Prüffeld für Leistungsbremsen  
Darmstadt, den 22. IX. 1978

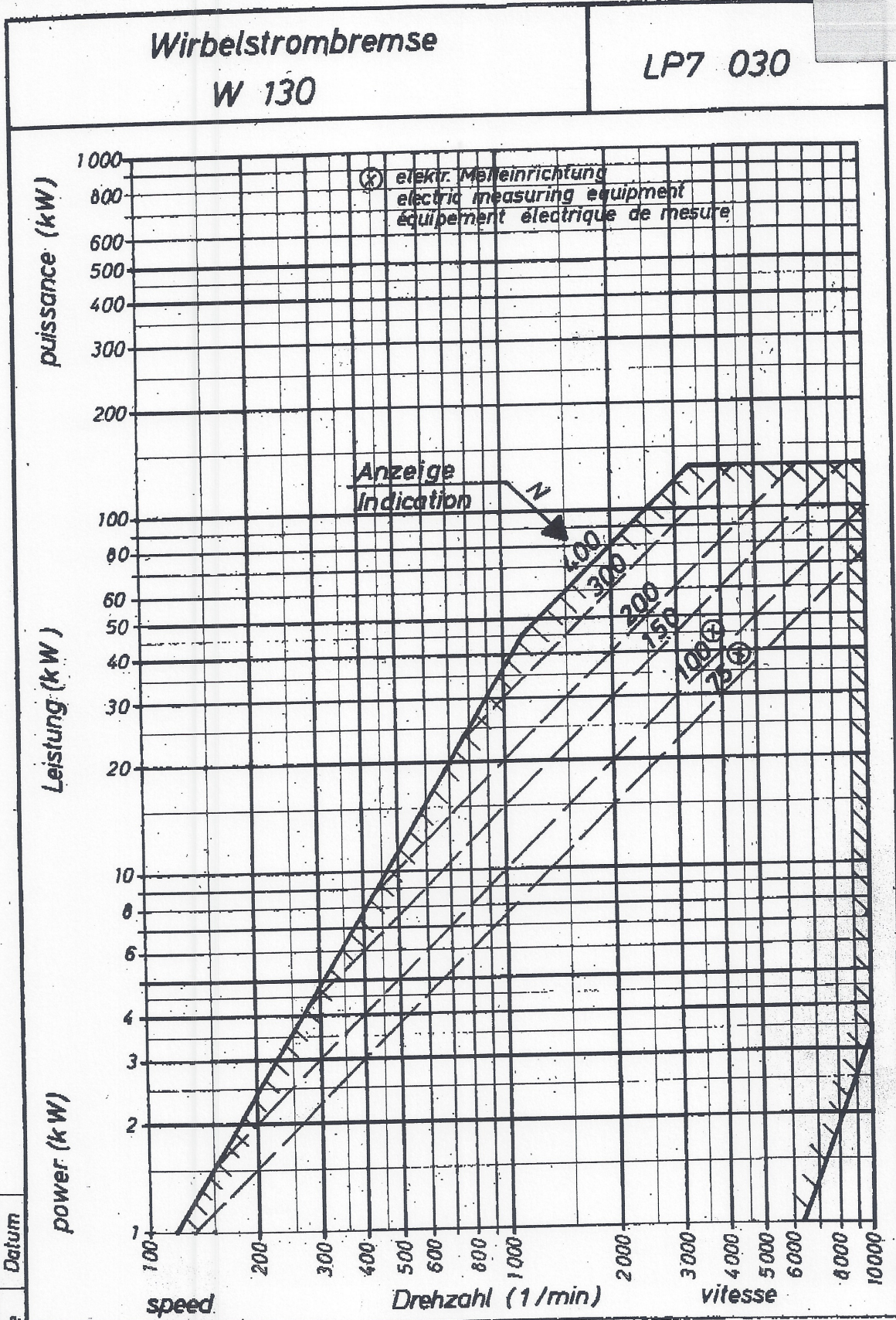
Höpschke  
26. 1/78

**CARL SCHENCK AG**  
D-61 Darmstadt

A 2000



23/12/99 13:19 FAA 00717010



370 2.12.74 Datum  
W. J. J. J. J. 1. 11. 74 Name

Alle Rechte vorbehalten: Vervielfältigung und Weitergabe an Dritte nicht gestattet; Zuwiderkommenen verpflichten im Schadensfall mit klaren strafrechtlichen Folgen haben.

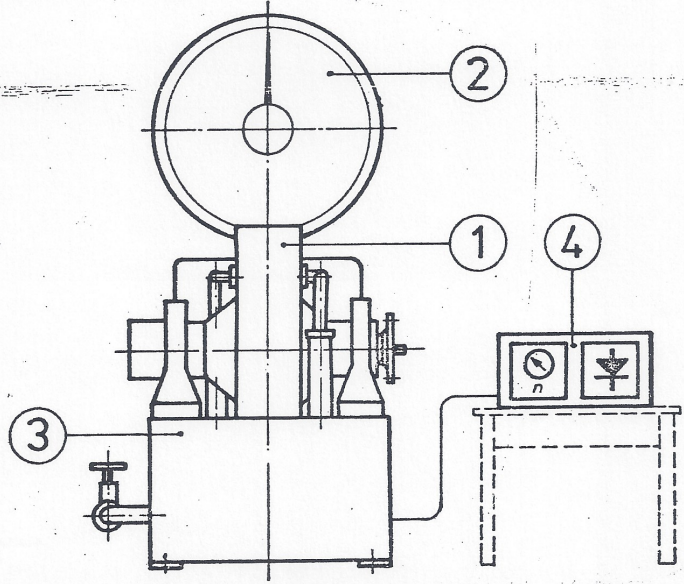



**CARL SCHENCK AG**  
D-61 Darmstadt

**D 3020**

Nm/Vd 172.1



		Descripción del funcionamiento		Gruppe F	
		<p><b>1.01 Construcción del freno dinamométrico:</b></p> <p>El freno dinamométrico a corrientes de Foucault, sistema SCHENCK, es un freno de potencia que transforma en calor la energía mecánica del motor a ensayar por medio de energía eléctrica. El calor debe ser eliminado mediante agua de refrigeración. El agua de refrigeración no toma parte en el proceso de frenado.</p> <p>El freno a corrientes de Foucault consta principalmente de cuatro piezas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 carcasa para el freno</li> <li>2 dispositivo dinamométrico</li> <li>3 chasis</li> <li>4 aparato de mando</li> </ul> <p>La carcasa del freno está alojada en forma pendular en el chasis. En el chasis se encuentran las conducciones de alimentación. El aparato de mando contiene los dispositivos eléctricos necesarios para el mando y la regulación.</p>			
					
		geschr.: Hke/re1		Datum: 19.3.76 Blatt 1 von 2	
Datum					
Name					
Kontrolle		 <b>CARL SCHENCK AG</b> D-61 Darmstadt		1 <b>F 1401</b> S	



		Gruppe F
	<p><b>1.02 <u>Funcionamiento del freno:</u></b></p> <p>En la carcasa del freno (1) está alojado el rotor. Este está compuesto de dos ejes medios y un disco polar. Frenos a corrientes de Foucault de la serie de producción W2S y W3S tienen rotores de dos y tres discos polares.</p> <p>Los discos polares están dentados en forma de estrella y serán girados entre cámaras de refrigeración fijas dentro de un campo magnético de una bobina excitada con corriente continua. En la capa de la superficie de las cámaras de refrigeración se producen corrientes parásitas, girando el rotor, cuyos campos magnéticos retienen el movimiento, debido a que la carcasa del freno está apoyada sobre un dispositivo dinamométrico (2) a través de un brazo de palanca.</p> <p>El par frenado será indicado como fuerza, relacionado a un brazo de palanca determinado.</p> <p>Para determinar la potencia se necesita además medir el número de revoluciones. Un disco dentado en el extremo del eje del freno produce impulsos de tensión en un captador del número de revoluciones, los cuales serán convertidos en una tensión dependiente del número de revoluciones. Esta tensión será utilizada para la indicación del número de revoluciones y para la regulación del número de revoluciones.</p> <p>El freno a corrientes de Foucault funciona en ambos sentidos de giro. El extremo del eje derecho está provisto con una brida de conexión para ejes de acoplamiento.</p>	
Datum		
Name		
Kontrolle	geschr.: Hke/re1      Datum: 19.3.76      Blatt 2 von 2	
	<b>CARL SCHENCK AG</b> D-61 Darmstadt	1 <b>F 1102</b> S



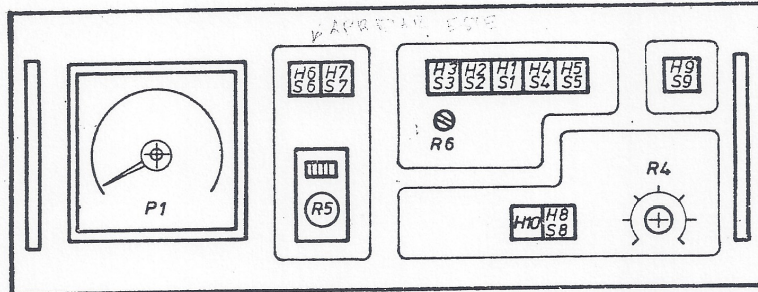
Descripción del funcionamiento

Gruppe F

2.01 Construcción del aparato de mando LSG 24 / 18

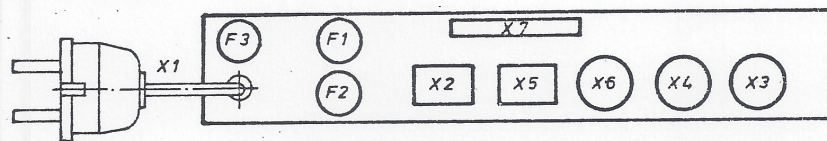
Los dibujos muestran los elementos de servicio, el aparato indicador del número de revoluciones y las conexiones.

Fig. 1: Vista de la placa frontal



- S9/H9 Pulsador con lámpara de indicación (blanca): red con-desc.
- H10 Lámpara de indicación (verde): listo para funcionar
- S1/H1- S5/H5 pulsador con lámpara de indicación: tipo curva
- S6/H6 Pulsador con lámpara de indicación: potenciómetro valor teórico interno (R5)
- S7/H7 Pulsador con lámpara de indicación: pre-entrega valor teórico externo
- S8/H8 Pulsador con lámpara de indicación (roja): sobrevelocidad con anulación
- P1 Indicación del número de revoluciones
- R4 Potenciómetro: número de revoluciones máximo
- R5 Potenciómetro: valor teórico interno
- R6 Potenciómetro: pendiente de la curva característ.

Fig. 2: Vista de la regleta de enchufes en el reverso del aparato de mando.

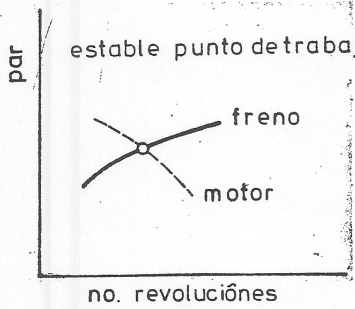
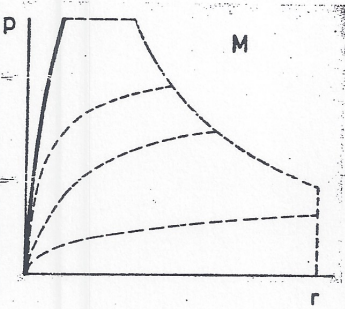
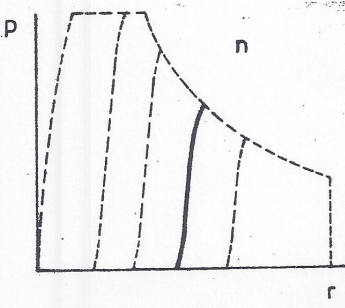


- X1 Enchufe de la red
- X2 Conexión: alimentación de corriente del freno
- X3 Conexión: segundo puesto de mando
- X4 Conexión: pre-entrega valor teórico externo
- X5 Conexión: dispositivos de seguridad
- X6 Conexión: conducción de medición y control del freno
- X7 Conexión: elaboración informaciones
- F1/F2 Fusibles de red 16 Amp. ultrarápidos
- F3 Seguridad de mando 0,5 Amp.

Datum	
Name	
Kontrolle	

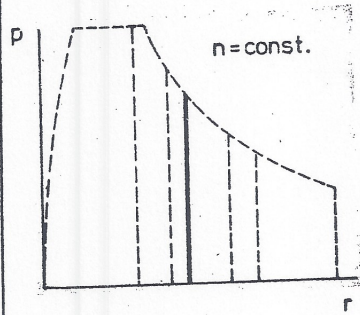
geschr.:	Datum: 24.3.76	Blatt 1 von 3
<b>CARL SCHENCK AG</b>		
D-61 Darmstadt		
	1	F 2501 S



		Descripción del funcionamiento		Gruppe F
		<p><u>2.02 Modo de funcionamiento del aparato de mando</u></p> <p>Las condiciones de servicio del motor y freno están caracterizadas por el momento de giro y número de revoluciones.</p> <p>El banco de pruebas trabaja en forma estable, cuando sobre las revoluciones elegidas el freno sea más fuerte que el motor. A cada posición de los órganos de mando en el motor (válvula mariposa, bomba de inyección) y freno (potenciómetro valor teórico) debe ser asignada una curva característica-no. revoluciones-par de giro cerrada. La curva característica del motor debe dar un punto de inserción inequívoco con la curva del freno.</p> <p>La corriente continua necesaria para la excitación del freno será suministrada por el aparato de mando. Para obtener según el tipo del motor a ensayar, puntos de trabajo estables, se puede elegir mediante selección por medio de pulsadores los siguientes modos de servicio:</p>		
				
		<p>1. <u>Mando de la intensidad de corriente en posición M.</u> La corriente de excitación suministrada por el aparato de mando es independiente del no. de revoluciones del freno. Para todas las clases de motores eléctricos y máquinas a pistones que están equipadas con un regulador de las rpm, se garantiza un funcionamiento estable.</p>		
				
		<p>2. <u>Regulación a curva característica pendiente en posición n.</u> La corriente de excitación suministrada por el aparato de mando depende del no. de revoluciones del freno. Casi todas las máquinas a pistones se pueden frenar perfectamente. La curva característica se puede regular en la gama de velocidad deseada y puede ser modificada en su pendiente.</p>		
				
Datum		geschr.: Hke/rei	Datum. 18.3.76	Blatt 2 von 3
Name		<b>CARL SCHENCK AG</b>		1
Kontrolle		D-61 Darmstadt		F 2502 S

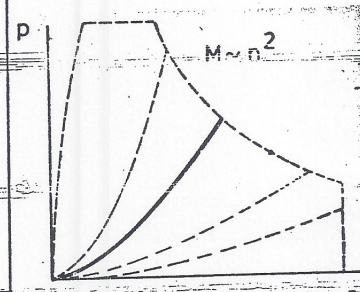


Gruppe F



3. Regulación a nº de revoluciones constante en posición  
 $n = \text{const.}$

Por medio de la regulación PID se consigue una elevada dinámica de regulación. Es posible que se necesite una adaptación del regulador al comportamiento dinámico del cuerpo a probar. El regulador influye a través del aparato de mando la corriente de excitación del freno de tal forma, que las revoluciones queden casi constantes, sin depender de la carga del motor sobre el freno. La desviación del nº de revoluciones entre la marcha en vacío y el par de giro máximo del freno está bajo  $\pm 10 \text{ rpm}$ .



4. Regulación a curva característica casi cuadrada en posición  
 $M \sim n^2$

Excitando el freno con corriente excitadora de número de revoluciones proporcional, se obtiene una curva característica casi cuadrada. El par de giro del freno se comporta en este caso como la resistencia al aire de un vehículo en la carretera.

5. Modo de servicio "externo":

La corriente de excitación del freno puede ser pre-entregada sólo mediante circuitos reguladores externos adicionales, por ejemplo, por medio de un dispositivo regulador del par de giro.

Datum	
Name	
Kontrolle	

geschr.: Hke/re1

Datum: 19.3.76 Blatt 3 von 3

**CARL SCHENCK AG**  
 D-61 Darmstadt


F 2503

S







		Instalación del freno a corrientes de Foucault		Gruppe G
		<p><u>Instalación del freno y conexión del agua de refrigeración</u></p> <p>El bastidor con el freno y el dispositivo dinamométrico deben ser alineados sobre un fundamento de hormigón correspondientemente preparado y sujetos con los cuatro tornillos de anclaje suministrados. Los datos de la hoja informativa X 2001 deben ser especialmente considerados. La puesta en marcha puede ser efectuada solamente después de que el fundamento haya fraguado, las conducciones del agua de refrigeración hayan sido instaladas y un motor a ensayar esté listo para su funcionamiento.</p> <p>Frenos con la parte inferior del bastidor perfilada pueden ser fijados mediante tuerca corredera a aportar por el cliente y tornillos de anclaje sobre rieles de fijación o placas ranuradas. También pueden ser usadas piezas de fijación que sujetan los listones longitudinales del bastido.</p> <p>Para la colocación de las cañerías de conducción y desagüe del agua de refrigeración son válidos los anchos nominales de la hoja de medidas E 0011 . El consumo de agua de refrigeración sírvanse desprenderlo de las hojas J 2002 y J 1002 . El desagüe del agua de refrigeración debe ser instalado con suficiente declive, para que el agua pueda deslizarse desde los tubos colectores del freno.</p> <p>El freno es suministrado con una válvula de cierre y un grifo de desagüe. Este grifo sirve para eliminar el desincrustante al limpiar las cámaras de refrigeración.</p> <p>Al aplicar agua industrial con partículas de impureza de más de 1 mm de tamaño de granulación, se recomienda conectar antes de la válvula de cierre un filtro con aprox 1 mm de abertura de mallas.</p> <p>Para agua en circulación son válidas las recomendaciones de las hojas L 2001-02</p>		
	23.8.72			
	Hke/rd			
	Name			
	Datum			
Kontrolle	geschr.: Hke/rd	Datum: 16.8.72	Blatt 1 von 1	
		 Carl Schenck Maschinenfabrik GmbH Darmstadt		2
		G 1101		S








		Gruppe G
<u>Conexiones eléctricas del freno a corrientes de Foucault</u>		
<u>1. Conexión a la red</u>		
<p>El aparato de mando del freno está ejecutado para conexión a tensión alterna monofásica de 220 V, 50 Hz ó 60 Hz, respectivamente, 12 A (20 A en aparatos de mando con rectificación a dos pasos). El freno está en condiciones de funcionar con tensiones entre 205 V y 235 V. Otros valores de tensión exigen un transformador elevador-reductor a aportar por el cliente.</p> <p>La tensión es conectada en aparatos de mando por medio de un cable de 3 m de longitud.</p>		
<u>A T E N C I O N</u>		
Poner especial atención en la conexión del conductor de protección!		
<u>2. Unión entre aparato de mando y freno</u>		
<p><del>Entre la caja de bornes en el chasis del freno y el aparato de mando están colocados dos cables de unión de varias almas de 15 m de longitud. A través de la caja de enchufe X2 se conducen la alimentación de corriente de la bobina de excitación, la tensión auxiliar del control del agua de refrigeración de la ejecución de agua K y la tensión para el accionamiento de la bomba de aceite en frenos WS (W2S, W3S).</del></p> <p>A través de la caja de enchufe X6 se conducen los impulsos del captador del número de revoluciones y el dispositivo de control del agua de refrigeración.</p>		
Datum		
Name		
Kontrolle	geschr.: Hke/rei	Datum: 19.3.76 Blatt 1 von 3
	<b>CARL SCHENCK AG</b> D-61 Darmstadt	1 G 2601 S



	Montaje	Gruppe G						
	<u>Conexiones eléctricas del freno a corrientes de Foucault</u>							
	<p><b>3. Conexión del cuerpo a ensayar al circuito de seguridad</b>                  El cuerpo a ensayar debe ser conectado por medio de un cable de unión de 2 x 0,75 mm<sup>2</sup>, a aportar por el cliente, con el enchufe X5 del aparato de mando.</p> <p>La orden para desconectar el cuerpo a ensayar es dada mediante un contacto de conmutación libre de potencial por:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) falta de corriente</li> <li>b) falta de agua de refrigeración</li> <li>c) sobrepasar la temperatura máxima del agua de refrigeración en el sistema de refrigeración K,</li> <li>d) sobrepasar el número de revoluciones ajustado</li> <li>e) falta de engrase en frenos de los tipos WS, W2S y W 3S.</li> </ul> <p>Sobrecargabilidad del contacto de seguridad:</p> <p style="margin-left: 40px;">U<sub>max</sub> : 380 V ~                  I<sub>max</sub> : 6 A                  N<sub>max</sub> : 220 VA / 150 W</p> <p>Para desconectar el cuerpo a ensayar cuando hay averías debería usarse el contacto entre las conexiones 1 y 2 del enchufe X5, el cual abre en caso de averías. También en caso de corte de corriente es desconectado el cuerpo a ensayar.</p> <p>En caso de averías, el contacto debe interrumpir los siguientes circuitos:</p> <table style="margin-left: 40px; width: 80%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Motor Otto:</td> <td>circuito primario del encendido</td> </tr> <tr> <td>Motor Diesel:</td> <td>alimentación de corriente de un imán de retención, montado en el varillaje de llenado</td> </tr> <tr> <td>Motor eléctrico:</td> <td>autofijación del contacto del motor.</td> </tr> </table>		Motor Otto:	circuito primario del encendido	Motor Diesel:	alimentación de corriente de un imán de retención, montado en el varillaje de llenado	Motor eléctrico:	autofijación del contacto del motor.
Motor Otto:	circuito primario del encendido							
Motor Diesel:	alimentación de corriente de un imán de retención, montado en el varillaje de llenado							
Motor eléctrico:	autofijación del contacto del motor.							
Datum	geschr.: Hke/rei      Datum: 18.3.76 Blatt 2 von 3							
Name	<b>CARL SCHENCK AG</b> D-61 Darmstadt							
Kontrolle	1	G 2602      S						

4 L BV 2676a



	Montaje	Gruppe G
	<p><u>Conexiones eléctricas del freno a corrientes de Foucault</u></p> <p>4. <u>Conexión de aparatos eléctricos adicionales</u></p> <p>La construcción del aparato de mando prevé la conexión de diversos aparatos eléctricos adicionales:</p> <p>en caja de enchufes X4: una pre-entrega externa del valor teórico, por ejemplo:                  cronoprogramador,                  mando por cinta perforada,                  segundo puesto de mando sin conmutador de prioridad.</p> <p>en caja de enchufes X3: un segundo puesto de mando con conmutador de prioridad.</p> <p><u>A observar:</u></p> <p>a) Para la pre-entrega del valor teórico a través del potenciómetro de valor teórico R5 interno del aparato de mando, oprimir el selector S6  en el aparato de mando hasta el tope.</p> <p>b) Para la pre-entrega externa del valor teórico a través de la caja de enchufes X4 del aparato de mando, oprimir el selector S7  en el aparato de mando hasta el tope.</p> <p>c) Para la pre-entrega del valor teórico a través de un segundo puesto de mando, con conmutador de prioridad, el selector del segundo puesto de mando en posición </p> <p>La posición de los selectores S6 y S7 en el aparato de mando es aquí intrascendente.</p> <p>Debido a que el segundo puesto de mando con su selector es conectado de prioridad, debe colocarse este selector en posición  cuando el segundo puesto de mando no sea utilizado para la pre-entrega del valor teórico.</p> <p>La conexión de un contador digital del no. de revoluciones con 60 impulsos/revolución, debe ser efectuada en el casquillo X7 entre los pernos 1 y 5.</p>	
Datum		
Name		
Kontrolle		
	geschr.: Hke/rei	Datum: 19.3.76 Blatt 3 von 3
	 <b>CARL SCHENCK AG</b> D-61 Darmstadt	1 <b>G 2603</b> S



Alimentación del freno a corrientes de Foucault con agua de refrigeración Gruppe J

Clases de conducción de agua

Para la evacuación de la energía transformada en calor durante el frenado, se necesita agua de refrigeración, la cual no participa en el proceso de frenado en los frenos a corrientes de Foucault.  
Según el pedido, son posibles tres distintas conducciones:

Conducción K

a aplicar como ejecución en serie para todo tipo de abastecimientos de aguas. Especialmente apropiado para circuitos de refrigeración de retorno o para temperaturas de entrada sobre 45° C (115° F)

Conducción N

paso único de agua por las cámaras de refrigeración del freno. Especialmente apropiada para consumo económico de aguas. Sólo suministrable para los tamaños W 130, W 260, W 450 y W 780.

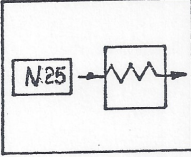
Aquí se diferencian:

- N (25) en temperaturas de entrada hasta 25° C ( 80° F)
- N (45) en temperaturas de entrada hasta 45° C (115° F)

La tabla 1 da una vista de las conducciones de agua y sus tipos de protección.

La tabla 2 muestra los datos de servicio de la conducción N

T A B L A 1

Conducción de agua	Código bajo la placa de características	Protección contra cortes de agua	Equipo adicional
N (25)	por ejemplo 	Presostato (azul) en la entrada	Termostatos en la salida para consumo económico de agua; se suprime en W 50
N (45)		Presostato (rojo) en la entrada	
K		Control de caudal en el desagüe	Relé térmico contra temperaturas de entrada muy altas; escasez de agua

Para la conducción de agua K se suprime la tabla 2 (J 1.2) para ello son válidas las hojas del grupo J 2.

24.8.72 Datum  
 Hke/rd Name  
 Kontrolle

geschr: Hke/rd Datum: 16.8.72 Blatt von

Alle Rechte vorbehalten; Vervielfältigung und Weitergabe an Dritte nicht gestattet; Zuwanderungen verpflichten zu Schadenersatz und können strafrechtliche Folgen haben




Carl Schenck  
Maschinenfabrik GmbH Darmstadt

2

J 11

S



		Alimentación del freno dinamométrico a corrientes de Foucault con agua de refrigeración <span style="float: right;">Gruppe J</span>		
		<p>Conducción del agua K</p> <p>Para determinar la presión que como mínimo debe existir a la entrada del freno y para el cálculo del consumo de agua se necesita el margen de temperatura <math>\Delta t</math>, dentro del cual se calienta el agua en el freno.</p> <p style="padding-left: 40px;"><math>\Delta t</math> = temperatura de salida del agua, menos temperatura de entrada del agua en el freno.</p> <p>La temperatura de entrada en el freno es por lo general igual a la temperatura de salida en la instalación refrigeradora y por lo tanto se la conoce.</p> <p>La temperatura de salida del freno no debiera ser de más de 60° C (140° F).</p> <p>Cuando suba la temperatura de salida del freno a aproximadamente 70° C (160° F), el banco de ensayo se desconectará automáticamente.</p> <p>Para el margen de temperatura determinado de esta forma, <math>\Delta t</math>, se ve en el cuadro 1 la presión que como mínimo debe regir a la entrada del freno y en el cuadro 2 se ve el consumo de agua, que depende del tamaño del freno.</p> <p>La presión a la entrada del freno no debe ser mayor a 4 bar (57 p.s.i.)</p>		
Datum :				
Name				
Kontrolle	geschr. :	Datum :		
			Carl Schenck Maschinenfabrik GmbH Darmstadt.	2    J 2101    S

Nm/Vd 172.1

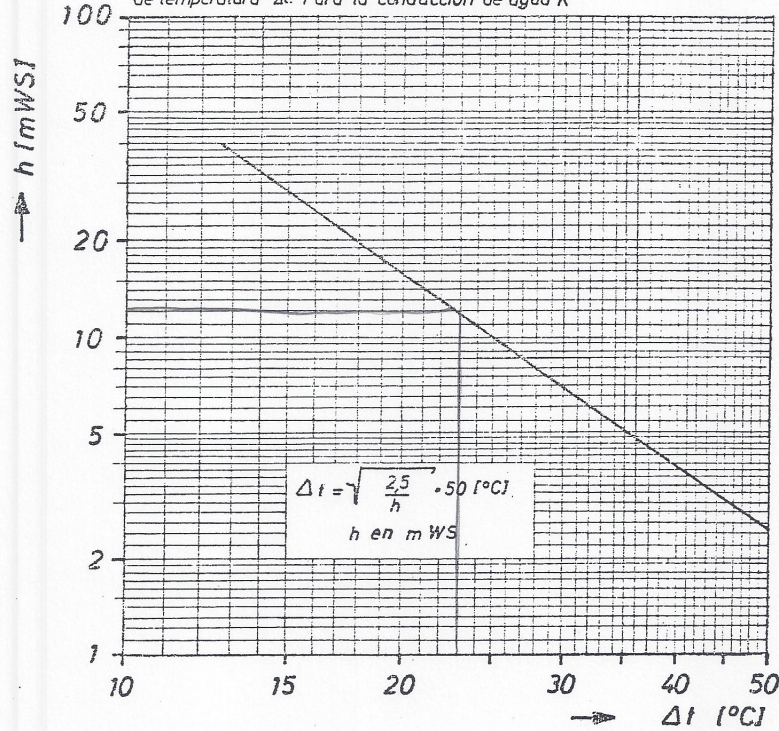


La alimentación del freno dinámico con agua de refrigeración

Gruppe.

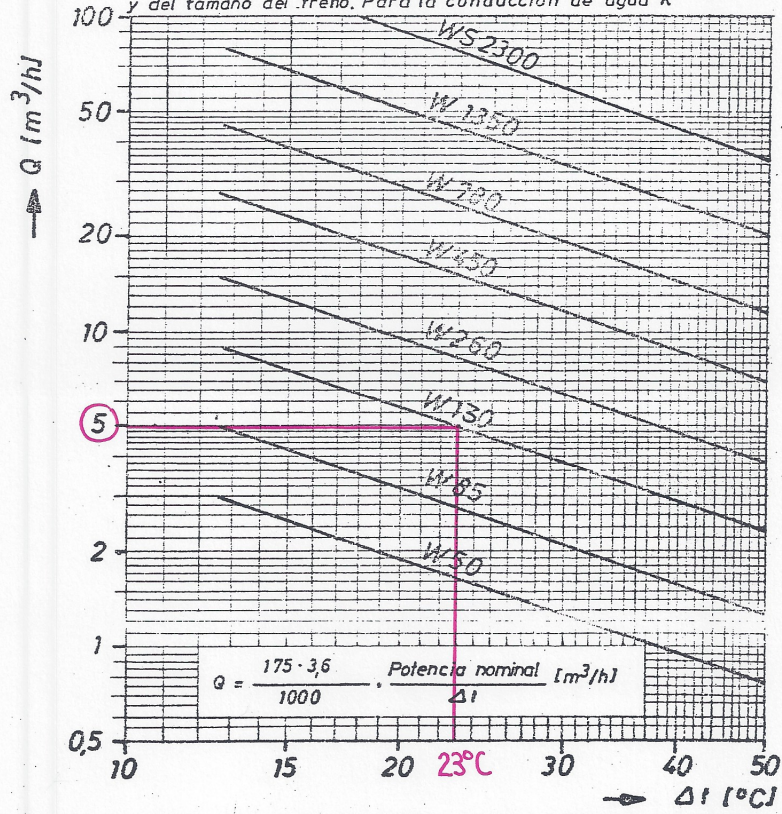
Presión requerida a la entrada del freno, dependiente del margen de temperatura  $\Delta t$ . Para la conducción de agua K

Cuadro 1



Caudal de agua requerido, dependiente del margen de temperatura  $\Delta t$  y del tamaño del freno. Para la conducción de agua K

Cuadro 2



12.8.66 Datum:  
H. Schulte Name:

gez. Hke/LDe Datum: 12.8.66


Kontrolle: Alle Rechte vorbehalten; Vervielfältigung und Weitergabe an Dritte nicht gestattet; Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadensersatz und können strafrechtliche Folgen haben.

Carl Schenck  
Maschinenfabrik GmbH Darmstadt

2 J22 S

Mas 1/41 472 9



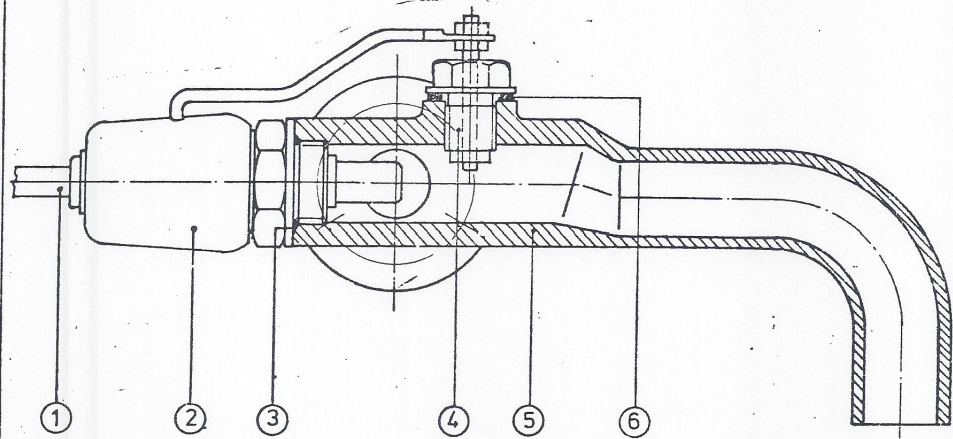
	Alimentación del freno dinamométrico a corrientes de Foucault con agua de refrigeración <span style="float: right;">Gruppe J</span>	
	<p>Seguro contra cortes de agua. y exceso de temperatura para la conducción de agua K.</p> <p>En ambas salidas de agua del freno se han instalado controladores de paso, los cuales cierran un circuito de corriente sólo cuando el agua de refrigeración fluya.</p> <p>Los relés termicos controlan el agua de salida.</p> <p>En cuanto pase poca agua por el freno, o la temperatura de salida del agua en uno de los manguitos de desagüe sobrepase los 70°C (160°F), la corriente para la excitación del freno se corta. En el aparato de mando se apaga la lámpara verde de control 'Betriebsbereitschaft' (listo para funcionar).</p> <p>Se debe observar imprescindiblemente, que los correspondientes contactos de seguridad del motor a probar estén conectados, a fin de que éste se pare igualmente al desconectarse el freno en caso de peligro.</p>	
	Datum :	
	Name	
	geschr. :	Datum :
	Kontrolle	
		Carl Schenck Maschinenfabrik GmbH Darmstadt
	1	J 2103 S
Nr./Vd 172.1		



Alimentación del freno dinámico a corrientes de Foucault con agua de refrigeración

Gruppe J

Controlador de paso y termo-relé para la conducción de agua "K"



- 1 Conducción de corriente
- 2 Termo-relé
- 3 Junta anular
- 4 Controlador de paso
- 5 Manguito de desagüe
- 6 Junta anular  $\varnothing$  16/20 DIN 7603

En cada manguito de desagüe del freno dinámico se ha instalado un termo-relé y un controlador de paso, como en el dibujo.

Desmontaje para la limpieza:

Freno dinámico parado.

Paso de agua cerrado.

- a) Aflojar el terminal del cable en el controlador de paso (4) y desatornillar el controlador de paso.
- b) Desatornillar el termo-relé (2)

1.9.73	Datum
H. Schenck	Name
Kontrolle	

geschr.: Hke

Datum: 1.9.73 Blatt 4 von 4



Carl Schenck  
Maschinenfabrik GmbH Darmstadt

2

J 2104

S




		Dispositivos de seguridad		Gruppe K	
		<p><b>A T E N C I O N</b></p> <p>El cuerpo a ensayar debe ser conectado al circuito de seguridad del freno a corriente de Foucault según G 2602, para que los dispositivos de seguridad descritos a continuación puedan actuar sobre este cuerpo!</p> <p>1. <u>Seguro de sobrevelocidad</u></p> <p>Tan pronto como el número de revoluciones máx. del freno regulado en el potenciómetro R4 del aparato de mando sea sobrepasado, actúa el contacto de seguridad y desconecta el cuerpo a ensayar. La lámpara de indicación roja H8 se enciende. Recién puede anularse el contacto de seguridad, presionando la lámpara roja H8, cuando el no. de revoluciones del freno esté bajo el no. de revoluciones máx. ajustado. Se recomienda equipar motores que sean ensayados en las cercanías de su límite de no. de revoluciones, adicionalmente con una protección propia contra sobrevelocidad, la cual también puede actuar cuando el eje de acoplamiento entre el motor y freno se rompe.</p> <p>2. <u>Seguro contra cortes de corriente</u></p> <p>En cortes de corriente actúa el contacto de seguridad independientemente del no. de revoluciones máx. ajustado. La lámpara verde H 10 "listo para funcionar" se apaga. El cuerpo a ensayar se desconecta.</p> <p>3. <u>Seguro contra cortes de agua</u></p> <p>Ver grupo J.</p> <p>4. <u>Seguros especiales</u></p> <p>El contacto de seguridad también es accionado mediante el presostato del abastecimiento de aceite, el cual es colocado en frenos a corrientes de Foucault desde el tipo de 1200 kW de potencia. A deseo, también pueden ser equipados dispositivos de protección con conmutadores de protección, los cuales accionan los contactos de seguridad.</p>			
Kontrolle	Datum	geschr.: Hke/rei	Datum: 4.3.76	Blatt 1 von 2	
	Name	<b>CARL SCHENCK AG</b> D-61 Darmstadt		1	K 1301 S








	Mantenimiento	Gruppe L																		
<p><u>Limpieza del freno dinamométrico</u></p> <p>El sistema de refrigeración del freno debe ser limpiado cada cierto tiempo con algún desincrustante. Los períodos se rigen por las temperaturas de salida del agua y las condiciones locales del agua. Para aguas duras con temperaturas de salida superiores a los 50° C (122° F), recomendamos una limpieza como mínimo cada 500 horas de funcionamiento.</p> <p>Como desincrustantes recomendamos:</p> <p>Lithax - A                  Fabricante: Dr. Fischer &amp; Haller                  Chemische Fabrik - Wasserchemie  <u>6112 Gross-Zimmern / Hessen</u></p> <p>efetin KL 28                  Fabricante: H. Schilling                  chemisch technische Erzeugnisse  <u>7000 Stuttgart-Zuffenhausen</u>                  Hördstrasse 32</p> <p>Al efectuar la limpieza se deben seguir las medidas de seguridad indicadas por los fabricantes.</p> <p>Consumo de desincrustante para los tamaños individuales de frenos en litros:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>tamaño freno</td> <td>W 50</td> <td>W 85</td> <td>W130</td> <td>W 260</td> <td>W 450</td> <td>W 780</td> <td>W1350</td> <td>W2300</td> </tr> <tr> <td>Consumo</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>10</td> <td>20</td> <td>50</td> <td>110</td> <td>250</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;"><b>ATENCIÓN</b></p> <p>Al limpiar el banco de pruebas, los frenos dinamométricos no deben ser mojados con la manguera.</p>			tamaño freno	W 50	W 85	W130	W 260	W 450	W 780	W1350	W2300	Consumo	1	2	4	10	20	50	110	250
tamaño freno	W 50	W 85	W130	W 260	W 450	W 780	W1350	W2300												
Consumo	1	2	4	10	20	50	110	250												
24.8.72		Datum																		
Hör-Absche		Name																		
Kontrolle	geschr.: Hke/rd      Datum: 10.8.72      Blatt 1 von 5																			
	Alle Rechte vorbehalten; Vervielfältigung und Weitergabe an Dritte nicht gestattet; Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz und können strafrechtliche Folgen haben.																			
	 Carl Schenck Maschinenfabrik GmbH Darmstadt	2      L 11      S																		



		Mantenimiento	Gruppe L
		<p><u>Instrucciones para la limpieza del freno dinamométrico</u></p> <p>La disposición de las piezas nombradas a continuación está detallada en la hoja L1003</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cerrar la válvula de cierre (5) y dejar salir el agua que permanece en el freno por la válvula de desagüe(6)</li> <li>2. El presostato (3) debe ser sustituido por un tapón-rosca M 10 x 1 antes de introducir el disolvente en la conducción de agua N.</li> <li>3. Destornillar el tapón-rosca (4) y atornillar en su lugar el embudo (1).</li> <li>4. Sustituir ambas carcasas de desagüe por los tubos de limpieza (2). En conducción de agua N deben ser sustituidos ambos termostatos por los tubos de limpieza. En el freno W40 no son necesarios los tubos de limpieza. En su lugar se deben conectar a los dos tubos de desagüe dos mangueras de 1 m de longitud con NW 8. Las mangueras deben ser sujetadas en sus extremos por encima del cuerpo del freno.</li> <li>5. Introducir lentamente el desincrustante en la concentración prescrita y con la temperatura descrita a través del embudo (1). El freno está lleno tan pronto el disolvente salga de los tubos de limpieza o de las mangueras, respectivamente.</li> <li>6. Dejar el disolvente en el freno durante 20 min. Hacerlo salir por la válvula de desagüe (6) y llenar el freno nuevamente. Normalmente es necesario llenarlo tres veces.</li> <li>7. Dejar salir la solución de soda por la válvula de desagüe (6).</li> <li>8. Quitar el embudo (1) y los tubos de limpieza y volver a montar el freno en su estado anterior.</li> </ol>	
23.8.72	Datum		
H. Schütz	Name		
Kontrolle	geschr.: Hke/rd	Datum: 10.8.72	Blatt 2 von 5
		Carl Schenck Maschinenfabrik GmbH Darmstadt	2 L 1002 S

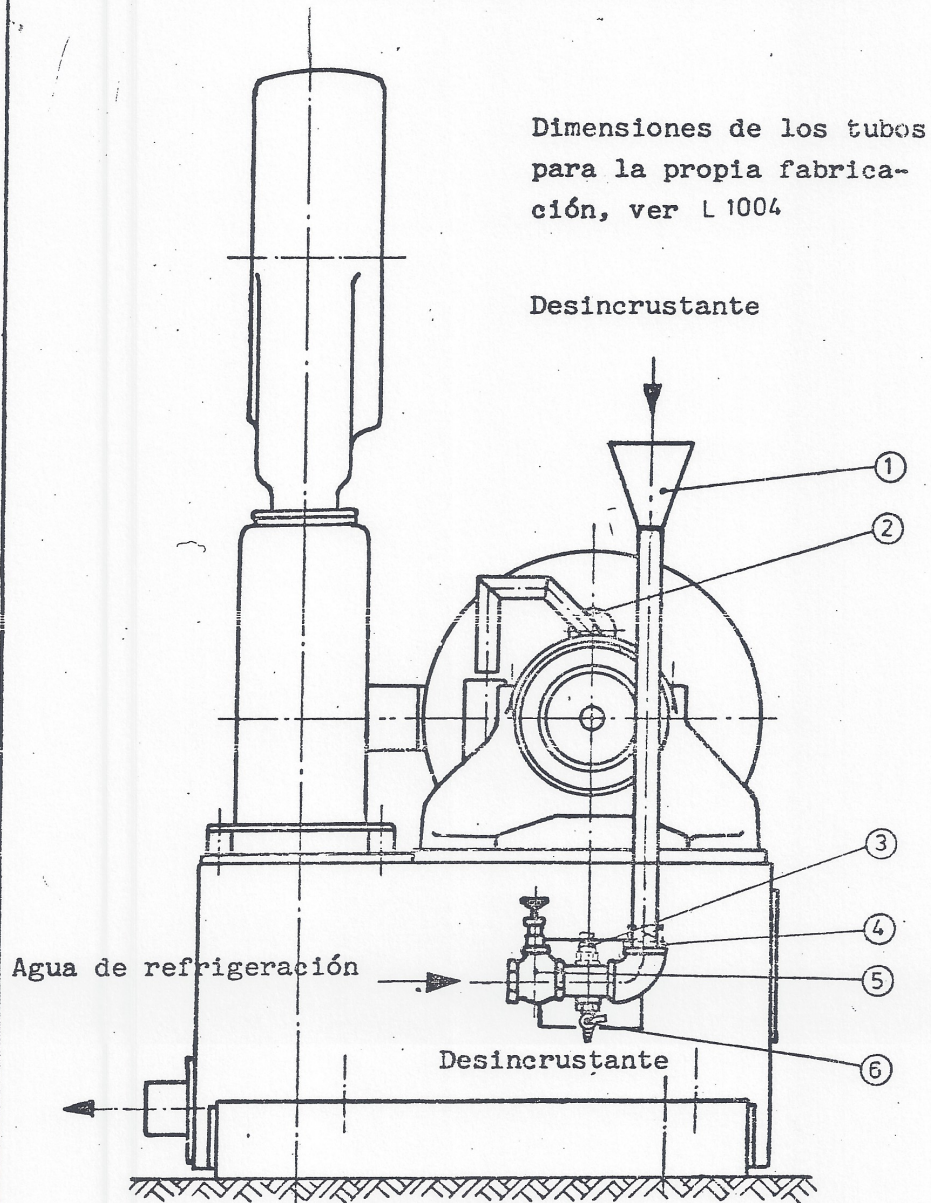


Mantenimiento

Gruppe L

Instrucciones para limpiar el freno dinamométrico

Cuadro 1 : Distribución de los tubos para llenar el freno dinamométrico con desincrustante



- |   |                      |
|---|----------------------|
| 1 Embudo                                    | 5 Válvula de cierre  |
| 2 Tubos de limpieza                         | 6 Válvula de desagüe |
| 3 Presostato (sólo en conducción de agua N) |                      |
| 4 Tapón-rosca                               |                      |

Datum :

Name

Kontrolle

geschr. Hke/rd

Datum : 18.8.72

Blatt 3 von 5



Carl Schenck  
Maschinenfabrik GmbH Darmstadt

2

L 1003

S

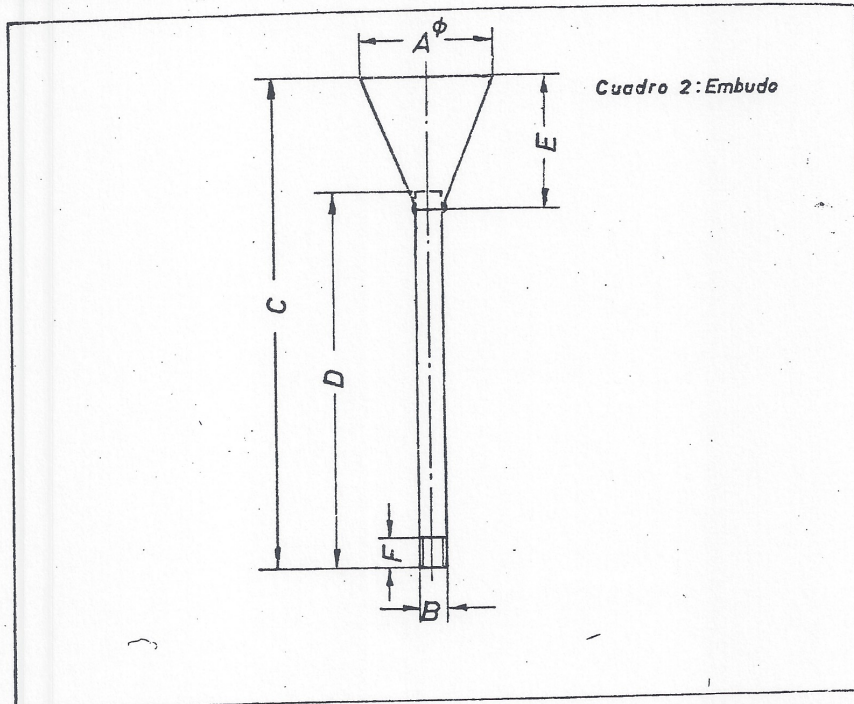
Man 11/2 477



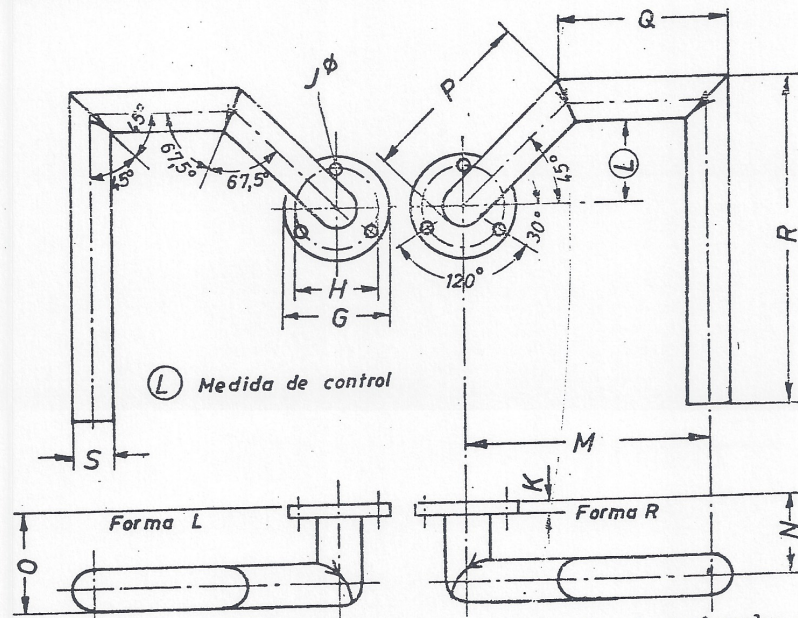
Mantenimiento

Gruppe L

Instrucciones para limpiar el freno dinamométrico



Lengitud total de tubos  $T=O+P+Q+R$  Cuadro 3 Tubo p. limpieza



Para frenos dinamométricos con desagüe izquierdo o derecho, se suprime la forma R. En vez de ella emplear dos formas L. Con dispositivos especiales se pueden doblar adecuadamente los tubos para la limpieza.

Datum :  
Name  
Kontrolle

gesch.

Datum :



Carl Schenck  
Maschinenfabrik GmbH Darmstadt

1

L 1004

S



Mantenimiento


Gruppe L

Instrucciones para limpiar el freno dinamométrico

Tabla de medidas de los tubos


Tipo	Ejecución	Cuadro 2 : Embudo										Cuadro 3 : Tubo p. limpieza									
		A mm	B Pulgadas	C mm	D mm	E mm	F mm	G mm	H mm	J mm	K mm	L mm	M mm	N mm	O mm	P mm	Q mm	R mm	S Zoll	T mm	
W 50	I	100	3 1/4"	520	440	100	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
W 85	I	150	1"	700	570	150	30	60	50	5,5	4	70	166	35	45	129	103	163	1 1/2"	440	
W 150	I	170	1"	750	600	170	30	-	-	-	-	70	166	38	47	127	99	163	18x2	436	
	II	170	1 1/4"	750	600	170	30	60	45	7	5	70	166	41	55	139	101	172	3 1/4"	467	
W 260	I	200	1 1/4"	1000	820	200	30	75	63	7	5	90	284	40	57	178	200	264	1"	699	
	II	200	1 1/2"	1000	820	200	30	75	63	7	5	90	235	40	57	178	150	264	1"	649	
W 450	I	200	1 1/4"	1200	1020	200	30	75	63	7	5	110	280	60	77	204	177	324	1"	782	
	II	200	2"	1200	1020	200	30	75	63	7	5	110	280	60	77	204	177	324	1"	782	
W 780	I	200	2 1/2"	1500	1320	200	30	90	70	9,5	8	130	300	75	92	243	180	385	1"	900	
W 1350	I	200	3 1/2"	1700	1520	200	30	105	80	11,5	10	158	370	75	92	310	225	428	1"	1055	
W 2300	I	200	2 1/2"	2150	1970	200	30	140	112	14	12	210	580	105	122	346	360	760	1"	1588	

Name \_\_\_\_\_ Datum : \_\_\_\_\_

Kontrolle geschr Datum :  Carl Schenck Maschinenfabrik GmbH Darmstadt 2 L 15 S

Km/V2 177



		Mantenimiento	Gruppe L
		<p>Filtrado del agua de refrigeración</p> <p>El agua de refrigeración contiene oxígeno en disolución, el cual oxida las paredes de las conducciones y del depósito principal. Las partículas de óxido son magnéticas y se depositan en parte sobre las paredes de las cámaras de refrigeración del freno, pudiendo ocasionar obstrucciones, las cuales pueden ocasionar graves daños en el mismo a causa de sobrecalentamientos excesivos.</p> <p>Para evitar esto, recomendamos montar a la entrada del agua al freno un separador magnético con filtro. Nuestra experiencia nos inclina a recomendarles el 'separador magnético Polo', cuya función explicamos a continuación :</p> <p>Dicho separador consta de un imán cilíndrico provisto de aletas en sentido axial y rodeado de un filtro de malla fina. Ambas unidades están montadas en un patrón cilíndrico con colector de barro en su parte inferior. El agua entra e incide perpendicularmente sobre el imán cilíndrico y se separa del mismo también perpendicularmente. Cada una de las partículas de la emulsión es activada magnéticamente en su camino hacia arriba. Primero positivamente y después en forma progresiva negativamente, de forma que desaparece la tensión magnética a que está sometida la emulsión, quedando libres las partículas en suspensión, las cuales caen al colector, son retenidas por el filtro o quedan adheridas al imán. Dicho filtro se encuentra dentro de un tubo conductor y es recorrido por las líneas de fuerza del campo magnético. Las partículas retenidas todavía por el filtro, vuelven lentamente en las pausas de servicio al imán cilíndrico, de forma que se puede afirmar que dicho filtro se autolimpia.</p> <p>La limpieza del separador 'Polo' se realiza sacando el imán y limpiándolo y retirando los barro del colector.</p>	
	Delum :	geschr. :	Delum :
	Name	 <b>Carl Schenck</b> Maschinenfabrik GmbH Darmstadt	
Kontrolle		1	L 2001 S



Mantenimiento Gruppe L


El fabricante garantiza una retención en el filtro de partículas inferiores a una milésima de milímetro, sin pérdida considerable de presión.

Para los diversos tamaños de frenos son apropiados los filtros de los siguientes tamaños:

tamaño del freno	tamaño de filtro tipo	caudal m <sup>3</sup> /h	conexión de tubería
W 50	DMS 45	1,5	R 3/4"
W 85	DMS 90	2,5	R 1"
W 130	MFGH-100	4,0	R 1 1/4"
W 260	MFGH-150	7,0	R 1 1/2"
W 450	MFGH-200	12,0	R 2"
W 780	MFGH-300	20,0	R 2 1/2"
W 1350	MFGHZ-300	35,0	R 3 1/2"
W 2300	MAFI M14/E6	6,0	R 5"

Fabricante: Dr. Ing. Erich Dinglinger KG  
 D 2800 Bremen, Heinrich-Heine-Str. 50

10.7.72	Datum
H. Schenk	Name

geschr.: Hke	Datum 10.7.72	Blatt 2 von 2	
<small>Alle Rechte vorbehalten; Vervielfältigung und Weitergabe an Dritte nicht gestattet; Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz und können strafrechtliche Folgen haben</small>	 Carl Schenck Maschinenfabrik GmbH Darmstadt	2	L22

Nr. Vd 172 1a



Berechnungsunterlagen		Gruppe W
Formeltabelle zur Berechnung der Leistung nach verschiedenen Einheitssystemen		
Skale für	Leistung	Drehzahl
M in kpm	$P = \frac{M \cdot n}{716,20} \text{ PS}$	n in $\frac{U}{\text{min}}$
M in kpm	$P = \frac{M \cdot n}{973,76} \text{ kW}$	n in $\frac{U}{\text{min}}$
M in Nm	$P = \frac{M \cdot n}{9549,3} \text{ kW}$	n in $\frac{U}{\text{min}}$
M in Nm	$P = \frac{M \cdot n}{159,16} \text{ kW}$	n in $\frac{U}{\text{s}}$
T in lbf ft	$P = \frac{T \cdot N}{5252,1} \text{ hp}$	N in rpm
T in lbf ft	$P = \frac{T \cdot N}{7043,2} \text{ kW}$	N in rpm
F in kp für Hebelarm 716,20 mm	$P = \frac{F \cdot n}{1000} \text{ PS}$	n in $\frac{U}{\text{min}}$
F in kp für Hebelarm 973,76 mm	$P = \frac{F \cdot n}{1000} \text{ kW}$	n in $\frac{U}{\text{min}}$
F in Newton N für Hebelarm 954,93 mm	$P = \frac{F \cdot n}{10000} \text{ kW}$	n in $\frac{U}{\text{min}}$
F in N für Hebelarm 1591,6 mm	$P = \frac{F \cdot n}{100} \text{ kW}$	n in $\frac{U}{\text{s}}$
F in lbf für Hebelarm 2,6261 ft	$P = \frac{F \cdot N}{2000} \text{ hp}$	N in rpm
F in lbf für Hebelarm 3,5216 ft	$P = \frac{F \cdot N}{2000} \text{ kW}$	N in rpm
geschr. : 1.10.68		Datum : Sim / Wi
Kontrolle	<b>CARL SCHENCK AG</b> D-61 Darmstadt	2 <b>W 1000</b>

nm/Vd 172.1



## B.4. Bomba GRUNDFOS

### PEQUEÑA EDIFICACIÓN

Las bombas circuladoras sencillas UPS están diseñadas para la circulación de líquidos en sistemas de calefacción y sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

El modelo UPS es una bomba monofásica de 3 velocidades.

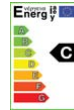
Los líquidos bombeados deben ser poco densos, limpios, no agresivos ni explosivos, que no contengan partículas sólidas, fibras o aceites minerales.

Si la bomba está instalada en un sistema de calefacción, el agua debe cumplir con las homologaciones aceptadas respecto a la calidad del agua.

La bomba incorpora en el estator un interruptor térmico de sobrecarga y, además de un módulo de alarma incorporable a la caja de conexiones como opción.

Disponible en 14 modelos diferentes.

#### UPS



Modelo	Código	Conexión bomba	Longitud (mm)	Tensión	P <sub>i</sub> (W) Velocidad			I <sub>a</sub> (A) Velocidad			Clase Energética
					1	2	3	1	2	3	
UPS 25-25	95906400	G 1 1/2	180	1x230 V	25	40	50	0.12	0.18	0.22	C
UPS 32-25	95906401	G 2	180	1x230 V	25	40	50	0.12	0.18	0.22	C
UPS 25-55	95906404	G 1 1/2	180	1x230 V	65	80	85	0.3	0.36	0.38	C
UPS 32-55	95906409	G 2	180	1x230 V	75	100	105	0.32	0.44	0.46	C
UPS 25-80	95906429	G 1 1/2	180	1x230 V	110	155	165	0.5	0.7	0.7	C
UPS 32-80	95906442	G 2	180	1x230 V	135	200	220	0.6	0.9	0.98	C
UPS 25-100	95906480	G 1 1/2	180	1x230 V	280	340	345	1.3	1.5	1.52	C
UPS 32-100	95906500	G 2	180	1x230 V	280	340	345	1.3	1.5	1.52	C
UPS 32-50 F	95906415	DN 32	220	1x230 V	75	100	105	0.32	0.44	0.46	C
UPS 32-80 F	95906458	DN 32	220	1x230 V	135	200	220	0.6	0.9	0.98	C
UPS 32-100 F	95906483	DN 32	220	1x230 V	280	340	345	1.3	1.5	1.52	C
UPS 40-50 F	95906420	DN 40	250	1x230 V	75	100	105	0.32	0.44	0.46	C
UPS 40-80 F	95906462	DN 40	250	1x230 V	135	200	220	0.6	0.9	0.98	C
UPS 40-100 F	95906486	DN 40	250	1x230 V	280	340	345	1.3	1.5	1.5	C

BOMBAS

### CARACTERÍSTICAS / CONSTRUCCIONES

Las bombas circuladoras UPS son de tipo rotor encapsulado, es decir, la bomba y el motor forman un conjunto compacto sin cierre del eje y con sólo dos juntas para el sellado. Los cojinetes están lubricados por el líquido bombeado. Estas bombas se caracterizan por:

- Eje y cojinetes radiales en cerámica.
- Cojinete de empuje en carbono.
- Carcasa del rotor y soporte del cojinete en acero inoxidable.
- Impulsor en material resistente a la corrosión.
- Carcasa de la bomba en fundición.
- Temperatura del líquido de -25°C a +110°C.
- Presión del sistema máx. 10 bar.
- Clase de aislamiento F
- Grado de protección IP42
- Bajo nivel de ruido.

En los modelos UPS no se requiere protección adicional del motor.

Presión de entrada  
Para evitar ruidos de cavitación y daños a los cojinetes de la bomba, las siguientes presiones mínimas son necesarias en la aspiración de la bomba:

Temp. líquido	85°C	90°C	110°C
Pres. entrada	0,5 m altura 0,049 bar	2,8 m altura 0,27 bar	11,0 m altura 1,08 bar



CALEFACCIÓN

CLIMATIZACIÓN

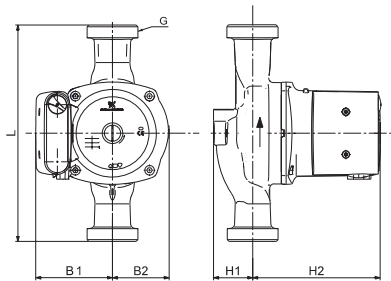
TABLA DE SELECCIÓN

Modelo	Tensión	Caudal Q																	
		m3/h →	0	0,4	0,8	1	1,6	2	2,4	3	3,2	4	4,0	5	6	7	8	9	10
UPS 25-25 / 32-25	M		1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5	1,5	1,3	1,1	0,6	0,4				
UPS 25-55	M		4,7	4,3	4,2	4,2	4,1	4	3,8	3,4	3,3	2,8	2,3	1,5					
UPS 32-55	M		5	4,9	4,8	4,7	4,7	4,5	4,2	3,9	3,8	3,5	3,2	2,5	1,8	1,2	0,5		
UPS 25-80	M		7,2	7,1	6,9	6,8	6,7	6,5	6,2	5,9	5,8	5,5	5,2	4,5	3,5	2,5	1,9		
UPS 32-80/F	M		7,5	7,5	7,3	7,2	7	6,8	6,5	6,4	6,2	6	5,6	5,3	4,6	3,8	3	2,2	1,6
UPS 25-100	M		10	10	9,8	9,7	9,7	9,5	9,3	9	9	9	8,5	8	7,5	7	6	5	4,3
UPS 32-100/F	M		10	10	9,8	9,7	9,7	9,5	9,3	9	9	9	8,5	8	7,5	7	6	5	4,3
UPS 32-50 F / 40-50 F	M		5,2	5	4,9	4,8	4,6	4,5	4,2	4	3,9	3,6	3,5	2,7	1,9	1,3	0,5		
UPS 80-80 F	M		7,6	7,4	7,3	7,1	7,1	6,9	6,7	6,5	6,4	6,3	6	5,2	4,5	3,8	3	2,2	1,5
UPS 40-100 F	M		10	10	9,8	9,7	9,7	9,5	9,3	9,2	9	8,5	8	7,5	7	6,3	5,5	4,5	

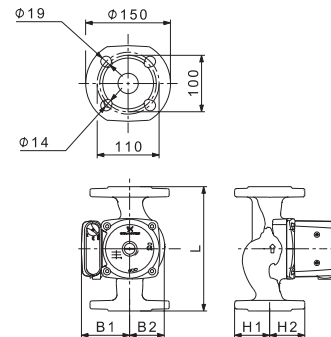
SABER MÁS . . .

Dimensiones / Peso

Bombas conexión rosca



Bombas conexión brida



Modelo	Dimensiones					
	L	H1	H2	B1	B2	G
UPS 25-25	180	46	125	85	62	11/2
UP 32-25	180	48	125	85	62	2
UPS 25-55	180	46	125	85	62	11/2
UPS 32-55	180	48	125	85	62	2
UPS 25-80	180	46	125	85	62	11/2
UPS 32-80	180	48	125	85	62	2
UPS 25-100	180	47	150	90	65	11/2
UPS 32-100	180	47	150	90	68	2
UPS 32-50 F	220	62	125	85	62	Brida
UPS 32-80 F	220	62	125	85	62	Brida
UPS 32-100 F	220	62	150	90	68	Brida
UPS 40-50 F	250	67	125	85	62	Brida
UPS 40-80 F	250	67	125	85	62	Brida
UPS 40-100 F	250	62	150	90	68	Brida

# PEQUEÑA EDIFICACIÓN

## SELECCIÓN

Diámetro tubería		Tubería ROSCADA EXTERIOR				ROSCADA INTERIOR	Tubería DN 40mm
		G3/4 (20/27)	G1 (26/34)	G1 1/4 (33/42)	G1 1/2 (40/49)	G1 1/4 (33/42)	
UPS 25-25	95906400	U 3/4" F 529921	U 1" F 509922			U 1 1/4" M 509924	
UPS 32-25	95906401		U 1" F 509921	U 1 1/4" F 509922			
UPS 25-55	95906404	U 3/4" F 529921	U 1" F 509922			U 1 1/4" M 509924	
UPS 32-55	95906409		U 1" F 509921	U 1 1/4" F 509922			
UPS 25-80	95906429	U 3/4" F 529921	U 1" F 509922			U 1 1/4" M 509924	
UPS 32-80	95906442		U 1" F 509921	U 1 1/4" F 509922			
UPS 25-100	95906480	U 3/4" F 529921	U 1" F 509922			U 1 1/4" M 509924	
UPS 32-100	95906500		U 1" F 509921	U 1 1/4" F 509922			
UPS 32-50 F	95906415			CFT32-1 1/4" 96569159			CFW32 96569183
UPS 32-80 F	95906458			CFT32-1 1/4" 96569159			CFW32 96569183
UPS 32-100 F	95906483			CFT32-1 1/4" 96569159			CFW32 96569183
UPS 40-50 F	95906420				CFT 40-1 1/2 96569170		CFW 40 96569184

ACCESORIOS HIDRÁULICOS  
(Ver página 26)



U = Juego racores (fundición)  
Nº de racores: 2



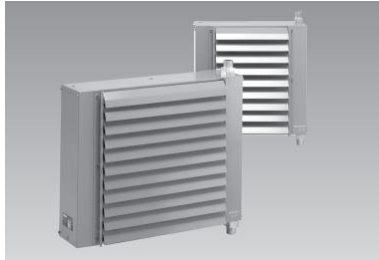
CFT = Contrabrida para roscar (acero)  
Nº de contrabridas: 1



CFW = Contrabrida para soldar (acero)  
Nº de contrabridas: 1

## B.5. Unitermos BAXI

### Unitermos



#### UL

Para instalaciones de Calefacción por agua caliente, agua sobrecalentada, con proyección forzada de aire caliente.

#### Características principales

- Diseñado para trabajar hasta una temperatura máx. de 140°C (agua) y 8 bar de presión.
- Equipados con batería de intercambio de calor fabricada en cobre-aluminio.
- Ventilador helicoidal con motor trifásico 230/400 V a 1.400 r.p.m. Incorpora clixón de protección sobret temperatura.

- Preparados para funcionamiento con descarga de aire horizontal, vertical, o cualquier otra posición del eje del motor.
- Versión estándar, provista de soportes fijos y aletas orientables para dirigir el chorro de aire.
- Soportes orientables y cáncamos de suspensión como accesorios adicionales.
- Envoltente de plancha de acero pintada.

#### Forma de suministro

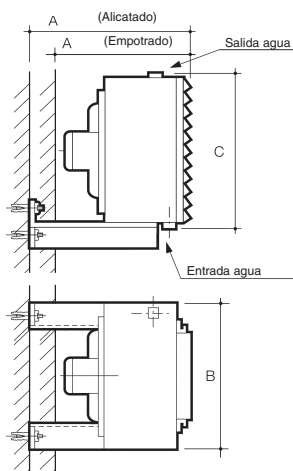
- Se suministra embalado, conteniendo en un solo bulto la unidad base con persiana y soportes fijos SF para alicatar o empotrar.
- Como accesorios opcionales se fabrican soportes orientables SO y cáncamos de suspensión CS.

#### Dimensiones y Características Técnicas

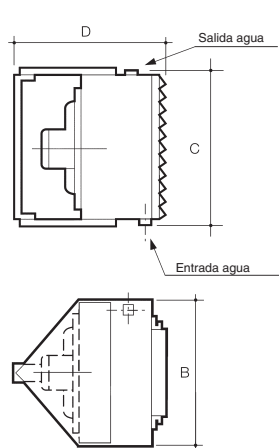
Modelos	Cotas en mm						Capacidad agua l.	Peso aprox. kg.	Caudal aire m³/h	Conexiones	Velocidad nominal r.p.m.	Tensión V Trifásica	Potencia absorbida kW	Intensidad absorbida A
	Alicatar A (*)	Empotrar A (*)	B	C	D	E								
<b>UL-210</b>	546	446	495	516	515	445	1,3	15	1.350	1"	1.400	230/400	0,08	0,65 / 0,38
<b>UL-212</b>	564	464	495	596	515	445	1,5	17	1.900	1"	1.400	230/400	0,10	0,64 / 0,37
<b>UL-214</b>	573	473	573	676	515	523	2,1	20	2.750	1"	1.400	230/400	0,10	0,64 / 0,37
<b>UL-215</b>	610	510	750	716	569	699	3,4	28	4.140	1 1/4"	1.400	230/400	0,18	1,80 / 1,04
<b>UL-217</b>	626	526	924	796	578	874	4,5	33	5.180	1 1/4"	1.400	230/400	0,18	1,80 / 1,04

(\*) El diseño del soporte permite su colocación tanto para alicatar como para empotrar.

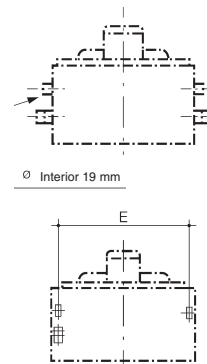
#### UNITERMO mural (con soporte fijo)



#### UNITERMO mural (con soporte orientable)



#### UNITERMO suspendido (con cáncamos de suspensión)



# Unitermos

## Potencia calorífica

Salto térmico  $\Delta t$  entre temperatura entrada y salida de agua en el UNITERMO 10 °C.

### Agua

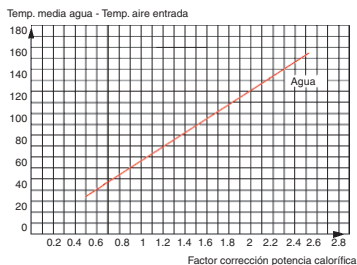
Modelos	Temperatura aire entrada °C	Temperatura media agua 80°C Kcal/h (1)	Temperatura aire salida °C	Temperatura media agua 90°C Kcal/h	Temperatura aire salida °C
UL-210	-5	13.700	35	15.100	39
	+15	10.400	46	12.050	51
UL-212	-5	19.650	33	21.750	37
	+15	15.000	45	17.200	50
UL-214	-5	28.200	34	31.250	38
	+15	21.500	45	24.800	50
UL-215	-5	40.480	32	44.800	37
	+15	30.900	44	35.550	48
UL-217	-5	61.300	33	67.900	38
	+15	46.800	45	53.900	49

### Factores de corrección

Para calcular la potencia aproximada de los UNITERMOS UL a temperaturas diferentes a las indicadas en la tabla superior, así como para el cálculo con salto térmico ( $\Delta t$ ) entre las temperaturas de entrada y salida del agua al UNITERMO diferentes a 10 °C, se realizarán las correcciones oportunas de acuerdo con los factores indicados a continuación.

#### Factores de corrección de las potencias caloríficas indicadas en la columna (1) con temperaturas aire entrada a +15°C.

– Corrección potencia calorífica cuando la temperatura del aire a la entrada y/o la temperatura media del agua son diferentes a la indicada en las tablas.



– Corrección potencia calorífica para saltos térmicos ( $\Delta t$ ) entre las temperaturas de entrada y salida agua diferente de  $\Delta t$ : 10°C.

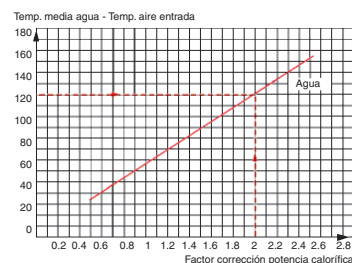
$\Delta t$ °C	5	10	15	20	30
Factor	1,1	1,0	0,9	0,85	0,75

### Ejemplos aplicación ábacos anteriores

#### Primer ejemplo.

Se desea conocer la potencia calorífica de un UNITERMO UL-215 con fluido agua sobrecalentada con una temperatura media de 140 °C. La entrada de aire es de 10 °C, siendo el  $\Delta t$  entre entrada y salida agua de 10 °C. Para poder conocer el factor corrección realizaremos las siguientes operaciones:

$$\text{Temp. media agua} - \text{Temp. aire entrada} \\ 140 - 10 = 130 \text{ °C}$$



(Por tanto factor de corrección = 2)

La potencia del UL-215 indicada en tabla columna (1) para temperatura entrada aire +15°C es de 30.900 kcal/h. Por tanto la potencia del UNITERMO en las condiciones del ejemplo será: Potencia tabla, columna (1) x Factor corrección 30.900 x 2 = 61.800 kcal/h.

Para determinar la temperatura salida aire, aplicaremos la fórmula:

$$t_s = \frac{\text{Potencia corregida}}{0,288 \times \text{Caudal aire, m}^3/\text{h}} + \text{Temp. aire entrada}$$

$$t_s = \frac{61.800}{0,288 \times 4.140} + 10 = 61,83 \text{ °C} \approx 62 \text{ °C}$$

#### Segundo ejemplo

Se desea conocer la potencia calorífica de un UNITERMO UL-214 con entrada agua a 90°C y salida a 70°C ( $\Delta t = 20^\circ\text{C}$ ), temperatura media agua de 80°C y entrada aire a +15 °C.

Las potencias indicadas en las tablas columna (1) corresponden a un  $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ , por tanto, el factor corrección a aplicar para  $\Delta t = 20^\circ\text{C}$  será de 0,85.

$\Delta t$ °C	5	10	15	20	30
Factor	1,1	1,0	0,9	0,85	0,75

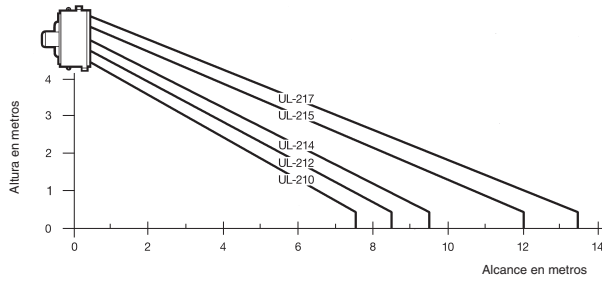
Para nuestro caso la potencia es de 21.500 kcal/h, que aplicando el factor corrección será: Potencia tabla x Factor corrección 21.500 x 0,85 = 18.275 kcal/h

# Unitermos

## Alcance de los UNITERMOS

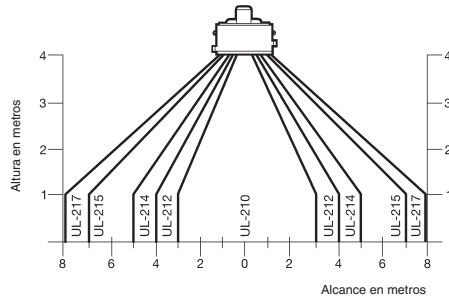
### Murales

- Inclinación persianas aire: en oposición a 45°.
- La velocidad del aire en los límites de alcance indicados es de 25 m/min.



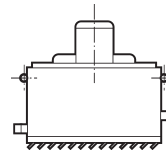
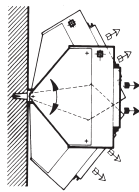
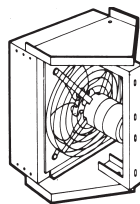
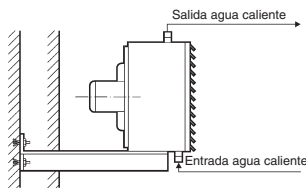
### Suspendidos

- La velocidad del aire en los límites de alcance indicados es de 15 m/min.
- Inclinación persianas aire de 45° en modelo UL-210 y de 30° en los modelos UL-212, UL-214, UL-215 y UL-217.



## Accesorios

Los accesorios disponibles para ser acoplados a los UNITERMOS son los siguientes:

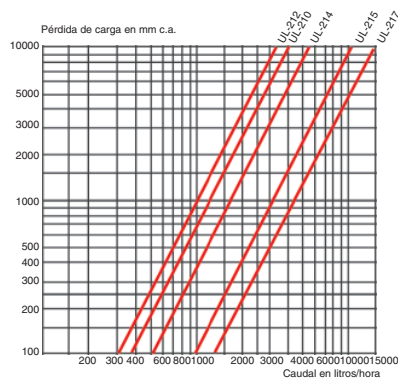


**SF.** Soporte fijo para empotrar o alicatar, utilizable para todas las versiones, en instalación mural.

**SO.** Soporte orientable para alicatar UNITERMO en versión normal, diseñado para instalación mural o suspendido indistintamente.

**CS.** Cáncamo de suspensión.

## Gráfico pérdida de carga Unitermos UL.



## Annex C. PRESSUPOST APROXIMAT

### HORES DE RECERCA

Hores empleades per afegir bibliografia al projecte per tal de tenir un recull d'informació sobre aparells, dispositius, sistemes i instal·lacions que s'havien d'estudiar.

Total hores	Preu hora (€/hora)	Total (€)
28	18	504

### HORES D'ENGINYERIA

Hores empleades per estudiar, simular i analitzar els resultats de les diferents opcions objectes d'aquest estudi.

Total hores	Preu hora (€/hora)	Total (€)
223	27	6021

### PROGRAMA TRNSYS

Llicència del programa de simulació utilitzat per a l'estudi de l'objecte d'aquest treball.

Llicència d'educació: **2154.55 €**

### TOTAL

Treballs de recerca	504 €
Treballs d'enginyeria	6021 €
Programa de simulació Trnsys	2154.55 €
<b>TOTAL</b>	<b>8679.55 €</b>

## Bibliografia

---

- Applied Thermal Engineering, Volume 74, 5 January 2015, Pages IFC.
- Motores térmicos y sus sistemas auxiliares. ISBN: 9788490032817. Autor/es Eliseo López, Vicente Benito.
- EVOLUCION @ Grupo fiat - Formación para el futuro (<http://mtsa.jimdo.com/app/download/4697540161/06Elementos+del+motor.pdf?t=1291022116>, 25 d'Abril de 2015).
- EVOLUCION @ Grupo fiat - Formación para el futuro (<https://de.scribd.com/doc/49941678/Automocion-fiat>, 25 d'Abril de 2015).
- Clasificación de los motores (<https://Scribd.com/doc/202900694/clasificación-de-los-motores-pdf#scribd>, 5 de Maig de 2015).
- Motores de combustión interna alternativos / escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, 1982.
- Motores del automovil : construcción, funcionamiento y manutención / William H. Crouse, Barcelona : Marcombo, 1976, 1ª Ed. Castellana Trad. de la 4ª Americana de McGraw-Hill.
- Motores de combustión interna : fundamentos / Ramón Carreras Planells, Angel Comas Amengual, Antonio Calvo Larruy, Barcelona : Edicions UPC, 1993.
- Handbook of heat transfer / editors: Warren M. Rohsenow, James P. Hartnett, Young I. Cho, New York: McGraw-Hill, cop. 1998, 3th ed.
- Typical energy split in gasoline internal combustion engines ([http://www.greencarcongress.com/2005/02/doe\\_cofunds\\_12\\_.html](http://www.greencarcongress.com/2005/02/doe_cofunds_12_.html), 15 de juny de 2015)



- Bright hub engineering (<http://www.brighthubengineering.com/hvac/61791-features-and-characteristics-of-the-flat-plate-heat-exchanger/>, 15 de juny 2015)
- The dictionary you can understand (<http://www.yourdictionary.com/heat-exchanger>, 16 de juny de 2015)
- Aerotermos o Unitermos (<http://www.baxi.es/unitermos/>, 17 de juny de 2015)
- Projecte/Treball Final de Carrera: Disseny d'una cel·la de prova de motors, Autor: Jordi Paretas Sacot, Tutor: Martí Comamala Laguna, Juny 2005.
- Bombes hidràuliques ([https://ca.wikipedia.org/wiki/Bomba\\_\(enginyeria\)](https://ca.wikipedia.org/wiki/Bomba_(enginyeria)), 23 de juny de 2015)
- Projecte/Treball Final de Carrera: Dimensionament del sistema de refrigeració de dos frens per corrents de Foucault, Autor: Antoni Sauleda Passols, Tutor: Lino Montoro Moreno, Gener 2014.
- Treball final de carrera: Calcular, construir i assajar un bescanviador, any 1987.
- Programa TRNSYS amb la seva llicència i els arxius d'ajuda.

Anna-Damaris Gerjets, 26 d'Agost de 2015