



Escola Politècnica Superior  
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

# PROJECTE FI DE CARRERA

**TÍTOL:** DISSENY I CÀLCUL D'UN DISPOSITIU PER REGULAR LA TEMPERATURA DE LES XERINGUES DE L'ALIMENT DE NADONS D'INCUBADORA UTILITZANT CEL.LES PELTIER

**AUTOR:** XAVIER CABALLERO ZALDIBAR

**ESPECIALITAT:** PROJECTE FINAL DE CARRERA D'ENGINYERIA TÈCNICA INDUSTRIAL ESPECIALITAT MECÀNICA

**ESCOLA:** EPSEVG

**DIRECTOR:** Dr. Jaume MIQUEL MASALLES

**DEPARTAMENT:** MECÀNICA DE FLUIDS (729)

**DATA:** 28 de juny de 2010

**TÍTOL:** DISSENY I CÀLCUL D'UN DISPOSITIU PER REGULAR LA TEMPERATURA DE LES XERINGUES DE L'ALIMENT DE NADONS D'INCUBADORA UTILITZANT CEL·LES PELTIER

**COGNOMS:** Caballero Zaldibar

**NOM:** Xavier

**TITULACIÓ:** Enginyeria Tècnica Industrial

**ESPECIALITAT:** Mecànica

**PLA:** 95

**DIRECTOR:** Dr. Jaume Miquel Masalles

**DEPARTAMENT:** Mecànica de Fluids (729)

**QUALIFICACIÓ DEL PFC**

**Descriptiva:**

**Numèrica:**

**TRIBUNAL**

**PRESIDENT**

**SECRETARI**

**VOCAL**

**Noms:**

**Signatures:**

**DATA DE LECTURA:** 6 de juliol de 2010

**Aquest Projecte té en compte aspectes mediambientals:** ■ Sí No

## PROJECTE FI DE CARRERA

### RESUM (màxim 50 línies)

En aquest PFC s'ha dut a terme el disseny i càlcul d'un dispositiu per regular la temperatura de les xeringues de l'aliment de nadons d'incubadora utilitzant cel·les Peltier. La finalitat principal del dispositiu és la de regular la temperatura d'un tipus concret de xeringa d'una capacitat de 80 ml. en la qual hi ha el producte alimentari específic per a nadons d'incubadora, amb característiques de textura semblants a la llet.

El producte s'ha creat per la manca anterior en el mercat d'un sistema que reguli amb precisió la temperatura de l'aliment de l'interior de la xeringa en l'aparell específic de nodriments per a nadons d'incubadora. Amb aquest producte s'obté un ajustat control de la temperatura de l'aliment a l'hora de la seva ingestió per part del nadó. La ingestió s'efectua a través de via naso-gàstrica, amb l'ajut de una sonda anomenada "sonda naso-gàstrica".

Els sistemes anteriors al nostre producte que habitualment s'utilitzaven pel condicionament de la temperatura de l'aliment de nadó ("bany Maria", microones,...) eren ineficaços en quant a regular la correcta temperatura de l'aliment, i a la vegada tenien el perill d'una alta exposició de l'aliment als diferents bacteris, els quals poden provocar greus malalties a les persones i encara més si es tracta d'un nadó d'incubadora.

El producte creat disminueix en gran quantitat el risc de que l'aliment s'infecti (aconseguint que la manipulació de l'aliment es minimitzi al màxim), i es té un gran control en la temperatura adient en la que el nadó ingereix l'aliment.

El dispositiu dissenyat regula la temperatura de l'aliment en l'interior de la xeringa a un valor d'entre uns 10°C a 11°C, i arriba a la sonda naso-gàstrica a través d'un tub a una temperatura entre 17-18°C.

El dispositiu projectat funciona amb l'ajut de Cel·les Peltier. Incorpora una Cel·la Peltier de unes mesures de 30mm x30mm, amb una potència màxima de 18.8 watts.

S'ha realitzat un estudi ajudats per programes com l'ANSYS (programa d'elements finits) i l'EES (Engineering Equation Solver) per realitzar simulacions del radiador de la cel·la Peltier en situacions de convecció forçada (amb ventilador) i convecció natural (sense ventilador), així com d'un programa específic de selecció de cel·les Peltier. S'han obtingut resultats del dimensionament de la cel·la Peltier i s'ha verificat si la cel·la Peltier escollida donava bons resultats. Malgrat això, s'ha treballat amb una cel·la Peltier de menys qualitat però sobredimensionada per qüestions econòmiques (tenen preus molt més baixos). Així doncs, s'ha escollit finalment una cel·la Peltier pel

dispositiu dissenyat per sobre les expectatives calculades. Això ha estat degut a la necessitat de salvaguardar la cel·la Peltier escollida que és de més baixa qualitat.

Els estudis realitzats en aquest projecte han estat encaminats sobre el dimensionament de la cel·la Peltier òptima, la verificació de la cel·la Peltier escollida, el veure si complia els requisits de si dissipava per ella mateixa la calor necessària, l'adopció d'un radiador sense i amb ventilador, i la verificació de si el ventilador escollit era el correcte. Dels estudis realitzats hem pogut comparar les variacions en els fluxos de calor dissipats segons els acabats superficials del radiador d'alumini incorporat.

S'ha fet un estudi dels guanys de calor de l'aliment quan la temperatura ambient és de 21°C, i s'ha comprovat que la temperatura en la que arriba l'aliment al nadó és la correcta (entre 17 °C i 18 °C).

En l'elaboració del producte s'han tingut en compte una sèrie de restriccions, com aconseguir una temperatura determinada i regular-la, una grandària determinada (punt molt important en tota l'elaboració del producte). La grandària depèn en gran mesura de la màquina impulsora d'èmbol a la qual s'acobla. De la mateixa manera que s'han tingut restriccions també s'ens han demanat unes característiques determinades com és ara una llarga durabilitat i fiabilitat de tot el sistema.

En la finalització del projecte, s'ha arribat a un producte molt senzill amb un mínim manteniment pel seu correcte funcionament.

En el producte dissenyat s'ha mirat cap al medi ambient escollint materials reciclables, tals com els plàstics utilitzats, el coure del cableatge, l'alumini,...

En la finalització del disseny s'ha creat un "pack" el qual es troba disponible a la venda. Tot el conjunt del projecte té un pressupost d'aproximadament 3.000 €, i cada "pack" té un preu al mercat de 160 €.

El sistema ha evolucionat cap altres àrees dels hospitals i ara es troba en les àrees d'oncologia, malalts en coma, per tal de dur com a finalitat l'alimentació d'aquests tipus de pacients.

Finalment concloure que el producte dissenyat en aquest projecte es troba en diferents hospitals de França i en hospitals d'Espanya, com per exemple l'Hospital de Sant Joan de Déu de Barcelona.

**Paraules clau (màxim 10):**

1. DISPOSITIU PER REGULAR LA LA TEMPERATURA	2. XERINGUES D'ALIMENT	3. NADONS D'INCUBADORA	4. CEL·LES PELTIER
5. SONDA NASO – GÀSTRICA	6. INTERVAL DE TEMPERATURA (10 °C - 11°C)	7. DISSENY 3D	8. ESTUDI PROTOTIPUS
9. IMPRESSORA D'ESTELITOGRAFIA	10. CATIA V5 R18 SOLID WORKS 2006		

# AGRAÏMENTS

Agraeixo al Dr. Jaume Miquel Masalles per haver-me ajudat a l'elaboració d'aquest projecte, aportant-me idees molt innovadores, així com la seva paciència i la seva perseverància.

Haig d'agrair als meus pares, Maria Belén Zaldibar Sarasola i JosepLuís Caballero Deulofeu per les moltes ajudes que m'han facilitat així com pels ànims que m'han donat per la finalització de la carrera com per la redacció d'aquest projecte.

A la meva germana per l'ajut que m'ha donat en la correcció ortogràfica d'aquesta memòria

Agraeixo al Senyor Jordi Caballero Deulofeu, per haver-me prestat el seu temps i dedicació ajudant-me en la redacció i correcció del projecte aquí presentat.

Al Sr. Germán Noriega per haver-me facilitat les eines i els coneixements necessaris per tal de poder presentar aquest projecte.

Agraeixo a totes aquelles persones que encara no essent anomenades en aquest petit apartat han contribuït d'una manera o d'un altra en la consecució del projecte.

# INDEX

## MEMORIA (Format Paper i Electrònic)

### Pàg

---

<b>1.- Introducció i Objectius del Projecte</b> .....	1
1.1.- Introducció i motivacions del projecte .....	3
1.2.- Objectius del projecte .....	4
1.2.1.- Objectiu General.....	4
1.2.2.- Objectius Particulars.....	5
<b>2.-Abast del projecte i pla de treball</b> .....	11
2.1.- Abast del projecte. ....	13
2.2.- Pla de treball. ....	13
2.2.1.- Recopilació d'informació dels diferents sistemes tèrmics (“Heat-Pipes”, Resistències Elèctriques, Cel·les Peltier, Radiador Elèctric) .....	16
2.2.2.- Elecció del sistema tèrmic més adient pel dispositiu de regulació de temperatura de les xeringues de l'aliment de nadons que volem dissenyar.....	17
2.2.3.- Elecció dels diferents subsistemes que conformen el sistema tèrmic complert (ventiladors, termòstat,...).....	17
2.2.4.- Creació de diferents dissenys de subjecció de xeringues .....	18
2.2.5.- Creació de diferents dissenys per l'embolcall exterior (carcassa superior i carcassa inferior) .....	18
2.2.6.- Selecció dels dissenys de les carcasses exteriors abans creades i elecció de la més adient pel sistema (amb ajut d'impressions en 3D realitzades amb una màquina d'estelitografiar) .....	18
2.2.7.- Impressió d'una copia (o varies segons la petició del client) del disseny final de les carcasses exteriors en una impressora de prototipatge 3D utilitzant conglomerat .....	19
2.2.8.- Realització del muntatge dels diferents components interiors i exteriors per tal de tenir el prototip del dispositiu d'escalfament creat i finalitzat.....	19
2.2.9.- Realització del pressupost del disseny del prototipus final del dispositiu d'escalfament .....	19
2.2.10.- Realització dels plànols .....	19
2.2.11.- Descripció del “kit” de venda al públic .....	19

<b>3.- Cel·les Peltier: Fonament físic, descripció, funcionament i aplicacions</b> .....	21
3.1.- Fonament Físic .....	23
3.2.- Descripció .....	32
3.3.- Funcionament d'un dispositiu Peltier .....	37
3.3.1.- Fonament físic .....	37
3.3.2.- Funcionament elèctric .....	38
3.3.3.- Funcionament tèrmic .....	39
3.4.- Modelització del funcionament d'una Cel·la Peltier .....	40
3.4.1.- Estudi de les calors que intervenen dintre d'una Cel·la Peltier .....	40
3.4.2.- Potència elèctrica teòrica de la Cel·la Peltier .....	45
3.4.3.- Intensitat elèctrica teòrica de la Cel·la Peltier .....	46
3.4.4.- Coeficient de rendiment de la Cel·la Peltier .....	46
3.4.5.- La màxima capacitat de bombeig de la Cel·la Peltier .....	49
3.4.6.- La màxima temperatura diferencial de la Cel·la Peltier .....	49
3.4.7.- La "figura de mèrit" de la Cel·la Peltier .....	49
3.4.8.- Coeficients de la Cel·la Peltier .....	50
3.4.8.1.- Coeficient Seebeck de la Cel·la Peltier .....	50
3.4.8.2.- Coeficient de la resistència elèctrica de la Cel·la Peltier .....	51
3.4.8.3.- Coeficient de la conductància tèrmica de la Cel·la Peltier .....	52
3.4.8.4.- Coeficients per a qualsevol Cel·la Peltier .....	54
3.5.- Aplicacions dels dispositius Peltier .....	55
3.6.- Avantatges i inconvenients de les Cel·les Peltier .....	58
3.7.- Qualitat de les diferents Cel·les Peltier .....	60
3.8.- Justificació de l'elecció del sistema de regulació de la temperatura per l'aliment: Ús de Cel·les Peltier .....	61
3.9.- Empreses comercialitzadores de Cel·les Peltier .....	65
3.9.1.- Empresa de cel·les Peltier INB Thermoelectric .....	66
3.9.2.- Empresa de cel·les Peltier Tetech .....	68
<b>4.- Descripció dels sistemes habitualment utilitzats per aconseguir la temperatura de l'aliment dels nadons d'incubadora i anàlisi de la seva problemàtica: Necessitat d'introduir un nou sistema</b> .....	73
4.1.- L'aliment del nadó d'incubadora. Tipus i presentació del mateix .....	76
4.2.- Sistemes habitualment utilitzats per aconseguir la temperatura de l'aliment dels nadons d'incubadora i problemàtica que presenten .....	77
4.2.1.- Sistemes habituals d'escalfament de l'aliment dels nadons d'incubadora .....	78
4.2.2.- Problemàtica que presenten aquests sistemes d'escalfament .....	79
4.3.- Bacteris amb els que es pot infectar l'aliment dels nadons: Malalties que provoquen aquests bacteris .....	79
4.3.1.- Grups del persones més susceptibles d'infecció per bacteris .....	81
4.3.2.- Enumeració dels principals bacteris contaminants dels aliments dels nadons .....	82



4.3.3.- Localització dels microbis.....	84
4.3.4.- El que fa la indústria alimentària per evitar l'actuació dels microbis.....	84
4.4.- Sistema proposat pel manteniment de la temperatura de l'aliment: Millores introduïdes.....	85

## **5.- Disseny d'un nou dispositiu per la regulació de la temperatura de l'aliment de nadons d'incubadora.....**

86

5.1.- Premisses i restriccions del disseny.....	88
5.2.- Diferents fases del disseny. Avaluació de les fases. Disseny final justificatiu.....	92
5.2.1.- Estudi de diferents sistemes i subsistemes pel manteniment de la temperatura de l'aliment de la xeringa. Selecció del sistema més idoni pel disseny .....	92
5.2.2.- Estudi de diferents sistemes de subjecció de la xeringa. Selecció del sistema de subjecció més idoni pel disseny.....	102
5.2.3.- Estudi i disseny dels sistemes de refrigeració de la Cel·la Peltier escollida. Disseny del radiador. Tipus de ventilador de dissipació de la calor del radiador .....	103
5.2.4.- Disseny de l'embolcall exterior de protecció de tot el sistema, així com la situació de tot l'aparell elèctric del sistema interior. ....	107
5.3.- Evolució del disseny del dispositiu de regulació de temperatura de xeringues per a nadons.....	108
5.3.1.- Evolució del disseny del sòcol de les xeringues. Justificació del disseny.....	108
5.3.2.- Evolució del disseny de les tapes exteriors. Justificació del disseny. ....	115
5.3.3.- Conclusió sobre l'evolució dels diferents dissenys dels sòcols i les tapes.....	122
5.4.- Enumeració i breu descripció dels components del sistema de regulació de temperatura de l'aliment per nadons d'incubadora .....	122
5.5.- Fases del muntatge de tot el dispositiu pel manteniment de la temperatura de l'aliment de xeringues dissenyat .....	138

## **6.- Funcionament del dispositiu de regulació de la temperatura de l'aliment: experimentació i assaigs.....**

144

6.1.- Aturada i posada en marxa. Control. ....	146
6.2.- Experimentació: Temperatures a les quals arriba l'aliment als nadons.....	147
6.3.- Assaigs de resistència a l'impacte i de durabilitat de l'aparell dissenyat .....	147

<b>7.- Càlculs tèrmics. Elecció de la Cel·la Peltier i verificació del radiador.....</b>	<b>152</b>
7.1.- Introducció .....	154
7.2 Càlculs pertinents a realitzar pel dimensionament d'alguns elements del dispositiu que regula la temperatura de les xeringues de l'aliment de nadons d'incubadora .....	154
7.3.- Dimensionament i elecció de la Cel·la Peltier.....	156
7.3.1.- Càlcul del flux de calor que la Cel·la Peltier ha d'extreure de l'aliment de la xeringa.....	156
7.3.2.- Càlcul del dimensionament de la Cel·la Peltier a utilitzar .....	164
7.3.3.- Conclusions sobre l'elecció del tipus de Cel·la Peltier a escollir en el nostre cas.....	170
7.3.4.- Software de càlcul pel dimensionament de cel·les Peltier.....	174
7.4.- Càlculs de la dissipació de la calor produïda per la Cel·la Peltier.....	178
7.5.- Càlcul del radiador .....	183
7.5.1.- Càlcul de la calor que arriba des de la Cel·la Peltier al radiador.....	183
7.5.2.- Càlcul de la dissipació de el calor del radiador amb convecció natural.....	185
7.5.2.1.- Conclusions sobre l'elecció del radiador .....	197
7.6.- Càlculs de la dissipació de la calor del radiador amb convecció forçada.....	203
7.6.1.- Conclusions de les simulacions del radiador amb convecció forçada .....	217
7.7.- Càlcul estimatiu del temps d'espera fins que la Cel·la Peltier entra en funcionament per mantenir estable la temperatura de l'aliment del nadó .....	224
7.8.- Càlcul estimatiu de l'augment de temperatura de l'aliment en el flux pel tub fins a la sonda naso-gàstrica (Càlcul de $T_{f2}$ ) .....	231
<b>8.- Equipaments i aparells utilitzats per l'elaboració del dispositiu dissenyat .....</b>	<b>237</b>
8.1- Equipaments i materials informàtics .....	239
8.1.1.- Hardware. ....	239
8.1.2.- Software.....	255
8.2.- Equipaments elèctrics.....	257
8.3.- Equipaments de taller. ....	259
8.4.- Equipaments de laboratori.....	259
<b>9. Prevenció de fallides en la utilització del dispositiu dissenyat .</b>	<b>260</b>
9.1.- Detecció de possibles fallides del nostre sistema. ....	262
9.1.1.- Dispositiu de detecció de fallides del nostre dispositiu. ....	262
9.2.- Fallides de les que s'eximeix el nostre projecte. Possibles fallides de les que el nostre projecte no pot controlar.....	262

<b>10.- Aspectes mediambientals.....</b>	<b>264</b>
10.1.- Materials escollits: Justificació de la seva elecció tenint en compte criteris mediambientals.....	266
10.2.- Energia utilitzada pel funcionament del dispositiu dissenyat.....	266
10.3.- Reciclatge dels materials una vegada acabada la vida útil del producte .....	266
10.3.1.- Codis CER dels residus generats .....	267
10.3.2.- Empreses que es dediquen al reciclatge d'aquests components. ....	269
<b>11.- Conclusions.....</b>	<b>281</b>
<b>12.- Bibliografia .....</b>	<b>304</b>

## **ANNEXES (Format Electrònic)**

### **ANNEX A.1.- Normativa aplicada**

- ANNEX A.1.1 Normativa d'Hospitals**
- ANNEX A.1.2 Normativa de Residus**

### **ANNEX A.2.- Plec de Condicions Tècniques**

### **ANNEX A.3.- Catàlegs Tècnics**

- ANNEX A.3.1.- Catàlegs Tècnics ILT Radiadors**
- ANNEX A.3.2.- Catàlegs Tècnics Sil-Pad**
- ANNEX A.3.3.- Catàlegs Tècnics Tetech**
- ANNEX A.3.4.- Catàlegs Tècnics UWE**
- ANNEX A.3.5.- Eines de treball**
- ANNEX A.3.6.- Empreses Product.Comerc. de Peltiers**
  - ANNEX A.3.6.1.- Catàlegs Tècnics MARLOW Peltiers**
  - ANNEX A.3.6.2.- Catàlegs Tècnics quick-cool**
    - ANNEX A.3.6.2.1.- Heat-Pipe**
    - ANNEX A.3.6.2.2.- Peltiers**
  - ANNEX A.3.6.3.- Catàlegs Tècnics tec-microsystems**
  - ANNEX A.3.6.4.- UWE Electrònic**
- ANNEX A.3.7.- Impressores**
  - ANNEX A.3.7.1.- Empreses Product.Comerc. de impressores 3D**
  - ANNEX A.3.7.2.- Tinta impressores en color i polímer**
- ANNEX A.3.8.- Menatge Elèctric**
- ANNEX A.3.9.- Mitotuyo**

### **ANNEX A.4.- Software Utilitzats**

- ANNEX A.4.1.- Ansys**
- ANNEX A.4.2.- Catia**
- ANNEX A.4.3.- SolidWorks**
- ANNEX A.4.4.- Zcorp**
- ANNEX A.4.5.- EES (Engineering Equation Solver)**

### **ANNEX A.5.- Taules i gràfics utilitzats en el PFC**

**ANNEX A.6.- Fulls de càlcul Excel i llistat de programes EES elaborats en aquest PFC**

**ANNEX A.6.1.- Fulls de càlcul Excel elaborats en el PFC.**

**ANNEX A.6.2.- Llistat de programes EES elaborats en el PFC**

**ANNEX A.7.- Taules de resultats dels càlculs del PFC**

**ANNEX A.8.- Pressupost**

**ANNEX A.9.- Articles tècnics**

**ANNEX A.10.- Certificats de qualitat Europeu del dispositiu dissenyat**

**ANNEX A.11.- Vídeos**

## ***ÍNDEX DE PLÀNOLS***

PLÀNOL 1.- Conjunt Dispositiu

PLÀNOL 2.- Sòcol Peltier

PLÀNOL 3.- Suport Peltier-Radiador-Ventilador

PLÀNOL 4.- Radiador

PLÀNOL 5.- Sòcol Xeringa

PLÀNOL 5.- Termòstat Radiador

PLÀNOL 5.- Casquet

PLÀNOL 5.- Termòstat Xringa

PLÀNOL 5.- Tapa Inferior

PLÀNOL 5.- Tapa Superior

PLÀNOL 5.- Circuit imprès

## ÍNDIX DE FIGURES

<b>FIGURA</b>	<b>Pàg</b>
Figura 2.1 Diferents sistemes tèrmics estudiats per tal d'escollir el més adient pel nostre projecte .....	16
Figura 3.1 Figura Cel·la Peltier Interior .....	24
Figura 3.2 Figura esquemàtic de una Cel·la Peltier .....	24
Figura 3.3 Figura esquemàtica d'una Cel·la Peltier .....	25
Figura 3.4 Esquema representatiu de l'efecte Seebeck., el qual es dona en la unió de dos metalls diferents .....	27
Figura 3.5 Esquema representatiu sobre l'efecte Peltier .....	28
Figura 3.6 Figura esquemàtica de les dues cares on es produeixen diferents gradients de temperatura .....	38
Figura 3.7 Figura esquemàtica representatiu de l'efecte Peltier .....	39
Figura 3.8 Esquema representatiu del moviment de les carregues elèctriques .....	40
Figura 3.9. Esquema representatiu de les carregues de calor que succeeix en una Cel·la Peltier .....	42
Figura 3.10 Figura d'un làser refrigerat pel sistema Peltier .....	56
Figura 3.11 Figura d'un sistema làser clínic .....	56
Figura 3.12 Fotografia d'un prototipus de "Heat-Pipes" de refrigeració dissenyada a l'empresa CIDETE amb un gran poder de dissipació de la calor .....	62
Figura 3.13 Figura de els mòduls de altes temperatures de l'empresa Tetch .....	71
Figura 3.14 Figura de els mòduls de menors dimensions de l'empresa Tetch .....	72
Figura 5.1 Representació del dispositiu muntat amb sistema mòbil .....	89
Figura 5.2 Fotografia del sistema Peltier .....	97
Figura 5.3 Conjunt de fotografies del sistema utilitzat de cel·les Peltier .....	97
Figura 5.4 Representació del fenòmens de transmissió de calor que tenen lloc en un radiador .....	99

Figura 5.5 Figura del moviment de dissipació de la calor per convecció forçada en un ventilador .....	100
Figura 5.6 Subjecció de la xeringa .....	103
Figura 5.7 Camí recorregut per la calor fins al radiador per tal de dissipar-se .....	104
Figura 5.8 Flux complet de l'aire en un sistema de "Heat-Pipes" amb radiador i convecció forçada .....	105
Figura 5.9 Sistema de refrigeració de dos ventiladors plans un al costat de l'altre .....	106
Figura 5.10 Muntatge de radiador amb convecció forçada .....	107
Figura 5.11 El dispositiu amb tapes i sense tapes .....	108
Figura 5.12 Primer disseny del sòcol de la xeringa .....	109
Figura 5.13 Esquema del muntatge del sòcol amb la peça reductora .....	110
Figura 5.14 Conjunt de figures representatives d'un muntatge entre xeringa, reductor xeringa i sòcol .....	110
Figura 5.15 Segon disseny del sòcol de la xeringa .....	112
Figura 5.16 Tercer disseny del sòcol de la xeringa .....	113
Figura 5.17 Quart disseny del sòcol de la xeringa .....	117
Figura 5.18 Disseny final del sòcol de la xeringa .....	114
Figura 5.19 Primer disseny de la tapa exterior .....	115
Figura 5.20 Imatge del primer disseny de la tapa exterior en transparència .....	116
Figura 5.21 Interior de la tapa lateral inferior .....	117
Figura 5.22 Interior tapa superior .....	117
Figura 5.23 Segon disseny de la tapa exterior .....	118
Figura 5.24 Figura del disseny on s'han introduït les rugositats per millorar l'obertura i la marca de l'empresa .....	119
Figura 5.25 Tercer disseny de la tapa exterior .....	120



Figura 5.26 Tercer disseny de la tapa exterior on s'observa l'interior del conjunt en transparència .....	120
Figura 5.27 Tapa lateral interior .....	121
Figura 5.28 Disseny tapa superior interior .....	121
Figura 5.29 Representació en 3D de la tapa superior .....	123
Figura 5.30 Vista del disseny i foto finalitzada de Tapa Inferior .....	125
Figura 5.31 Representació en 3D del sòcol de la xeringa .....	127
Figura 5.32 Representació en 3D del radiador del sistema .....	128
Figura 5.33 Representació en 3D de la peça Suport Peltier-Radiador .....	129
Figura 5.34 Representació en 3D de el muntatge de Suport Peltier-Radiador-Ventilador .....	129
Figura 5.35 Representació en 3D de el sòcol Peltier .....	130
Figura 5.36 Representació en 3D de el circuit imprès .....	131
Figura 5.37 Figura amb les característiques del termòstat del radiador .....	133
Figura 5.38 Figura del conjunt del dispositiu de regulació de temperatura de xeringues dissenyat, un cop tot muntat .....	138
Figura 5.39 Muntatge entre el sòcol propi de la Peltier i la pròpia Peltier .....	138
Figura 5.40 Muntatge entre la base acoblament, el sòcol Peltier, la pròpia Peltier i la "base agarradera Jeringa .....	139
Figura 5.41 Muntatge entre components fase 2 muntatge i el radiador del sistema .....	139
Figura 5.42 Muntatge del dispositiu i el radiador de dissipació de calor .....	140
Figura 5.43 Instal·lació al dispositiu de el ventilador amb els cargols de subjecció al sistem .....	140
Figura 5.44 Muntatge de l'endoll i el circuit imprès de comandament del sistem .....	141
Figura 5.45 Muntatge del sistema elèctric del dispositiu. Instal·lació de termòstats, ventilador i Peltier .....	141
Figura 5.46 Instal·lació del sistema elèctric dintre del dispositiu d'escalfament .....	142

Figura 5.47 Instal·lació de les tapes exteriors d'embolcall al sistema d'escalfament .....	141
Figura 5.48 Finalització del muntatge del dispositiu per la regulació de la temperatura de les xeringues dissenyat .....	143
Figura 6.1 Esquema de la disposició del dispositiu d'escalfament de xeringues en el banc d'assaigs .....	149
Figura 6.2 Figura frontal representativa de les diferents situacions del dispositiu d'escalfament de xeringues a l'hora de fer l'assaig .....	149
Figura 6.3 Figura en perspectiva representativa de les diferents situacions del dispositiu d'escalfament de xeringues a l'hora de fer l'assaig .....	150
Figura 7.1 Figura esquemàtic per la realització dels càlculs de el calor necessària per la Cel·la Peltier .....	156
Figura 7.2 Figura extreta del programa de selecció de cel·les Peltier de l'empresa Melcor .....	176
Figura 7.3 Figura representativa dels punts importants de la transmissió de la calor en el radiado .....	183
Figura 7.4 Esquema de les dues eleccions de superfícies amb temperatures uniformes (a) superfície a temperatura uniforme escollida pel càlcul amb el procés iteratiu amb EES, (b) superfície a temperatura uniforme escollida pel càlcul d'elements finits amb ANSYS .....	184
Figura 7.5 Figura representativa del circuit de resistències elèctriques pel càlcul de la transmissió de la calor en la convecció natural.+ radiaci .....	187
Figura 7.6 Figura representativa de l'area que cobreix la Cel·la Peltie .....	193
Figura 7.7 Figura representativa del circuit de resistències tèrmiques a utilitzar en els càlculs .....	204
Figura 7.8 Figura on es mostra l'esquema de la xeringa i del tub flexible de silicona i algunes variables que intervenen en els càlculs per trobar la temperatura de l'aliment al final del tub ( $T_f$ ) .....	231
Figura 7.9 Figura representativa del circuit de resistències tèrmiques a utilitzar en els càlculs .....	232
Figura 8.1 Logotip d'un dels ordinadors utilitzats en l'elaboració del projecte .....	239
Figura 8.2 Logotip de la marca corporativa de l'altre ordinador .....	240

Figura 8.3 Figura representativa de el temps de impressió d'una peça determinada ambdues impressores d'estelitografia diferents .....	252
Figura 8.4 Logotip de SolidWorks. Dessault Systemes .....	255
Figura 8.5 Logotip de Catia. Dessault Systemes El Logotip de el software desenvolupat per l'empresa Dessault Systemes .....	255
Figura 8.6 Pantalla principal del programa AZTEC .....	256
Figura 8.7 Figura extreta d'una captura de pantalla del software d'impressió de copies .....	256
Figura 8.8 Logotip d'una empresa coneguda mundialment fabricant de cianocrilat, Loctite .....	259
Figura 11.1 Figura d'una instantània del ambient de treball amb ANSYS .....	288
Figura 11.2 Instantania de la imatge d'entrada al programa de resolució d'equacions EES .....	289
Figura 11.3 Figura extreta del programa de selecció de cel·les Peltier de l'empresa Melcor .....	294
Figura 11.4 Figura amb els assaigs de convecció natural amb diferents valors de l'emissivitat de l'alumini .....	297
Figura 11.5 Esquema de les dues eleccions de superfícies amb temperatures uniformes (a) superfície a temperatura uniforme escollida pel càlcul amb el procés iteratiu amb EES, (b) superfície a temperatura uniforme escollida pel càlcul d'elements finits amb ANSYS .....	297
Figura 11.6 Figura amb els assaigs de convecció forçada amb diferents valors de l'emissivitat de l'alumini .....	299

## ÍNDEX DE TAULES

<b>TAULA</b>	<b>Pàg</b>
Taula 2.1 Taula del Pla de Treball del que ens vàrem proposar per portar a terme la creació dels dissenys del dispositiu d'escalfament de xeringues de nadons .....	14
Taula 2.2 Diagrama Pert de temps per la creació del disseny del dispositiu d'escalfament de la xeringa per a nadons .....	15
Taula.3.1 Taula resum de la classificació dels diferents silicats .....	34
Taula.3.2 Taula de les principals aplicacions mèdiques de les Cel·les Peltier .....	57
Taula 3.3 Taula de les principals aplicacions elèctriques i industrials .....	57
Taula 3.4 Taula de les principals aplicacions domestica i en alimentació .....	58
Taula.3.5 Taula amb les avantatges/inconvenients trobades pels sistemes "Heat-Pipes" i Resistències. elèctriques .....	64
Taula.3.6 Taula amb les avantatges/inconvenients trobades pels sistemes Cel·la Peltier i Refrigeració líquid .....	65
Taula.3.7 Taula amb algunes de les principals empreses constructores i comercialitzadores de Cel·les Peltier .....	65
Taula 3.8 Taula de potències i grandàries de diferents Cel·les Peltiers de baixa qualitat .....	67
Taula 3.9 Taula resum de potències, grandàries i preus orientatives de cel·les Peltier Totech.....	68
Taula 3.10 Taula i gràfics explicatius per entendre els diagrames de cada Cel·la Peltier de Totech .....	69
Taula 5.1 Taula dels diferents codis i mesures les de xeringues existents al mercat (expressats en ml) .....	91
Taula 5.2 Taula de les dades extretes dels estudis dels "Heat-Pipes" .....	95
Taula 5.3 Taula de les dades extretes dels estudis de les Resistències Elèctriques .....	96
Taula 5.4 Taula de les dades extretes dels estudis de les Cel·les Peltier .....	96
Taula 5.5 Taula de les dades extretes dels estudis dels Sistemes de "Refrigeració Líquida" .....	97

Taula 5.6 Taula descriptiva de les principals característiques del material amb el que s'han fabricat les dues tapes .....	124
Taula 5.7 Taula de les característiques generals de l'alumini .....	126
Taula 5.8 Taula amb les característiques de diferents ventiladors .....	132
Taula 5.9 Taula amb les característiques generals del cable Cabelte utilitzat en l'elaboració del projecte .....	135
Taula 6.1 Resultats dels assaigs de llarga durada de funcionament .....	148
Taula 6.2 Resultats dels assaigs de xoc del dispositiu d'escalfament de xeringues .....	150
Taula 7.1 Taula amb les dades importants a tenir en compte a l'hora de realitzar els càlculs pertinents per tal d'esbrinar la calor necessària que ha de extreure de l'aliment la Cel·la Peltie .....	156
Taula 7.2 Taula on ve reflexat el material de la xeringa, el polipropilè homopolímer de qualitat mèdica .....	157
Taula 7.3 Taula amb les propietats necessàries per poder calcular el Gr i el Pr per verificar la veracitat de la fórmula anterior de la hc .....	158
Taula 7.4 Taula amb les Cel·les Peltiers dimensionables pel nostre sistema de Cel·la Peltier .....	170
Taula 7.5 Taula de les propietats de les Cel·les Peltier a escollir .....	171
Taula 7.6 Taula refent-se a la Cel·la Peltier idònia. ....	175
Taula 7.7 Taula amb les Cel·les Peltiers dimensionables pel nostre sistema de Cel·la Peltier .....	177
Taula 7.8 Taula amb les propietats necessàries per poder calcular el Gr i el Pr per verificar la veracitat de la fórmula anterior de la hc .....	179
Taula 7.9 Taula resum comparativa amb diferents resultats extrets dels assajos amb el procés iteratiu amb convecció natural amb diferents emissivitats i mateix gruix de material epoxy .....	191

Taula 7.10 Taula resum comparativa amb diferents resultats extrets dels assajos amb el procés iteratiu amb convecció natural amb diferents emissivitats i mateix gruix de material epoxy .....	192
Taula 7.11 Taula resum comparativa amb diferents resultats extrets dels assajos amb el procés iteratiu amb convecció natural amb un tipus d'emissivitat emissivitats i un gruix de material epoxy que el fem variar .....	192
Taula 7.12 Taula amb els resultats referents a $\epsilon=0,04$ a $T=44,63^{\circ}\text{C}$ .....	197
Taula 7.13 Taula amb els resultats referents a $\epsilon=0,2$ a $T=44,59^{\circ}\text{C}$ .....	198
Taula 7.14 Taula amb els resultats referents a $\epsilon=0,4$ a $T=44,54^{\circ}\text{C}$ .....	199x
Taula 7.15 Taula amb els resultats referents a $\epsilon=0,8$ a $T=44,54^{\circ}\text{C}$ .....	200
Taula 7.16 Taula resum comparativa amb diferents resultats extrets dels assajos amb el procés iteratiu amb convecció natural amb diferents emissivitats i mateix gruix de material epoxy .....	211
Taula 7.17 Taula resum comparativa amb diferents resultats extrets dels assajos amb el procés iteratiu amb convecció natural amb diferents emissivitats i mateix gruix de material epoxy .....	211
Taula 7.18 Taula resum comparativa amb diferents resultats extrets dels assajos amb el procés iteratiu amb convecció natural amb un tipus d'emissivitat i un gruix de material epoxy que el fem variar .....	212
Taula 7.19 Taula amb els resultats referents a $\epsilon=0,04$ a $T=42,98^{\circ}\text{C}$ .....	217
Taula 7.20 Taula amb els resultats referents a $\epsilon=0,2$ a $T=42,95^{\circ}\text{C}$ .....	218
Taula 7.21 Taula amb els resultats referents a $\epsilon=0,4$ a $T=42,91^{\circ}\text{C}$ .....	219
Taula 7.22 Taula amb els resultats referents a $\epsilon=0,8$ a $T=42,82^{\circ}\text{C}$ .....	220
Taula 7.23 Taula amb les dades importants a tenir en compte a l'hora de realitzar els càlculs pertinents per tal d'esbrinar la calor necessària que ha de subministrar la Cel·la Peltier .....	225
Taula 7.24 Taula amb les propietats termofísiques de la llet entre les temperatures de 0 a $50^{\circ}\text{C}$ . .....	229
Taula 7.25 Taula amb les propietats termofísiques de la llet entre les temperatures de 0 a $50^{\circ}\text{C}$ . .....	232

Taula 8.1 Taula amb les característiques de l'ordinador Toshiba Satellite Pro U300 amb el que s'han realitzat els diferents dissenys .....	241
Taula 8.2 Taula amb les característiques del ordinador de sobretaula, torre, IBM, que comanda la impressora d'estelitografia .....	242
Taula 8.3 Taula de les principals empreses productores/comercialitzadores de Impressores d'estelitografia .....	246
Taula 8.4 Taula amb les característiques de les diferents impressores de l'empresa ZCorp .....	253
Taula 10.1 Taula del reciclatge d'envasos .....	270
Taula 10.2 Empreses de reciclatge de plàstic .....	271
Taula 10.3 Empreses de reciclatge de plàstic .....	271
Taula 10.4 Empreses dedicades al reciclatge de material classificats com a residus no especials .....	272
Taula 10.5 Classificació dels diferents elements metàl·lics .....	273
Taula 10.6 Empreses de reciclatge metàl·lic .....	274
Taula 10.7 Empreses de reciclatge metàl·lic .....	274
Taula 10.8 Empreses de reciclatge metàl·lic .....	275
Taula 10.9 Taula de classificació d'elements especials .....	275
Taula 10.10 Empreses dedicades al reciclatge d'elements especials .....	276
Taula 10.11 Empreses dedicades al reciclatge d'elements amb halògens .....	276
Taula 10.12 Taula per els productes no especificats en cap altre capítol de la llista .....	277
Taula 10.13 Taula amb les principals empreses representants pel reciclatge de cableatge elèctric .....	277
Taula 10.14 Taula resum amb els codis CER dels components del producte dissenyat .....	278

Taula10.15 Elements utilitzats en la realització del projecte .....	279
Taula 11.1 Els diferents sistemes tèrmics .....	288
Taula 11.2 Taula resum comparativa amb diferents resultats extrets dels assatjos amb el procés iteratiu amb convecció natural amb diferents emissivitats i mateix gruix de material epoxy .....	296
Taula 11.3 Taula resum comparativa amb diferents resultats extrets dels assatjos amb el procés iteratiu amb convecció natural amb diferents emissivitats i mateix gruix de material epoxy .....	296
Taula 11.4 Taula resum comparativa amb diferents resultats extrets dels assatjos amb el procés iteratiu amb convecció natural amb un tipus d'emissivitat emissivitats i un gruix de material epoxy que el fem variar .....	296
Taula 11.5 Taula resum comparativa amb diferents resultats extrets dels assatjos amb el procés iteratiu amb convecció natural amb diferents emissivitats i mateix gruix de material epoxy .....	298
Taula 11.6 Taula resum comparativa amb diferents resultats extrets dels assatjos amb el procés iteratiu amb convecció natural amb diferents emissivitats i mateix gruix de material epoxy .....	298
Taula 11.7 Taula resum comparativa amb diferents resultats extrets dels assatjos amb el procés iteratiu amb convecció natural amb un tipus d'emissivitat i un gruix de material epoxy que el fem variar .....	299



## ÍNDIX DE FOTOGRAFIES

<b>FOTOGRAFIA</b>	<b>Pàg</b>
Fotografia 1.1 Fotografia del dispositiu sense el muntatge, amb el qual es va servir com a base per la realització dels diferents prototips .....	3
Fotografia 1.2 Diferents sistemes tèrmics .....	6
Fotografia 1.3 Diferents subsistemes utilitzats en el projecte .....	7
Fotografia 2.1 Els diversos subsistemes utilitzats .....	17
Fotografia 2.2 Fotografia de l'interior de la capsa que conté el "Kit" .....	20
Fotografia 2.3 Fotografia amb els "sticks" exteriors .....	20
Fotografia 3.1 Cel·la Peltier .....	23
Fotografia 3.2 Diferents formes de construir les Cel·les Peltier .....	24
Fotografia 3.3 Fotografia de Thomas Johan Seebeck .....	26
Fotografia 3.4 Fotografia de Jean Charles Peltier .....	27
Fotografia 3.5 Fotografia de mostres minerals de biotita .....	33
Fotografia 3.6 Fotografia de mostres minerals de moscovita .....	33
Fotografia 3.7 Fotografia on observem capacitadors elèctrics dissenyats per aparells musicals .....	35
Fotografia 3.8 Fotografia d'un Capacitador elèctric de maquinària estàndard .....	35
Fotografia 3.9 Diferents formes de Cel·les Peltier .....	36
Fotografia 3.10 Diferents configuracions amb Cel·les Peltier, en multinivell (a) i d'un sol nivell (b) .....	36
Fotografia 3.11 Qualitats de Cel·les Peltier .....	60
Fotografia 3.12 Comparativa qualitats de Cel·les Peltier .....	61
Fotografia 3.13 Fotografia de diferents "Heat-Pipes" .....	61

Fotografia 3.14 Fotografia de diferents sistemes de resistències elèctriques per escalfar .....	62
Fotografia 3.15 Fotografia de diferents Cel·les Peltier .....	63
Fotografia 3.16 Fotografia de sistema de refrigeració líquida .....	63
Fotografia 3.17 Fotografia dels diferents mòduls amb Cel·les Peltier comercialitzats per l'empresa INB Thermoelectric .....	66
Fotografia 3.18 Fotografia dels diferents mòduls comercialitzats per Tetech .....	68
Fotografia 4.1 Fotografia de diferents envasos d'aliments per a nadons .....	77
Fotografia 4.2 Fotografia de un exemple d'escalfament mitjançant mètode del "Bany Maria" .....	78
Fotografia 4.3 Fotografia dels principals bacteris contaminants dels aliments .....	83
Fotografia 4.4 Fotografia de bacteris principals contaminants dels aliments .....	84
Fotografia 5.1 Fotografia del dispositiu sense el muntatge, amb el qual es va servir com a base per la realització dels diferents prototips .....	88
Fotografia 5.2 Fotografia d'un muntatge en cadena per la ingestió d'aliments pels diferents nadons .....	89
Fotografia 5.3 Xeringues de 30 i 80 ml .....	90
Fotografia 5.4 (a) "Heat-Pipe" tub, (b) Vista isomètrica d'un "Heat-Pipe" amb dissipador incorporat, (c) vista frontal del "Heat-Pipe" anterior esmentat .....	92
Fotografia 5.5 Diferents tipus de resistències elèctriques en forma de tub .....	93
Fotografia.5.6 Resistència elèctrica radiador d'ales incorporat .....	93
Fotografia 5.7 (a) Peltier de l'empresa Supercool., (b) Peltier de l'empresa Carballada .....	93
Fotografia 5.8 Detall de la constitució dels diferents elements d'una Cel·la Peltier .....	94
Fotografia 5.9 Sistema de "Refrigeració Líquida" .....	94

Fotografia 5.10 Sistema Súper compacte de “Refrigeració Líquida” de l'empresa Silver Knight .....	95
Fotografia 5.11 Diferents radiadors de refrigeració .....	98
Fotografia 5.12 Ventilador convencional .....	99
Fotografia 5.13 Ventilador pla .....	99
Fotografia 5.14 Muntatge d'un radiador pla amb un dissipador d'aletes al seu costat .....	100
Fotografia 5.15 Fotografia d'un termòstat cilíndric amb el seu corresponent regulador analògic .....	101
Fotografia 5.16 Termòstat rectangular sense unitat de regulació .....	101
Fotografia 5.17 Conjunt de fotografies de la peça en la que s'ha basat el disseny de subjecció del socol-xeringa .....	102
Fotografia 5.18 Part inferior sistema “Heat-Pipes” de refrigeració .....	104
Fotografia 5.19 Diferents muntatges de radiadors amb ventiladors .....	106
Fotografia 5.20 Fotografia estreta d'una impressió en estelitografia .....	111
Fotografia 5.21 Vista del disseny i foto finalitzada de la tapa superior .....	123
Fotografia 5.22 Fotografia de la realització física després de la digitalització del disseny .....	125
Fotografia 5.23 Fotografia Xeringa finalitzada .....	127
Fotografia 5.24 Fotografia de la peça radiador finalitzada .....	128
Fotografia 5.25 Fotografia de la peça Suport Peltier-Radiador Ventilador finalitza .....	129
Fotografia 5.26 Fotografia de sòcol Peltier finalitzat .....	130
Fotografia 5.27 Fotografia de el muntatge del sistema elèctric i del circuit imprès finalitzada la seva instal·lació .....	131

Fotografia 5.28 Fotografia de un termòstat destinat a situar-se en radiadors i zones on poden haver altes temperatures .....	134
Fotografia 5.29 Gamma de connectors de l'empresa Omega, a on es troba el propi connector del dispositiu .....	136
Fotografia 5.30 Fotografia on observem les característiques del transformador elèctric .....	137
Fotografia 5.31 Fotografia del transformador elèctric .....	137
Fotografia 7.1 Figura amb els assaigs de convecció natural amb diferents valors de l'emissivitat de l'alumini. (a) $\epsilon = 0,04$ a $T = 44,63^{\circ}\text{C}$ ; (b) $\epsilon = 0,2$ a $T = 44,59^{\circ}\text{C}$ ; (c) $\epsilon = 0,4$ a $T = 44,54^{\circ}\text{C}$ i (d) $\epsilon = 0,8$ a $T = 44,54^{\circ}\text{C}$ .....	196
Fotografia 7.2 Figura amb els assaigs de convecció forçada amb diferents valors de l'emissivitat de l'alumini. (a) $\epsilon = 0,04$ a $T = 42,98^{\circ}\text{C}$ ; (b) $\epsilon = 0,2$ a $T = 42,95^{\circ}\text{C}$ ; (c) $\epsilon = 0,4$ a $T = 42,91^{\circ}\text{C}$ i (d) $\epsilon = 0,8$ a $T = 42,82^{\circ}\text{C}$ .....	216
Fotografia 8.1 Fotografia de la torre IBM utilitzada per la impressora i l'ordinador portàtil amb el que s'ha realitzat els diferents dissenys .....	240
Fotografia 8.2 Fotografia de una impressora d'estelitografia versemblant a l'utilitzada en la realització del projecte .....	244
Fotografia 8.3 Fotografia de la màquina d'estelitografia amb la comporta oberta .....	245
Fotografia 8.4 Fotografia de l'aspecte final de impressions en 3D amb conglomerat de guix .....	248
Fotografia 8.5 Fotografia d'una peça impresa amb material FullCure720 .....	249
Fotografia 8.6 Fotografia de impressió amb material DurusWhite - FullCure430 .....	250
Fotografia 8.7 Fotografia de les diferents impressions del material Vero .....	250
Fotografia 8.8 Fotografia de diferents impressions realitzades amb material Tango .....	251
Fotografia 8.9 Impressora d'estelitografia amb mòdul de neteja de la pols incorporat .....	254
Fotografia 8.10 Operari duent a terme l'operació d'una peça acabada d'imprimir en 3D .....	254
Fotografia 8.11 Fotografia del amperímetre de la empresa PROMAX .....	257
Fotografia 8.12 Fotografia del soldador utilitzat en el projecte .....	258
Fotografia 11.1 Fotografia de l'aparell en el qual ens vàrem basar .....	283

Fotografia 11.2 Fotografia de incubadores .....	285
Fotografia 11.3 Fotografia dels principals bacteris contaminants dels aliments .....	286
Fotografia 11.4 Fotografia de les diferents tecnologies utilitzades en el projecte .....	301
Fotografia 11.5 Fotografia de l'interior de un dels "packs" comercialitzat .....	302

## ÍNDIX DE GRÀFICS

<b>GRÀFIC</b>	<b>Pàg</b>
Gràfic 3.1 Gràfic de la corba característica de la cel la Peltier de l'empresa Tetch ..... 70	70
Gràfic 4.1 Gràfic representatiu de un microones obert ..... 78	78
Gràfic 7.1 Gràfic de la corba característica de la cel la Peltier de l'empresa Tetch ..... 164	164
Gràfic 7.2 Gràfic de rendiment universal ..... 165	165
Gràfic 7.3 Gràfic amb els càlculs inicials ..... 167	167
Gràfic 7.4 Gràfic amb els càlculs del valor de la calor generada òptima ..... 167	167
Gràfic 7.5 Gràfic amb els càlculs del valor de la calor generada suficient ..... 169	169
Gràfic 7.6 Gràfic amb els càlculs gràfics de $V/V_{max}$ i $I/I_{max}$ ..... 172	172
Gràfic 7.7 Gràfic explicatiu de la hipòtesis plantejada pel càlcul de la dissipació de la calor per part de la pròpia Cel·la Peltier ..... 178	178
Gràfic 7.8 Gràfic de les dades amb les que es treballarà a l'hora de fer els càlculs a través del procés iteratiu ..... 185	185
Gràfic 7.9 Gràfic de les dades amb les que es treballarà a l'hora de fer els càlculs a través del procés iteratiu ..... 203	203
Gràfic7.10 Gràfic representatiu amb les mides i la ubicació dels forats ..... 206	206
Gràfic 7.11 Gràfic representatiu amb les mides i la ubicació dels forats ..... 213	213
Gràfic 7.12 Gràfic explicatiu de les condicions sobre els quals es faran els estudis tèrmics ..... 224	224
Gràfic10.1 Percentatge de materials utilitzats al Projecte ..... 280	280
Gràfic 11.1 Gràfic de rendiment universal ..... 290	290
Gràfic 11.2 Gràfic amb els càlculs inicials ..... 291	291
Gràfic 11.3 Taula amb el valor trobat de $V_2$ ..... 292	292
Gràfic 11.4 Gràfic amb els càlculs del valor de la calor generada suficient ..... 293	293



# **1.- INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS DEL PROJECTE**

---





# 1.- INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS DEL PROJECTE

## 1.1.-Introducció i motivacions del projecte

El següent dispositiu ha estat dissenyat, estudiat i produït completament en les instal·lacions de la enginyeria en la qual he cooperat i on s'han desenvolupat els coneixements d'Enginyeria Tècnica Industrial especialitat Mecànica en les apartats d'electricitat, tèrmica i disseny en 3D.

L'objectiu amb el que ha estat dissenyat el dispositiu és el de regular la temperatura de la xeringa que contindrà aliment per a nadons d'incubadora fins assolir una determinada temperatura (en el nostre cas s'agafa 10 °C), mitjançant la tecnologia de les cel·les Peltier.

Cal fer un esment: el dispositiu dissenyat en aquest projecte i l'aparell al qual el complimenta (es a dir la màquina de nutrició) no sols es queda adscrit en l'àmbit de la maternitat dels hospitals, sinó que també pot ser utilitzat en àrees del hospital com ara en zones on hi ha pacients de llarga durada (pacients amb coma prolongat), diferents malalts de càncer etc.

L'aliment que contindrà la xeringa (el qual es troba en fase líquida i té una textura semblant a la llet) estarà prèviament preparat per tal que el nadó que es troba en estat de mesures intensives, pugui ingerir-lo per via nasal.

El mètode escollit per tal de fer arribar al nadó l'aliment es mitjançant una intubació específica per via nasal. Al nadó se li disposarà una sonda naso-gàstrica, que és la específica en aquests casos.

La impulsió de l'aliment es farà mitjançant un èmbol impulsor el qual impulsa directament l'èmbol de la xeringa.

Cal fer referència que el dispositiu dissenyat ha estat construït com un apòsit d'un altre dispositiu, aquest per una mancança de la funció de regular la temperatura de l'aliment directament per si mateix, per la qual cosa s'ha dissenyat l'aparell del qual consta aquest projecte.



*Fotografia 1.1* Fotografia del dispositiu sense el muntatge, amb el qual es va servir com a base per la realització dels diferents prototips. [21]

Aquest dispositiu dissenyat ha de regular la temperatura de l'aliment que estarà dins de la xeringa a un valor de 10 °C (o bé 11 °C) depenent a la temperatura que s'hagi programat el termòstat de l'aparell.

El dispositiu dissenyat pot regular la temperatura de diferents mesures de xeringues, per diferents dosis d'ingestió, així com fer un muntatge en sèrie per tal de facilitar la ingestió a diferents nadons, cadascun amb un dispositiu independent. En aquest projecte, tots els càlculs s'han fet en base a xeringues de 80 ml de capacitat.

Les motivacions que han impulsat la realització d'aquest projecte han estat fer un aparell amb una bona funcionalitat, el més compacte possible així com crear un disseny on també es tenen en compte els aspectes estètics (es a dir un disseny cuidat estèticament).

A l'hora de dissenyar el producte s'ha partit d'unes premisses determinades les quals són: **grandària i durabilitat.**

## **1.2.- Objectius del Projecte**

Disseny complet i construcció d'un prototipus de dispositiu que regula la temperatura de l'aliment destinat a nadons que estan en una incubadora. Aquest aliment (amb una textura i característiques semblants a la llet) es troba dintre d'un tipus determinat de xeringues de 80 ml de capacitat. Quan per efecte dels guanys de calor procedents de l'aire ambient, la temperatura de l'aliment de dins de la xeringa superi els 10 °C (o bé 11 °C), el dispositiu dissenyat entra en funcionament per extreure la potència calorífica adient i així mantenir l'aliment a la temperatura establerta de 10 °C (o bé 11 °C). Desde la xeringa, i a través un tub de reduït diàmetre intern (de l'ordre de 1 a 1,5 mm) i de 1,5 m de longitud, l'aliment arriba a una sonda on s'introdueix al nadó per via naso-gàstrica. D'aquesta manera s'aconsegueix que l'aliment entri al nadó en unes condicions òptimes de temperatura i sense perill que es contamini de bacteris perjudicials per la seva salut, ja que el seu sistema de defenses es troba poc desenvolupat. Cal tenir en compte que els bacteris es comencen a multiplicar de forma important a partir d'una temperatura de 17 °C.

El dispositiu de regulació de temperatura dissenyat està condicionat a tenir unes mides determinades per tal que s'acobli degudament a una màquina preexistent que se n'encarrega de nodrir al nadó.

### **1.2.1.- Objectiu General**

L'objectiu principal del projecte és la construcció de l'aparell que escalfi una determinada xeringa a una determinada temperatura.

Aquest aparell ha de tenir les mides necessàries per tal que s'acobli degudament a la màquina que nodrirà al nadó.

S'establiran els càlculs necessaris per la grandària, potència de la Cel·la Peltier així com el gruix i nombre d'aletes de refrigeració de la placa refrigeradora.

També s'establiran els càlculs elèctrics de curt circuit així com la pròpia corrent del circuit global.

### **1.2.2.- Objectius Particulars**

L'objectiu particular a més de la tasca del disseny, ha estat els diferents càlculs elèctrics, tèrmics ubicació i reubicacions dels diferents components de l'aparell.

S'han tingut que calcular la grandària de les Cel·les Peltier juntament amb un disseny de dissipador, el qual ha estat assistit per un ventilador per tal de produir una convecció forçada.

Tant la Cel·la Peltier així com tots els seus càlculs ( per tal de provar el tipus de Peltier més eficient), com el càlcul i disseny del radiador juntament amb el estudi del ventilador han tingut que fer-se per tal de poder aconseguir una de les premisses principals que era la de fer un disseny ho més eficient possible com també el més compacte possible.

Com a objectius particulars destacats tenim:

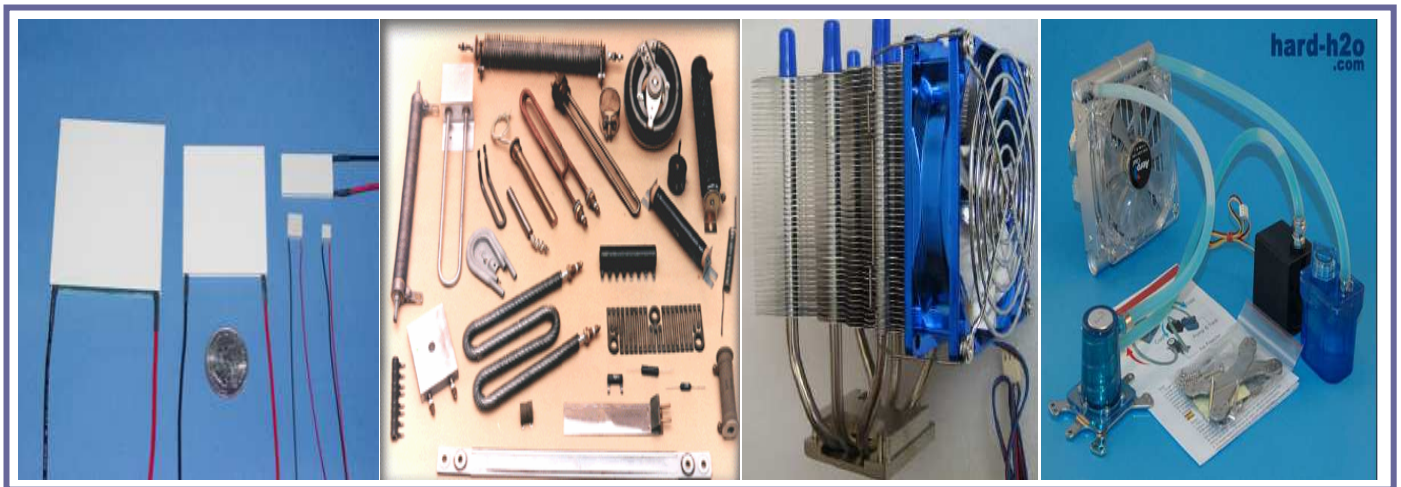
- A. Estudi de diferents sistemes tèrmics: Heat-Pipes, Resistències Elèctriques, Cel·les Peltier, Radiador Elèctric i escollir el més adient pel nostre cas.*
- B. Estudi de diferents subsistemes que conformen el sistema tèrmic (radiador, ventilador, termòstat,...).*
- C. Creació i dimensionament de diferents dissenys interiors (del sòcol de subjecció) i de diferents dissenys exteriors (de les carcasses inferior i superior) del dispositiu de regulació de temperatura.*
- D. Impressió en 3D dels diferents dissenys mitjançant una màquina d'estelitografia.*
- E Elecció del disseny més adient del dispositiu de regulació de temperatura tant pel que fa referència als components interiors com les carcasses exteriors.*
- F. Muntatge final del prototipus projectat..*
- G. Funcionament del dispositiu de regulació de temperatura dissenyat: Experimentació i Assaigs.*
- H. Inspecció final.*
- I. Confecció del pressupost del prototipus.*
- J. Consideracions d'aspectes medioambientals del projecte.*
- K. Confecció de plànols del dispositiu de regulació de temperatura dissenyat.*

*A. Estudi de diferents sistemes tèrmics: Heat-Pipes, Resistències Elèctriques, Cel·les Peltier, Radiador Elèctric i escollir el més adient pel nostre cas.*

Es farà un estudi del diferents sistemes tèrmics que hi ha al mercat (resistències elèctriques, "heat-pipes", radiadors, Cel·les Peltier, ...). Estudiarem per separat la viabilitat de cadascun d'aquests dispositius per tal d'escollir el que es considera més idoni per la nostra aplicació.

Amb les diferents dades extretes d'aquest estudis es decidirà quin sistema és el més viable pel nostre disseny. Tindrem en compte sempre una sèrie de premisses, tals com simplicitat del sistema, grandària ( aconseguir la grandària ho més reduïda possible), una alta durabilitat i aconseguir que el sistema de regulació de temperatura tingui un manteniment gairebé nul.

Els sistemes tèrmics estudiats amb els que es treballa al mercat són: "Heat-Pipes", Resistències Elèctriques, Cel·les Peltier, Sistema de "Refrigeració Líquida".



(a)

(b)

(c)

(d)

**Fotografia 1.2** Diferents sistemes tèrmics. Observem els quatre sistemes tèrmics estudiats per tal de seleccionar el sistema més adient pel nostre cas. (a) Cel·la Peltier, (b) Resistències Tèrmiques, (c) "Heat-Pipes" (amb radiador i ventilador incorporats), (d) Sistema de "Refrigeració Líquida". [20]

*B. Estudi de diferents subsistemes que conformen el sistema tèrmic (radiador, ventilador, termòstat,...).*

Un cop escollit el dispositiu de bescanvi de calor es buscarà que aquest sistema sigui ho més eficient possible.

Anomenarem a subsistema aquell aparell o dispositiu que és acoblat a un altre sistema per tal de que aquest segon guanyi en eficiència.

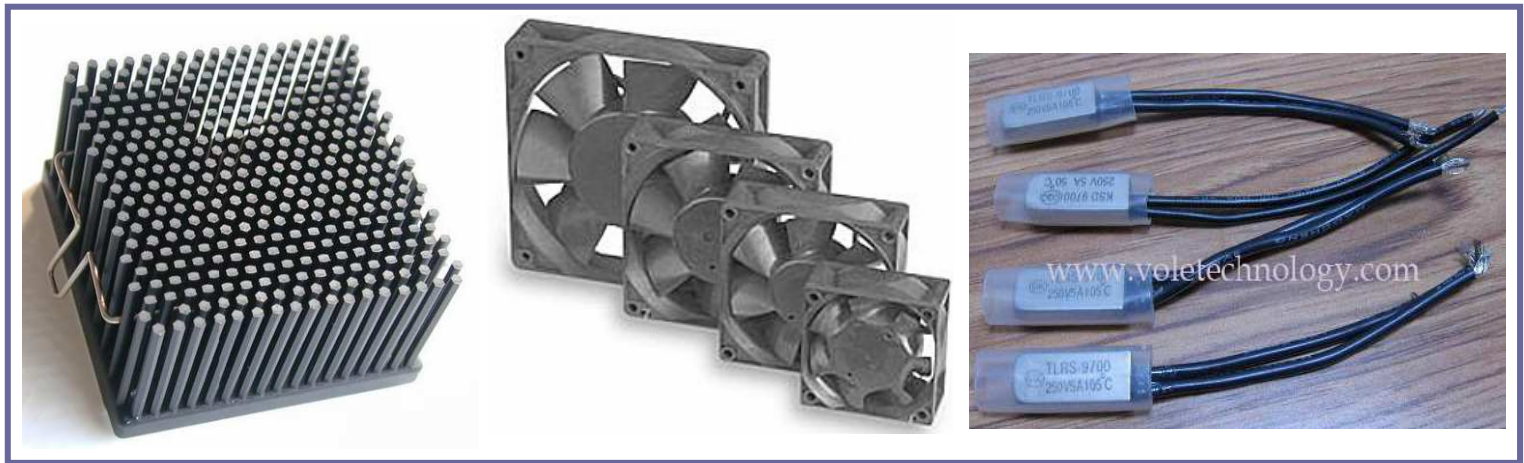
Es farà una recerca dels subsistemes que puguin ajudar a que el sistema principal de calor ("Heat-Pipes", Resistència Elèctrica, Cel·la Peltier, Sistema de Refrigeració Líquida) per tal d'aconseguir que el sistema principal de calor guanyi en eficiència.

Acoblarem aquest dispositiu al sistema de refrigeració sempre i quant s'aconsegueixi fer el sistema tèrmic més eficient, aconseguint una minimització de les deficiències en el sistema d'escalfament.

Aquests subsistemes tèrmics d'ajut al sistema tèrmic de bescanvi de temperatura són tals com ventiladors, radiadors, termòstats... Però no s'utilitzaran tots els diferents sistemes del mercat, sinó que entre tots escollirem els aptes per les nostres necessitats.

Molts cops es munten dos d'aquests subsistemes seguits, per tal de potenciar els efectes que aquests produeixen.

L'un pot ser un sistema de refrigeració simple i l'altre un sistema que ajuda a guanyar eficiència aquest primer.



(a)

(b)

(c)

**Fotografia 1.3** Diferents subsistemes utilitzats en el projecte. (a) Radiador (de tipus agulles en forma hexagonal), (b) diferents grandàries de ventiladors, (c) termòstats. [24]

El que es vol aconseguir amb aquest estudi és minimitzar les pèrdues de temperatura i augmentar la eficiència aconseguint un alt grau en el rendiment en el sistema en conjunt.

*C. Creació i dimensionament de diferents dissenys interiors (del sòcol de subjecció) i de diferents dissenys exteriors (de les carcasses inferior i superior) del dispositiu de regulació de temperatura.*

Un cop havent escollit bé el sistema de bescanvi de calor més adient dimensionarem el dispositiu.

Com a objectiu primordial està el de dimensionar un disseny que treballi de la manera ho més eficient possible, ajustant-se en tot moment a les necessitats del client.

Cal remarcar que la tasca ve encaminada per un disseny exterior, un disseny de subjecció per tal de poder acoblar la xeringa amb rapidesa i per tenir un ràpid canvi de l'element xeringa.

Es faran una sèrie de pre-dissenys els quals posteriorment es jutjaran la seva validesa i que es descartaran o es donaran per bons fins arribar al disseny definitiu.

S'admetran canvis combinats entre diferents dissenys, obtenint doncs una barreja entre les diferents idees dels diferents dissenys en un prototipus final.

És important que el disseny estigui ho més airejat possible, amb nombroses obertures de ventilació, per tal de poder evacuar la calor generada a l'interior.

Cal tenir en compte que els dissenys han de ser ho mes simples i ho més nets possibles, així com estar dissenyats de tal forma que el seu desmuntatge i muntatge siguin ho més senzills possibles, per tal que les tasques de neteja i manteniment siguin ho més fàcils possible.

Aquests dissenys es presentaran com a finals al client, el qual jutjarà el que ell cregui més adequat.

De entre tots els dissenys creats i modificats es crearà un disseny final òptim el qual es portarà a fer una impressió com a disseny definitiu final.

#### *D. Impressió en 3D dels diferents dissenys mitjançant una maquina d'estelitografia.*

Un cop s'han completat amb èxit els diferents fases anteriorment esmentades ens disposarem a reproduir físicament el disseny creat a l'ordinador.

El disseny amb les peces que es necessita "digitalitzar físicament" es duran a un altre ordinador, el qual estant connectat a una màquina d'estelitografia ( impressora 3D).Aquesta impressora farà possible la creació del disseny que anteriorment estava dins de l'ordinador com a disseny intangible.

Aquesta impressora ens reproduirà la peça exactament la tenim dissenyada dintre de l'ordinador, de manera que tindrem el disseny virtual de l'ordinador en una forma real i tangible.

El temps d'espera per tal de tenir la peça reproduïda per l'impressora és mínima degut a les qualitats de l'impressora tal i com veurem més endavant (es tracta d'un tipus d'impressora que utilitza un conglomerat, el qual fa possible una ràpida impressió de les peces.

#### *E. Elecció del disseny més adient del dispositiu de regulació de temperatura tant pel que fa referència als components interiors com les carcasses exteriors.*

Havent imprès els diferents dissenys i tenint-los de forma física es podrà jutjar tant per aparença com per funcionalitat, quin serà el disseny més correcte per tal de donar-lo com a definitiu i presentar d'aquesta manera al client com a disseny final.

Els diferents dissenys estaran muntats amb tots els components i es podran posar en funcionament per tal de poder escollir el més correcte.

Tindrem en compte el bon funcionament del dispositiu, l'acoblament del dispositiu a la xeringa així com la seva extracció.

S'observarà que el disseny sigui fàcil de netejar sense deixar possibles racons on la brossa es pugui amuntegar.

#### *F. Muntatge final del prototipus projectat.*

Per tal de finalitzar tot el procés es farà un muntatge amb les peces impreses ja tractades junt amb les peces standard que utilitzarem per tal de tenir tot el dispositiu enllestit.

Observarem com les peces que han estat impreses es comporten com si d'una peça de plàstic es tractés i es deixa cargolar i muntat amb els diferents sistemes electrònics que el dispositiu té.

Un cop s'ha realitzat tot el muntatge es fa una inspecció visual per tal de observar qualsevol anomalia que no s'hagi detectat anteriorment.

Un cop tot muntat, es durà a terme una prova, fent funcionar el dispositiu durant un temps prèviament acordat.

Un cop observem que el dispositiu funciona correctament ja podem presentar el prototipus al client.

#### *G. Funcionament del dispositiu de regulació de temperatura dissenyat: Experimentació i Assaigs.*

Havent realitzat l'anterior muntatge final es procedirà a la seva posada en marxa inicial.

En aquesta posada en marxa es verificarà que cap component elèctric dificulta, per estar en contacte amb altre component del sistema, el seu funcionament.

Verificarem que tot el conjunt funciona adequadament amb ho previst en els estudis realitzats.

Es sotmetrà al dispositiu a diferents proves d'assaigs de durada determinada per tal de verificar que el sistema compleix les expectatives desitjades.

#### *H. Inspecció final.*

Es realitzarà una inspecció final després de la seva posada en marxa inicial. En aquesta inspecció final la realitzarem de manera rigorosa, verificant la totalitat dels seus components estiguin ben muntat.

Verificarem que cap peça estigui malmesa per un muntatge forçat, en cas de trobar peces en mal estat es disposarà al canvi de dita peça en el mateix moment.

Verificarem el seu funcionament tornant a posar en marxa el sistema, verificarem que el sistema escalfi adequadament en el temps establert pels càlculs.

Les peces que hem trobat en mal estat per diverses causes s'apartaran per una posterior inspecció, per tal d'esbrinar l'error d'aquesta peça.

En el cas que la peça sigui del disseny es verificarà que sigui problema del procés de fabricació i no del disseny d'aquesta.

En el cas que el problema fos del disseny de la peça es portarà a terme un estudi i un possible redisseny de la peça problemàtica de tot el conjunt.

*I. Confecció del pressupost del prototipus.*

Es realitzaran els càlculs oportuns per tal de calcular el preu del sistema per la seva venda, per aquest motiu es necessari el condicionament d'un pressupost.

També es necessari quan ha costat el procés de desenvolupament del producte per tal de repercutir aquest en el preu final del producte en el mercat.

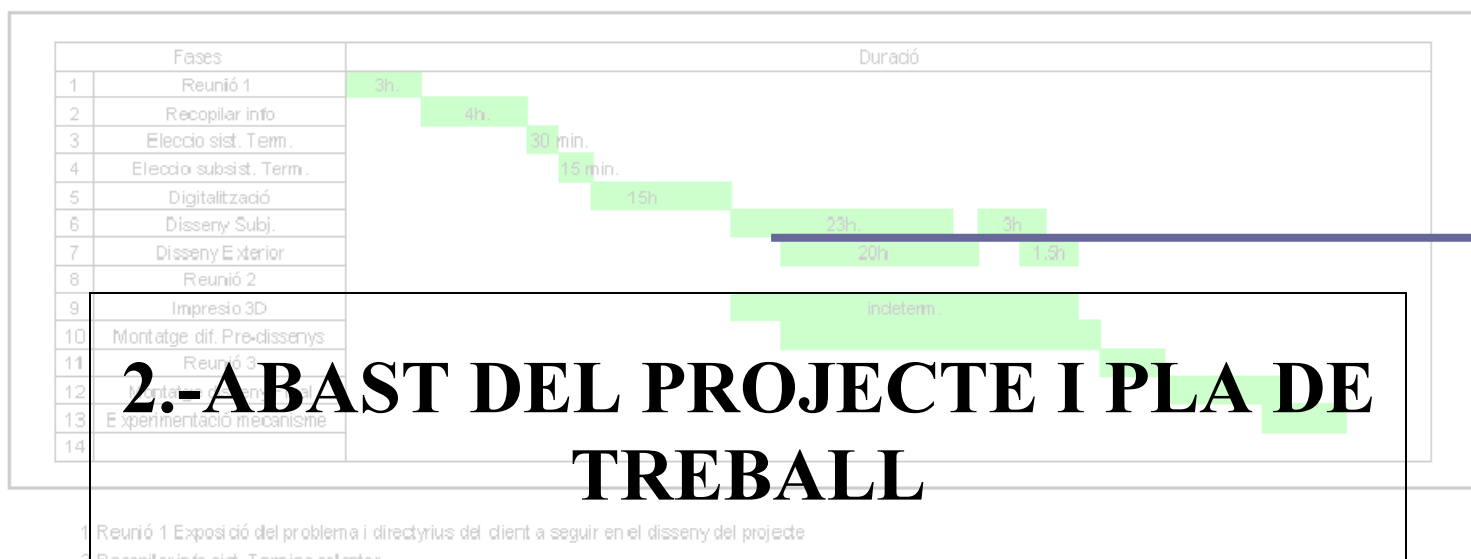
*J. Consideracions d'aspectes mediambientals del projecte.*

Es realitzaran diferents consideracions mediambientals, tals com la identificació del codi CER i el reciclatge dels diversos components del dispositiu després de la seva vida útil, valoració de l'elecció de materials de menor impacte pel medi ambient en la construcció del dispositiu, anàlisi del tipus d'energia que utilitza el dispositiu, etc...

*K. Confecció de plànols del dispositiu de regulació de temperatura dissenyat.*

Es confeccionaran tots els plànols per tal de realitzar la seva fabricació en sèrie, així com per tal de tenir les dades per possibles modificacions i evolucions del dispositiu en el futur.





1 Reunió 1 Exposició del problema i directrius del client a seguir en el disseny del projecte

2 Recopilar info sist. Termics calentar

3 Elecció sistema termic més adient pel disseny.

4 Elecció Subsistemes termics que conformaran el sistema termic complet.

5 Digitalització dels sistemes termics i subsistemes termics

6 Dissenys subjecció xeringues

7 Dissenys exteriors de les xeringues

8 Reunió 2. Selecció del disseny viable del disseny

9 Impresio 3D. Impressions dels diversos dissenys realitzats.

10 Montatge diferents pre-Dissenys

11 Reunió 3. Exposició disseny final. A espera de la confirmació per part del client.

12 Montatge definitiu disseny final.

13 Experimentació mecanisme. Assajos amb els components i amb el mecanisme



## **2.-ABAST DEL PROJECTE I PLA DE TREBALL**

### **2.1.- Abast del projecte**

El projecte assolirà els estudis elèctrics necessaris pel càlcul de la potència i qualitat de la Cel·la Peltier, així com la seva elecció, i els estudis del càlcul del radiador per la seva posterior construcció.

També s'assoliran els diferents dissenys pertinents de l'embolcall exterior del sistema, fins a la finalització del projecte, entenent-se com a finalització del projecte la construcció d'aquestes carcasses exteriors del dispositiu de regulació de temperatura amb l'ajut d'una màquina de prototipatge (o màquina estelitografiadora).

La fase de fabricació i producció (amb la creació dels motlles, cadena de muntatge,...) queden exemptes d'aquest projecte.

### **2.2.- Pla de treball**

En l'elaboració del pla de treball s'han seguit els terminis descrits en una taula estudiada de temps Pert. A continuació de forma descriptiva observem el diagrama Pert per la realització del disseny.

En l'elaboració del projecte s'ha seguit meticulosament els passos a seguir del diagrama PERT el que ha ajudat a no endarrerir el projecte.

Cal destacar que el diagrama descrit a continuació és el diagrama Pert final, resultant de els diferents canvis que ha sofert el projecte.

En el diagrama podem observar les diferents fases d'estudi del projecte.

Hi diferenciem fases de pre-disseny, fases d'estudi i fases d'experimentació.

També s'han inclòs una sèrie d'hores les quals han estat destinades a les diferents reunions que s'han tingut amb el client per tal de fer-li saber l'estat en tot moment en el que es trobava el projecte.

Pla de treball Xeringues			
Si/No fet	Ordre	Activitat	Premises importants de l'activitat
Ok	1	Recopilació d'informació dels diferents sistemes tèrmics.	Estudi per internet, llibres, articles, llibres científics... Creació de llistat amb els sistemes tèrmics trobats Indicar pros/contres dels sistemes tèrmics trobats
Ok	2	Elecció el sistema tèrmic més adient.	Escollir el sistema a utilitzar Ajudarnos amb les dades extretes anteriorment
Ok	3	Elecció dels diferents subsistemes tèrmics.	Escollir el subsistema que complementi al sistema tèrmic escollit Buscar diferents empreses que comercialitzin el producte escollit
Ok	4	Creació de diferents dissenys de subjecció de xeringues.	Crear diferents dissenys de subjecció de la xeringa Buscar la major simplicitat Sistema atrapi bé la xeringa i sigui facil extracció d'aquesta
Ok	5	Creació de diferents dissenys per l'embolcall exterior	Realització de diferents dissenys per l'exterior del sistema. Els dissenys han de tenir la major compacitat Dibuixar també els sistemes i subsistemes
	6	Selecció dels dissenys de les carcasses exteriors abans creades i elecció de la més adient.	Selecció de la carcassa més adient pel sistema Escollir la que tingui major compacitat, la de menor grandaria
	7	Impressió d'una còpia del disseny final de les carcasses exteriors.	Imprimir les còpies necessaries per exposar-les al client Correcció de les possibles fallides
	8	Realització del muntatge dels diferents components interiors i exteriors	Realitzar el muntatge del mecanisme imprés Verificar que no hi hagin fallides en el sistema En cas de error en disseny redisseny.
	9	Realització del pressupost.	Reslitzar pressupost i presenta-lo al client
	10	Realització dels plànols.	Realitzar els plànols necessaris per tal de dur terme la seva fabricació
	11	Descripció del kit de venda al públic	Detallar els componets que aniran dintre del Kit Suggerir tipus d'envoltori pel sistema.

**Taula 2.1** Taula del Pla de Treball del que ens vàrem proposar per portar a terme la creació dels dissenys del dispositiu d'escalfament de xeringues de nadons.

Cal esmentar que gràcies a la màquina d'estelitografia ha ajudat molt a la rapidesa de l'elaboració tant dels diferents dissenys com del disseny final, així com l'ajut dels sistemes informàtics en 3D per tal de fer les diferents modificacions del disseny, com per els assaigs d'elements finits en l'entorn d'informàtica

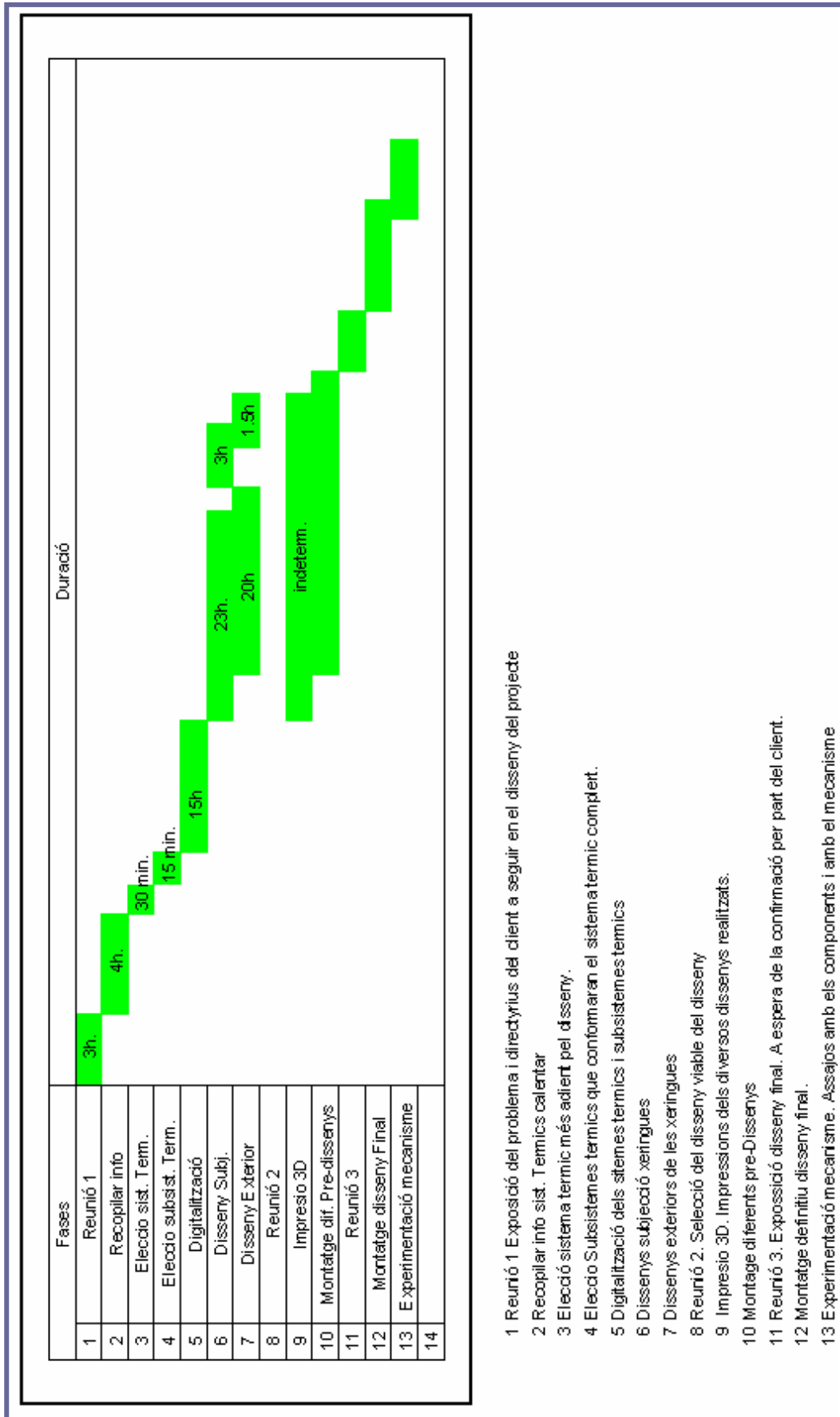
En tot l'elaboració del projecte ens hem recolzat en tot tipus de tecnologies avançades, ja que aquestes escurcen en gran quantitat l'elaboració de tot el projecte, tenint un guany de temps considerable, el que a l'empresa com en d'altres aquest temps s'utilitza per altres projectes, estudis, informes...

En aquest projecte es posa de relleu com a nova tecnologia de desenvolupament de productes la impressora d'estelitografia, ja que aquesta ens han servit per presentar varis projectes, així com les diferents eines en disseny de 3 dimensions el que ens ajuda a modelar les diferents peces i observar si aquestes encaixen en tot el conjunt del projecte.

A continuació observarem la taula de temps Pert amb la que ens hem ajudat per tal de complir els terminis establerts de fabricació del conjunt dispositiu.

Observem el ventall d'hores requerides, les quals han estat proporcionals al tipus de treball requerit.

Taula 2.2 Diagrama Pert de temps per la creació del disseny del dispositiu d'escalfament de la xeringa per a nadons.



Descripció i Programació temporal del treball a realitzar:

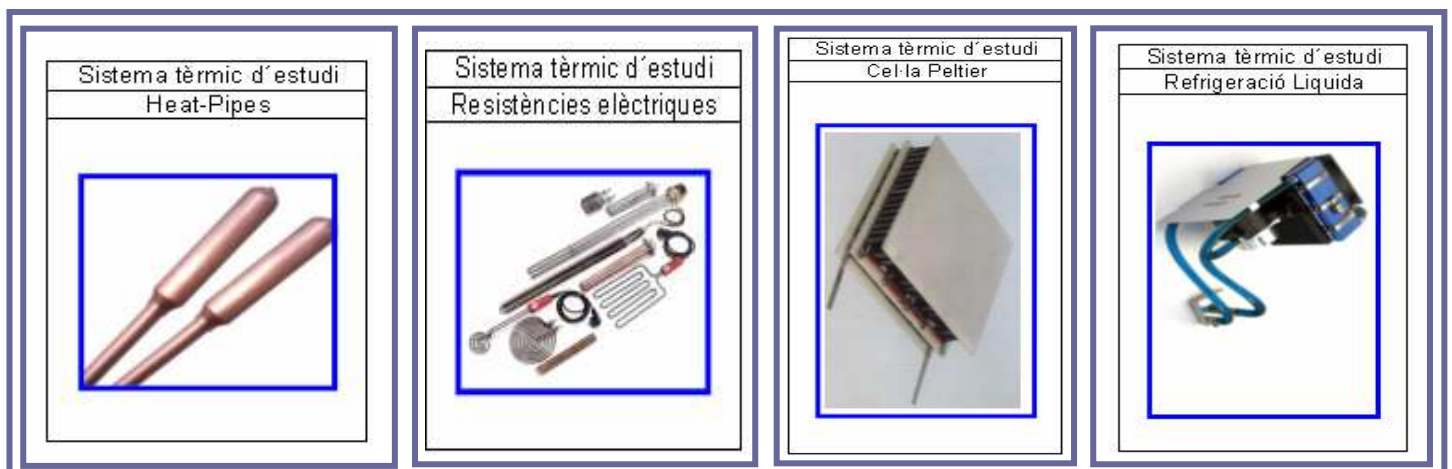
- 2.2.1.- *Recopilació d'informació dels diferents sistemes tèrmics ("Heat-Pipes", Resistències Elèctriques, Cel·les Peltier, Radiador Elèctric).*
- 2.2.2.- *Elecció del sistema tèrmic més adient pel dispositiu de regulació de temperatura que volem dissenyar.*
- 2.2.3.- *Elecció dels diferents subsistemes que conformen el sistema tèrmic complet (ventiladors, termòstat,...).*
- 2.2.4.- *Creació de diferents dissenys de subjecció de xeringues.*
- 2.2.5.- *Creació de diferents dissenys per l'embolcall exterior (carcassa superior i carcassa inferior).*
- 2.2.6.- *Selecció dels dissenys de les carcasses exteriors abans creades i elecció de la més adient pel sistema (amb ajut d'impressions en 3D realitzades amb una màquina d'estelitografiar).*
- 2.2.7.- *Impressió d'una copia (o varies segons la petició del client) del disseny final de les carcasses exteriors en una impressora de prototipatge 3D utilitzant conglomerat.*
- 2.2.8.- *Realització del muntatge dels diferents components interiors i exteriors per tal de tenir el prototip del dispositiu d'escalfament creat i finalitzat.*
- 2.2.9.- *Realització del pressupost del disseny del prototipus final del dispositiu d'escalfament.*
- 2.2.10.- *Realització dels plànols.*
- 2.2.11.- *Descripció del "kit" de venda al públic.*

2.2.1.- *Recopilació d'informació dels diferents sistemes tèrmics ("Heat-Pipes", Resistències Elèctriques, Cel·les Peltier, Radiador Elèctric)*

S'ha realitzat un estudi fent recerca a internet, revistes científiques i llibres dels diferents sistemes tèrmics per escalfament i refredament.

Un cop s'hagin recopilat els diferents sistemes tèrmics realitzarem un llistat amb les seves característiques principals.

Indicarem en el llistat els avantatges i desavantatges, grandària, consum per tal de posteriorment fer una selecció del sistema més adient per incorporar al nostre disseny.



**(a)** **(b)** **(c)** **(d)**  
**Figura 2.1** Diferents sistemes tèrmics estudiats per tal d'escollir el més adient pel nostre projecte. (a) "Heat-Pipes", (b) Resistències Elèctriques, (c) Cel·les Peltier, (d) Sistema de "Refrigeració Líquida". [20]



### **2.2.2.- Elecció del sistema tèrmic més adient pel dispositiu de regulació de temperatura que volem dissenyar**

Un cop s'ha realitzat el llistat es farà una selecció del sistema a utilitzar en el projecte per tal de regular la temperatura de les xeringues dels nadons d'incubadora. Es valoraran com ja s'ha esmentat la grandària, consum, durabilitat i premisses remarcades pel client.

De dita valoració sortirà el component més adequat.

Un cop havent-lo escollit començarà la recerca de les diferents empreses que comercialitzen el producte.

### **2.2.3.- Elecció dels diferents subsistemes que conformen el sistema tèrmic complet (ventiladors, termòstat,...)**

Un cop escollit el sistema de regulació de temperatura que s'utilitzarà s'escolliran els diferents subsistemes que complementaran tot el sistema tal com el radiador, ventilador, diferents cables elèctrics, endolls, etc...

Aquests subsistemes de refrigeració seran escollits fent que les seves característiques s'acoblin als requeriments necessaris pel bon funcionament de l'aparell.



**Fotografia 2.1** Els diversos subsistemes utilitzats. Podem veure els diferents subsistemes com el ventilador, termòstat sòcol i termòstat radiador.



#### ***2.2.4.- Creació de diferents dissenys de subjecció de xeringues***

Es realitzaran diferents dissenys amb els seus corresponents prototips.

Aquests prototips aniran encaminats a trobar un sistema de subjecció de les xeringues de l'aliment.

D'entre tots els prototips creats s'escollirà un, que serà aquell que tingui un major grau de simplicitat i també hagi aconseguit una menor grandària possible.

El que es buscarà sobretot en aquests dissenys és un sistema que atrapi fàcilment la xeringa i que digui fàcil de desenganxar dita xeringa del sistema dissenyat.

#### ***2.2.5.- Creació de diferents dissenys per l'embolcall exterior (carcassa superior i carcassa inferior)***

Un cop havent escollit els diferents components a utilitzar es realitzaran diferents dissenys. Ens dirigirem a dissenyar la part exterior del sistema.

Aquests dissenys tindran una grandària mínima que estarà restringit per el volum interior de les peces del funcionament de la Peltier.

Aquests dissenys tindran dissenyats (dibuixats) els sistemes i subsistemes utilitzats a escala, i aniran encaminats ala realització de l'embolcall que contindrà tot el dispositiu tèrmic al seu interior, el cor del sistema.

Es realitzaran diferents dissenys d'embolcalls, tants com dissenys de subjecció de xeringues s'hagin dissenyat anteriorment.

#### ***2.2.6.- Selecció dels dissenys de les carcasses exteriors abans creades i elecció de la més adient pel sistema (amb ajut d'impressions en 3D realitzades amb una màquina d'estelitografia)***

Un cop creats els diferents dissenys esmentats a l'apartat anterior es realitzaran els seus corresponents prototips.

Dintre d'aquest s'escollirà el més adient pel sistema introduint possibles millores per tal d'encaminar cap al disseny final.

Els punts a valorar a l'hora de fer l'elecció seran la grandària, superfícies suaus, superfícies amb obertures ho prou airejades com per regular els components en bon estat així com ho prou petites com per evitar l'entrada de brossa (pols, líquids...) a l'interior.

És important que l'elecció és farà amb tots els components muntats dintre de les carcasses impreses en la màquina d'estelitografia, d'aquesta manera es podrà veure si el conjunt deixa gaire espai com per que la brossa s'acumuli en llocs determinats.

### ***2.2.7.- Impressió d'una copia (o varies segons la petició del client) del disseny final de les carcasses exteriors en una impressora de prototipatge 3D utilitzant conglomerat***

Un cop realitzat el prototip i decidit com a disseny final es realitzarà una copia en 3D (estelitografia) en el qual es podran palpar físicament les dimensions del prototipus final.

Aquest sistema d'impressió es tracta d'un sistema molt bo per tal de presentar prototips al client, ja que gràcies aquests tipus de impressores el client pot palpar el que en un futur serà el disseny desitjat.

### ***2.2.8.- Realització del muntatge dels diferents components interiors i exteriors per tal de tenir el prototip del dispositiu d'escalfament creat i finalitzat***

Un cop realitzada la copia en 3D del prototipus final es realitzarà el seu corresponent muntatge.

Aquest muntatge constarà de tots els components.

Amb aquest muntatge es podran comprovar diferents fallides i correccions del sistema abans de la seva posterior presentació al client com a prototipus finals a l'espera de la confirmació per la seva posada en marxa a la producció.

### ***2.2.9.- Realització del pressupost del disseny del prototipus final del dispositiu d'escalfament***

Es realitzarà un pressupost per tal de presentar-lo al client, per tal de que aquest ens pugui fer la possible comanda per la seva fabricació.

### ***2.2.10.- Realització dels plànols***

Es realitzaran els plànols necessaris per tal de dur a terme la seva fabricació. De la mateixa manera que ens seran necessaris per modificacions futures del sistema.

### ***2.2.11.- Descripció del kit de venda al públic***

En el kit de venda al públic trobem tots els components ja ben muntats i verificats, tal i com s'ha comprovat anteriorment.

Els trobarem dintre de una capsa blanca de cartró. Dintre d'aquesta capsa trobem el dispositiu dissenyat, el seu propi alimentador i les pròpies instruccions del producte.

Podem observar com en l'interior de la capsa s'han creat una sèrie de forats per tal que els components estiguin ben fixats dintre de la capsa, per tal que a l'hora del seu transport no es facin malbé els components entre si.

En els laterals de la capsa trobem diverses adhesius fent referència a l'empresa que comercialitza el sistema d'escalfament de xeringues amb sistema de Cel·la Peltier i el tipus de producte.



*Fotografia 2.2* Fotografia de l'interior de la capsa que conté el "Kit". Observem els forats fets per tal de fer encaixar i delimitar d'aquesta manera el moviment de les peces dintre de la capsa.



*Fotografia 2.3* Fotografia amb els "sticks" exteriors. Observem com aquests adhesius exteriors fan referència a l'empresa a la que s'ha creat el producte, així com el producte que hi ha a l'interior.



### **3.- CEL·LES PELTIER: FONAMENT FÍSIC, DESCRIPCIÓ, FUNCIONAMENT I APLICACIONS**





## 3.- CEL·LES PELTIER: FONAMENT FÍSIC, DESCRIPCIÓ, FUNCIONAMENT I APLICACIONS

### 3.1.- Fonament Físic

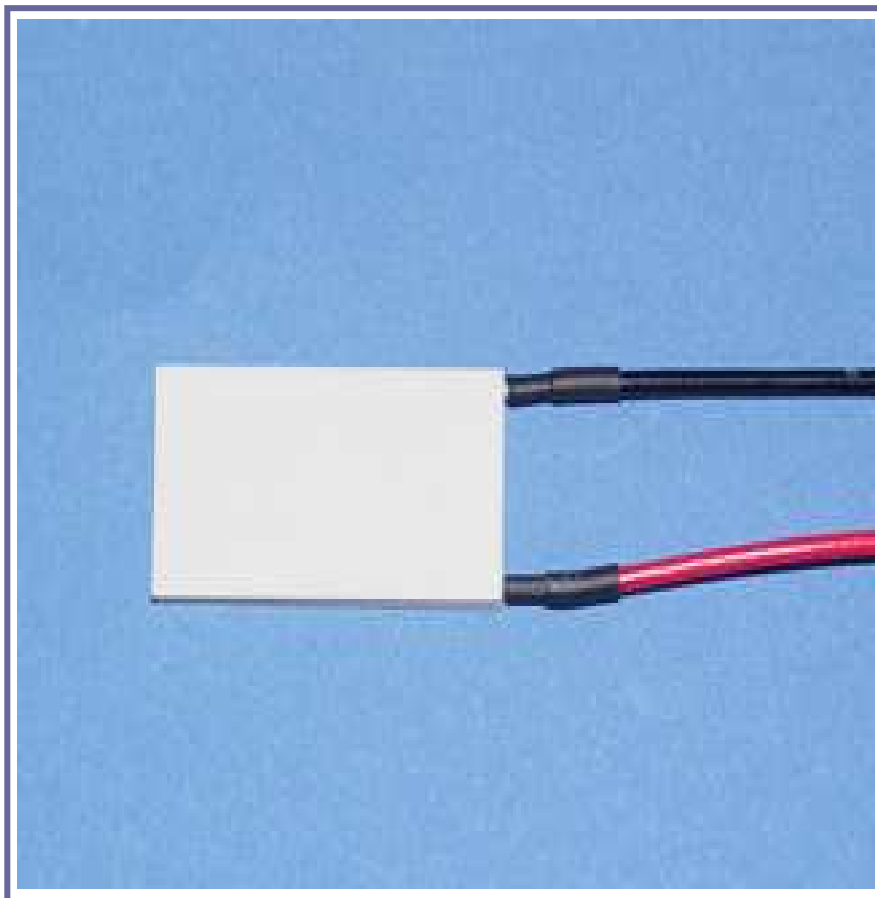
Anomenem Cel·les Peltier al dispositiu termoelèctric que es caracteritza per l'aparició d'una diferència de temperatura entre les dues cares de un semiconductor quan per ell hi circula una corrent elèctrica.

El fenomen de produir tant fred/calor, al mateix instant, se'l coneix com Efecte Peltier (Jean Charles Peltier 1834). Aquest fenomen se'n deriva de l'efecte Seebeck, (Thomas Johann Seebeck 1821)

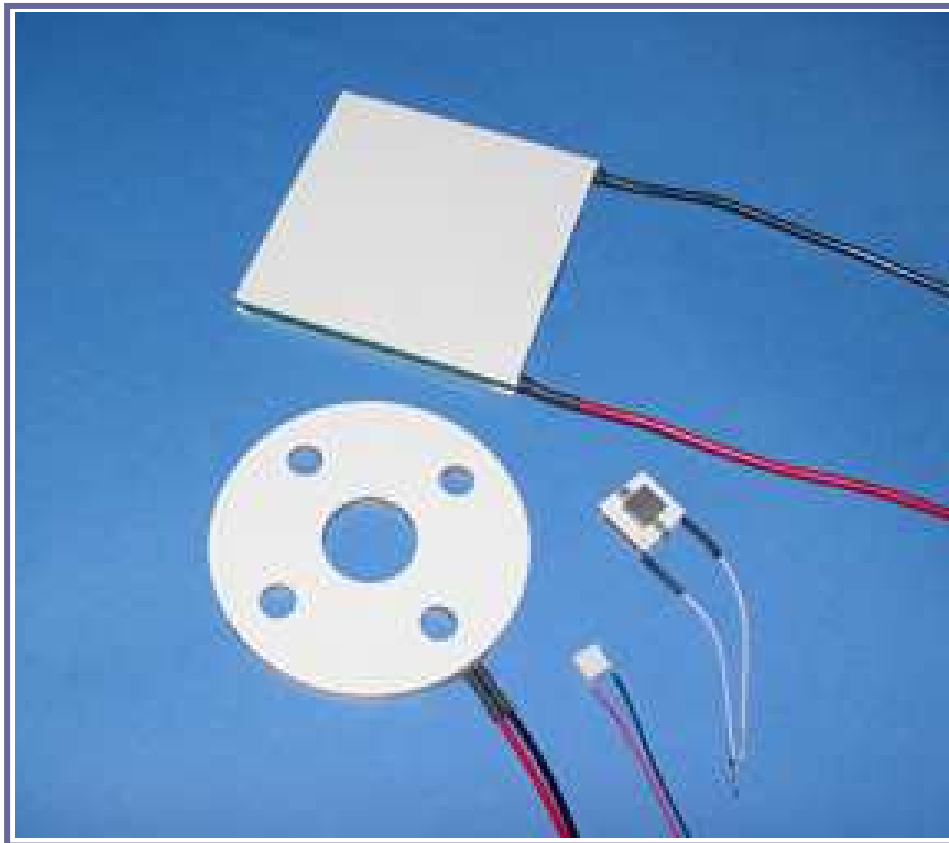
L'efecte Seebeck enuncia que en dos metalls diferents es produeix una corrent elèctrica quan existeix una diferència de temperatura entre les soldadures alternatives.

Dintre d'una Cel·la Peltier hi succeeixen diferents fenòmens físic els quals, s'han de conèixer per tal de dissenyar o si més no calcular quin tipus de Cel·la Peltier és la més adient.

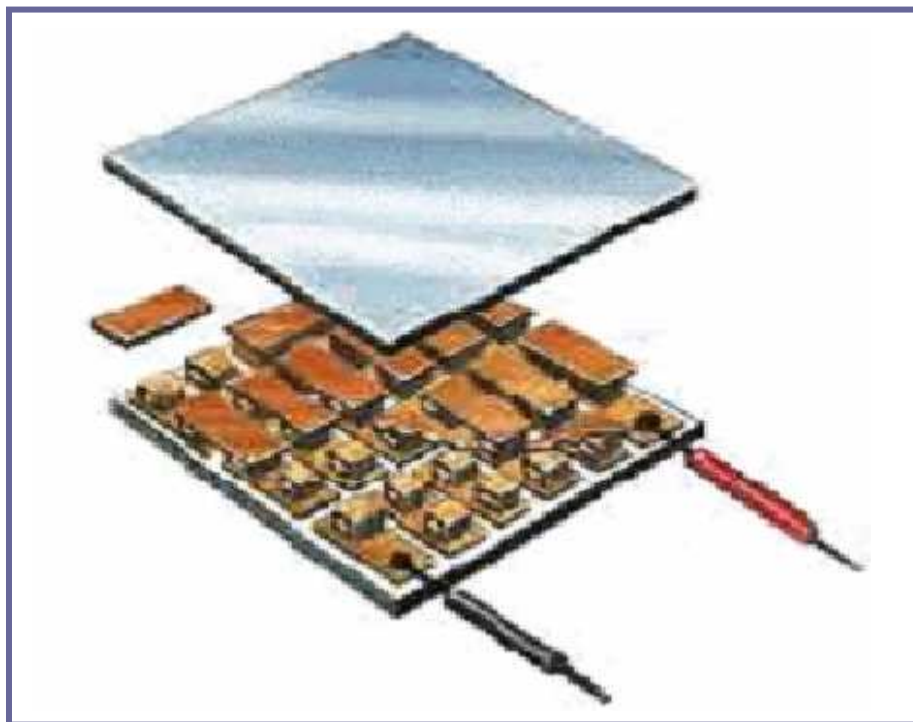
Els diferents efectes a coneixen son: *Efecte Thomson*, *Efecte Joule*, i els ja anomenats *Efecte Peltier* i *Efecte Seebeck*.



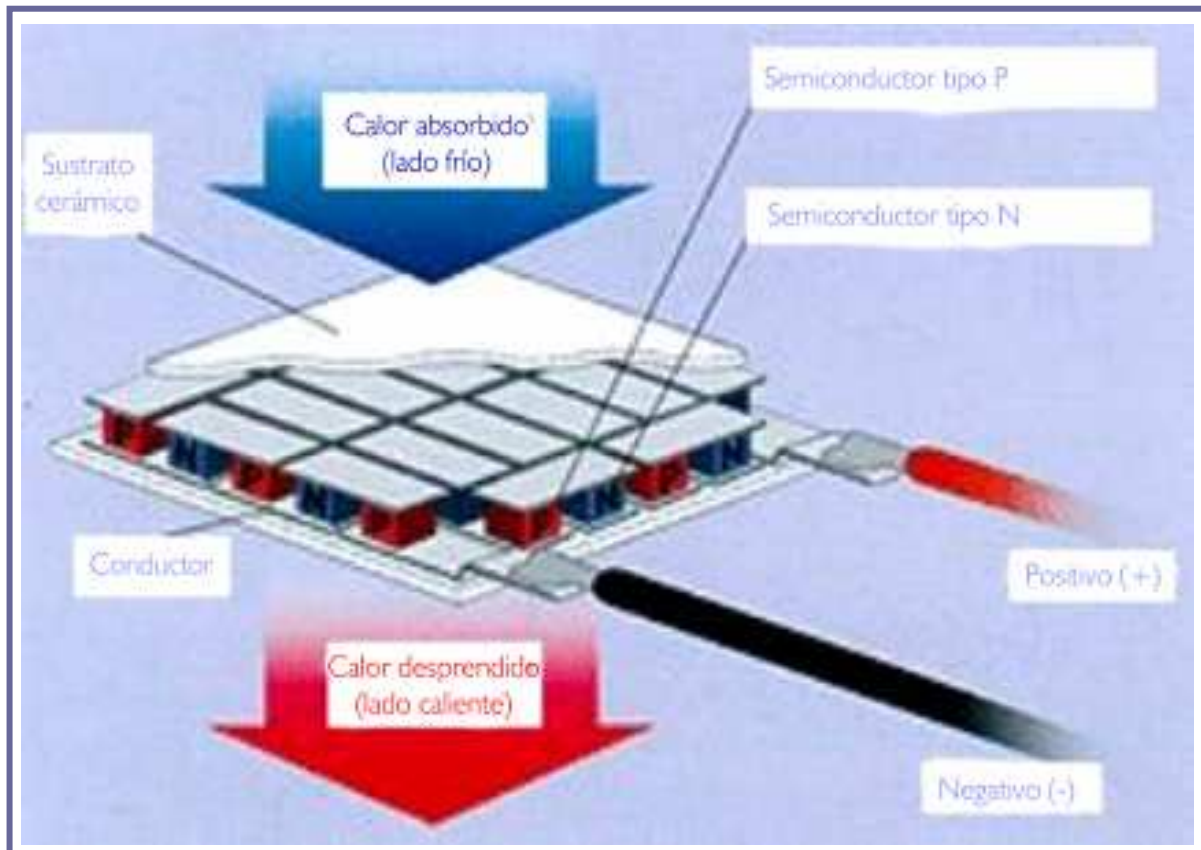
*Fotografia 3.1* Cel·la Peltier. Observem la forma més comuna de construcció de cel·les Peltier. [17]



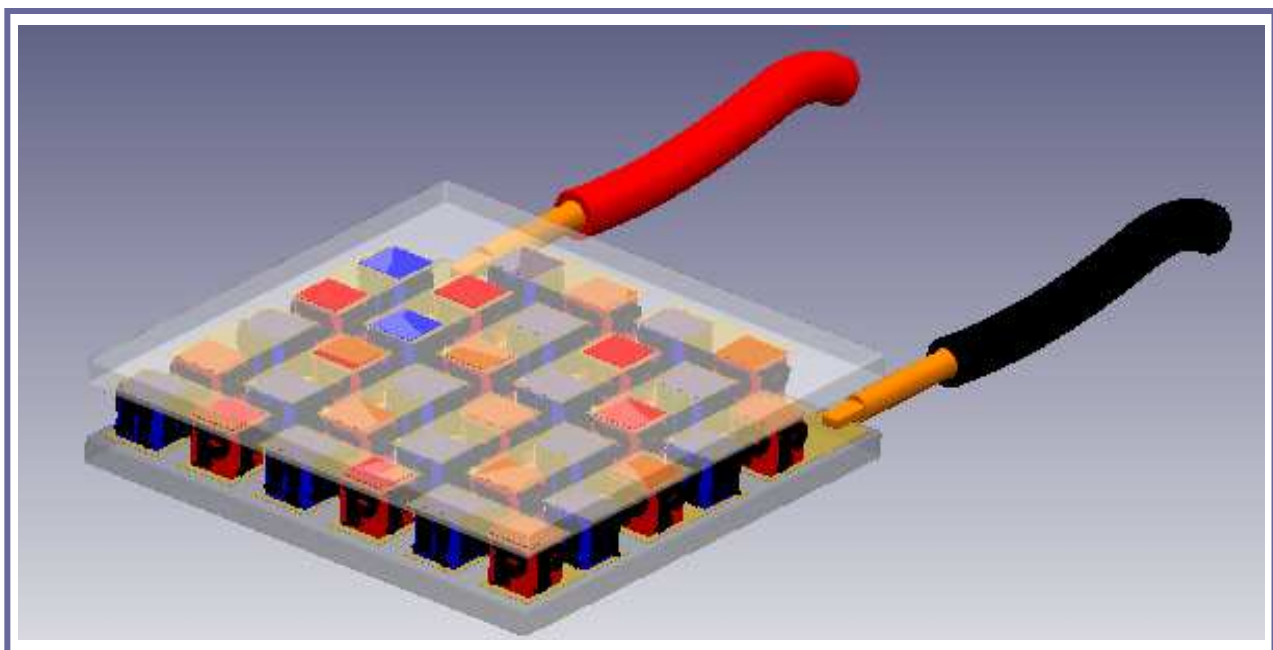
*Fotografia 3.2* Diferents formes de construir les Cel·les Peltier. Observem les diverses formes que poden construir-se les Cel·les Peltier. [17]



*Figura 3.1* Figura Cel·la Peltier Interior. Observem els components interiors de la Cel·la Peltier. [25]



*Figura 3.2* Figura esquemàtic de una Cel·la Peltier. Podem observar els seus dispositius interns així com un esquema dels components i els processos de transformació de la calor. [25]



*Figura 3.3* Figura esquemàtica d'una Cel·la Peltier. Representació en 3D amb transparència de una Cel·la Peltier, podent-se observar els pols positius i negatius degudament ordenats.



A continuació descriurem els processos físics que tenen lloc en l'interior d'una Cel·la Peltier, i quan s'escaigui es donarà l'equació matemàtica que relaciona les diferents variables.

### **Efecte Seebeck:**

És el primer efecte en descobrir-se. Aquest efecte anuncia que en un dispositiu elèctric format per dos metalls soldats tots dos, al haver-hi una diferència de temperatura es genera una corrent elèctrica descobert per Thomas Johann Seebeck al 1821.



**Fotografia 3.3** Fotografia de Thomas Johan Seebeck. *El primer descobridor que va donar peu a la resta de descobriments sobre els efectes elèctrics en les Cel·les Peltier.*[15]

La relació que expressa aquest fenomen matemàticament és la següent:

$$V_{AB} = \alpha_{XY} (T_{Freda} - T_{Calenta}) \quad [3.1]$$

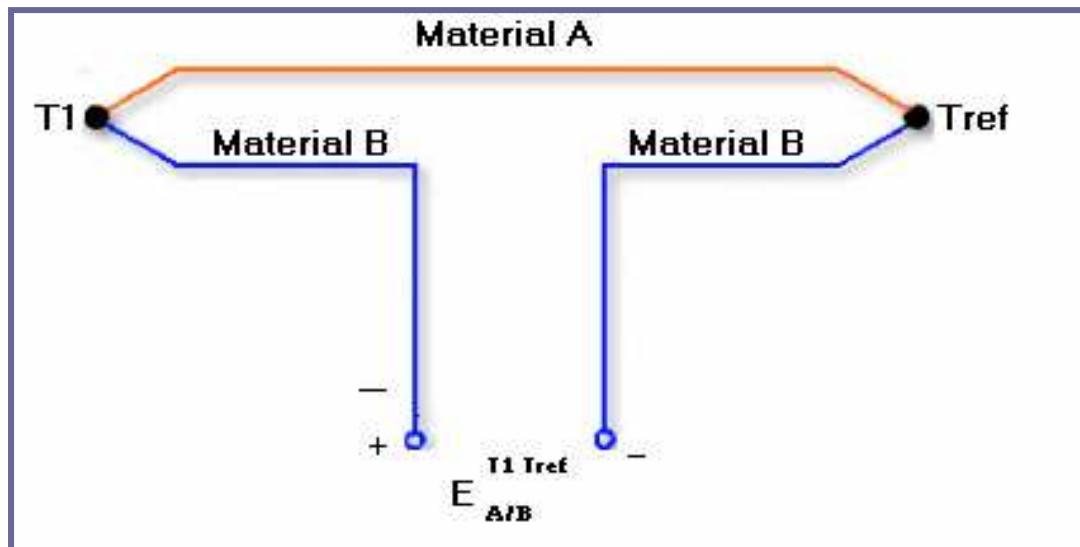
on:

$V_{AB}$  : És la tensió elèctrica de sortida mesurada [V].

$\alpha_{XY}$  : És el coeficient de Seebeck entre els dos materials X e I. [V/K].

$T_{Freda}$  : És la temperatura freda de la unió [K].

$T_{Calenta}$  : És la temperatura calenta de la unió en [K].



*Figura 3.4* Esquema representatiu de l'efecte Seebeck., el qual es dóna en la unió de dos metalls diferents [14]

### *Efecte Peltier:*

Aquest efecte se'n deriva de l'efecte Seebeck, i tots dos estan estretament relacionats, aquest efecte enuncia que en un dispositiu format per dos metalls diferents soldats, se'ls sotmet a una corrent elèctrica es produirà una diferència de temperatura en cada un dels metalls components del dispositiu.



*Fotografia 3.4* Fotografia de Jean Charles Peltier. Va ser l'investigador i descobridor del efecte que porta el seu nom.[15]

Observem que un altre cop tenim una relació entre la energia calorífica i l'elèctrica.

Aquesta relació ve donada matemàticament per:

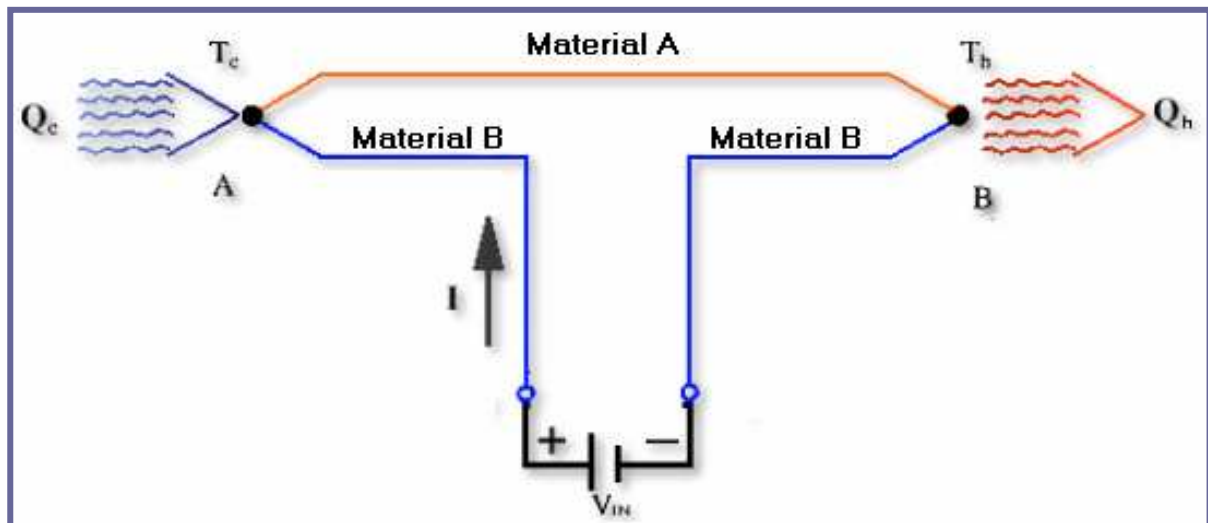
$$Q_P = \pi_{xy} I \quad [3.2]$$

On:

$Q_P$  : Es refereix a la potència calorífica generada o absorbida per l'efecte Peltier expressada en wats. Valor absolut de  $Q_f$  o  $Q_c$  [W].

$\pi_{xy}$  : És el coeficient Peltier entre els dos materials x,y expressats en volts [W/A].

$I$  : És la corrent que circula per la unió dels materials. Aquesta intensitat ve expressada en Ampers [A].



**Figura 3.5** Esquema representatiu sobre l'efecte Peltier. Es pot observar que en la unió de l'esquerra dels dos metalls es genera fred, mentre que en la unió de la dreta es genera calor (la qual, en el nostre cas, s'aprofita per l'escalfament de les xeringues). [14]

**Efecte Thomson:**

Es coneix com efecte Thomson com l'efecte produït en un circuit de un únic material conductor, on segons el sentit del pas de la corrent elèctrica, el conductor emetrà o absorbirà calor ( el conductor es refredarà o s'escalfarà). Descobert per Lord Kelvin en 1854 i completa els descobriments del efecte Seebeck i l'efecte Peltier.

La relació matemàtica que defineix aquest efecte es:

$$Q_t = \tau \cdot J \cdot \left(\frac{dT}{dx}\right) \quad [3.3]$$

On:

$Q_t$  : És la potència calorífica generada o absorbida per unitat de volum  $\left[\frac{W}{m^3}\right]$ .

y

$\tau$  : És el Coeficient Thomson  $\left[\frac{W}{A \cdot K}\right]$ .

$\frac{dT}{dx}$  : És el gradient de temperatura  $[K/m]$ .

$J$  : És la densitat de la corrent elèctrica  $\left[\frac{A}{m^2}\right]$ .

**Efecte Joule:**

Enunciem l'efecte Joule quan a través d'un conductor circula corrent elèctrica, els electrons que tenim movent-se al llarg d'aquest conductor xoquen entre ells el qual provoca un despreniment d'energia. Aquesta energia és alliberada en forma de calor, aquesta calor el podem anomenar "Calor per efecte Joule".

Com es pot observar tornem a tenir energia calorífica provocada per energia elèctrica, però no hem de confondre aquest efecte amb els anteriors esmentats, ja que la producció de l'energia calorífica d'aquest efecte prové per circumstancies diferents.

L'efecte Joule actua en oposició a l'efecte Peltier, ja que si apliquem a una unió de metalls l'efecte Peltier, hem de tenir en compte que la temperatura dels dos costats ve donada no sols per l'efecte Peltier, sinó per l'efecte Joule.

Això es pot resumir dient que la temperatura de la cara freda baixarà degut a l'efecte Peltier però pujarà per l'efecte Joule.

L'efecte Joule actua en contraposició a l'efecte Peltier.

Cal esmentar que l'efecte Joule no és un efecte reversible, vol dir que tant sigui el sentit del corrent elèctric que travessi el sistema sempre es produirà energia en forma de calor, degut a que sigui com sigui el sentit del corrent elèctric sempre hi haurà xocs entre electrons.

Degut això l'efecte Joule solament pot escalfar el conductor, mai refredar-lo.

La correlació matemàtica que ens permet calcular aquest efecte és:

$$Q_j = \rho \cdot J^2 \quad [3.4a]$$

on:

$Q_j$  : És la potència calorífica per unitat de volum generada deguda a l'efecte Joule  $[\frac{W}{m^3}]$ .

$\rho$  : És la resistivitat elèctrica del conductor  $[\Omega \cdot m]$ .

$J$  : És la densitat de la corrent elèctrica que circula pel conductor  $[\frac{A}{m^2}]$ .

Tot sovint, l'efecte Joule a través d'un conductor elèctric s'expressa de la forma següent:

$$Q = I^2 \cdot R = I^2 \rho \cdot \frac{l}{S} \quad [3.4b]$$

On:

Q: És la potència calorífica (calor/temps) generada per efecte Joule en el conductor [W]

I: És la intensitat del corrent elèctric que passa a través del conductor [A]

R: És la resistència elèctrica del conductor [ $\Omega$ ]

$\rho$  : És la resistivitat elèctrica del conductor [ $\Omega \cdot m$ ].

l : És la longitud del conductor [m]

S: És la secció transversal del conductor [ $m^2$ ]

### ***Efecte de Conducció interna:***

Aquest efecte consisteix en la generació de calor deguda al xoc entre àtoms veïns del propi material. També és produït pel moviment que es produeix quan els àtoms s'intercanvien els seus electrons exteriors.

Hem de recalcar que aquest no és un fenomen termoelèctric, ja que en cap cas hem parlat de corrent elèctrica. En tot cas és interessant enunciar-lo, ja que té certa influència en els dispositius termoelèctrics.

Aquest efecte el podem mesurar utilitzant la següent correlació matemàtica:

$$Q = \frac{k \cdot A \cdot (T_1 - T_2)}{L} \quad [3.5]$$

on:

Q : És la calor tramesa per unitat de temps a través del material [J/s = W].

k : És conductivitat tèrmica del material [W/m·K]

A : És l'àrea de secció perpendicular al pas de la calor [ $m^2$ ].

$T_1 - T_2$  : És la diferència de temperatures [T]

L : És la distància entre la cara freda i la cara calenta del dispositiu termoelèctric [m].

### 3.2.- Descripció

Les Cel·les Peltier estan constituïdes internament mitjançant unions de semiconductors disposades en sèrie. Cadascun d'aquests semiconductors estan recolzats en un connector que està electrònicament aïllat, però no aïllat tèrmicament.

D'aquesta manera queda format un "sanwich" de dos plaques d'alumini farcit de semiconductors en sèrie.

Els semiconductors mencionats amb anterioritat estan fabricats amb materials de Teluri i Bismut, per tal que aquests siguin del tipus N o P (són bons conductors de l'electricitat i dolents conductors de la calor), amb això s'aconsegueix facilitar el transvasament de la calor del costat fred al costat calent.

Aquests semiconductors, un de tipus N i l'altre de tipus P estan units mitjançant una petita làmina de coure.

Físicament el elements que componen una Cel·la Peltier són petits blocs de  $1\text{ mm}^3$  connectats electrònicament entre si en sèrie i tèrmicament connectats en paral·lel.

Existeixen Cel·les Peltier amb dimensions i potencials diversos. També trobem a la indústria Cel·les Peltier aïllades i no aïllades.

Distingim entre Cel·les Peltier aïllades i no aïllades en funció de que sobre o sota de les dues superfícies hi existeixi o no una capa fina de material ceràmic, necessari per tal d'aïllar les làmines de coure de les diferents cel·les. Però aquestes superfícies poden recolzar-se sobre qualsevol pla metàl·lic sense necessitat d'aïllants, o no.

Si ens trobem una Cel·la Peltier que es troba sense aïllar, serà necessari la utilització de una mica de Sil-Pad, per tal de poder transferir l'energia. Aquest tipus de mica és molt car i difícil d'aconseguir.

Les miques són materials que pertanyen a un grup nombrós de silicats d'alúmina, ferro, calci, magnesi i diferents materials alcalins, que estan caracteritzats per la seva fàcil exfoliació en primes làmines flexibles, elàstiques i molt brillants, dintre del subgrup dels filosilicats.

Els sistema de les miques tenen un sistema cristallí monoclínic.

Habitualment es solen trobar en les roques ígneas, com ara el granit i les roques metamòrfiques com ara l'esquito. Solem trobar-se dintre de roques intrusives àcides i esquitos micàcis cristalins.

Les miques formen part del grup de minerals més abundants de la naturalesa, constituint un total aproximat de un 3,8 % del pes total de l'escorça terrestre.

Es troben a la natura junt amb altres minerals (quars, feldspat) formant vetes dintre de les roques, que generalment solen ser d'una consistència dura.

Les diferents varietats principals, deguda la seva gran abundància, són la biotita i la moscovita (tipus de roca metamòrfica).

La mica va estar utilitzada ja fa molt anys en les resistències de les màquines de planxar roba, degut a que amb uns espessors de menys de 1 mm. se suportaven les altes temperatures que arribava la resistència, tenint en compte les tensions altes de 220V. Aquesta resistència que era coberta amb mica era fixada contra un altre placa metàl·lica que es cargolava aquesta.

La mica és utilitzada en l'actualitat en diverses aplicacions en les que es necessita una alta responsabilitat dels materials en el seu funcionament. Aquestes aplicacions són tals com ara màquines d'alta tensió i gran potència (on és necessari tenir un bon aïllament), turbogeneradors, sistemes elèctrics de generació de temperatura (en menor mesura, com és el cas que ens esdevé, el cas de les Cel·les Peltier sense aïllar), motors elèctrics i un grup nombrós de condensadors

La mica és un bon material per aparells que han de suportar altes temperatures degut a que manté les seves propietats fins quan aquest material s'ha escalfat fins a centenars de graus.

La mica és considerat com un material de la classe tèrmica alta (classe C segons les normativa). La mica a molt altes temperatures perd l'aigua que conté en el seu interior i perd transparència, el seu gruix augmenta i les seves propietats mecàniques i elèctriques empitjoren, aquesta temperatura en la que la mica comença a perdre l'aigua del seu interior oscil·la entre els 500 °C i els 600 °C, per la mica flogopita i entre els 800 °C i els 900 °C en la mica moscovita. La mica és un material que aguanta molt les temperatures una dada rellevant és la temperatura en que aquest material entra en estat líquid, es fon a 1.145 °C i 1.400 °C.

Les particulars característiques d'elasticitat, flexibilitat i resistència a la calor de les làmines d'aquest material fan que aquest tipus de material constitueixin un dels més preciats materials per la indústria degut a les seves propietats com a aïllants elèctrics i tèrmics.

La mica és utilitzada com aïllant en transistors de potència i com a dielèctric en capacitadors d'alta tensió.

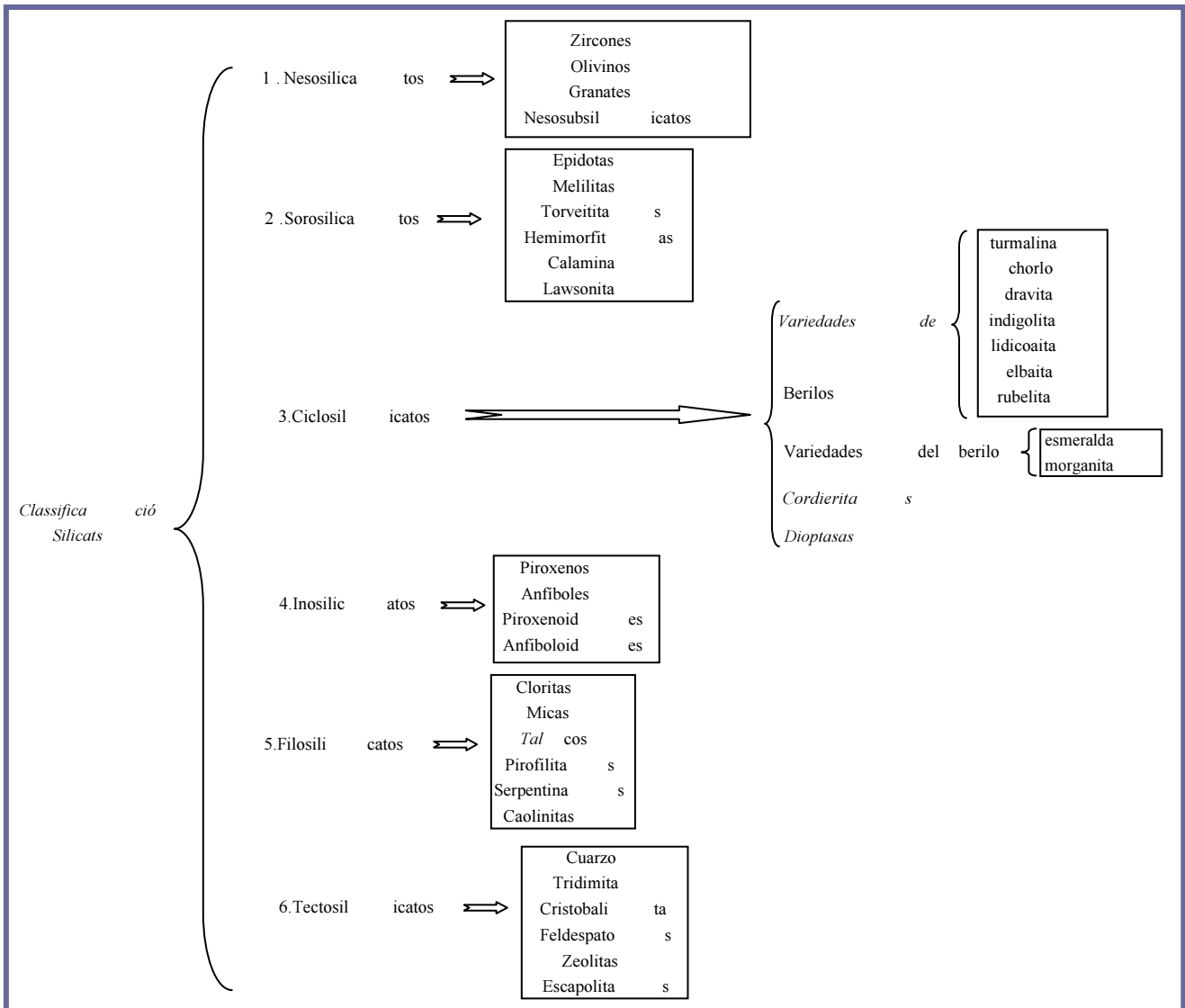


**Fotografia 3.5** Fotografia de mostres minerals de biotita. Varietat principal de les roques que contenen aquest mineral per tal de formar miques. [20]



**Fotografia 3.6** Fotografia de mostres minerals de moscovita. Junt amb la biotita formen les principal varietats amb el que es fan les miques. [20]





**Taula.3.1** Taula resum de la classificació dels diferents silicats.

Els capacitadors són instruments elèctrics que s'afegeixen en molts aparells electrònics, com per exemple són molt utilitzats en aparells musicals.

La funció d'aquest aparell és la de subministrar la potència que necessita l'aparell elèctric quan la bateria d'aquest no pot donar la potència suficient, també serveix com un dispositiu per tal de protegir els circuit electrònic que compona l'aparell elèctric contra variacions de tensió i sobrecarrega, de la mateixa forma que ho faria un fusible.

Hi ha diferents tipus de capacitadors, els quals tenen propietats i característiques físiques diferents, entre aquests tipus trobem:

- Capacitadors elèctrics d'alumini.
- Capacitadors de tantali.
- Capacitadors elèctrics ceràmics.
- Capacitadors de paper i plàstic.
- Micas i vidris.



(a)

(b)

**Fotografia 3.7** Fotografia on observem capacitadors elèctrics dissenyats per aparells musicals. (a) Capacitador elèctric d'alumini, (b) Capacitador elèctric de plàstic. Observem com tots dos models disposen de sistema de lectura digital de la potència utilitzada. [21]

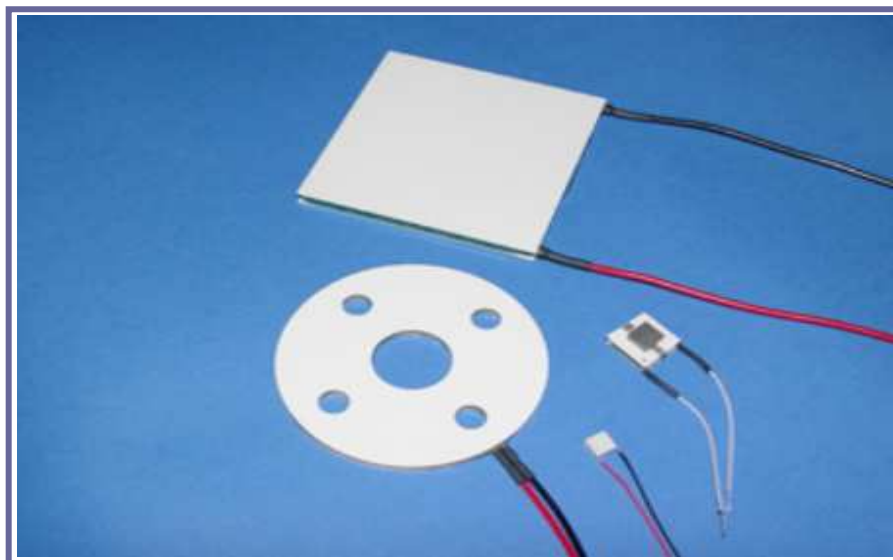


**Fotografia 3.8** Fotografia d'un Capacitador elèctric de maquinària estàndard. [21]

Les cel·les ja aïllades tenen un material ceràmic amb una resistència tèrmica molt baixa, amb el que la pèrdua de transferència es insignificant.

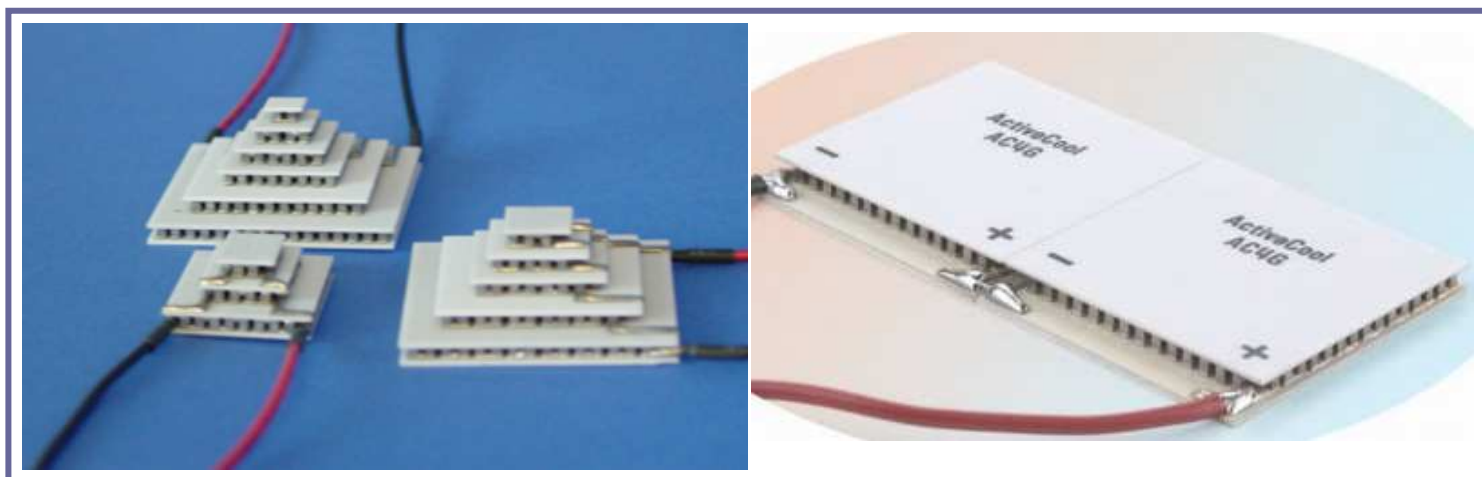
Les Cel·les Peltier solen tenir formes diverses, segons sigui la funció que aquestes han d'exercir.

Hi ha formes rodones, rectangulars triangulars, en forma de piràmide.



**Fotografia 3.9** Diferents formes de Cel·les Peltier. Observem com les Cel·les Peltier poden adoptar diferents formes i mides, rodones amb perforacions per fixacions, quadrades de molt petites dimensions. Cal veure com les mides dels diàmetres dels cables elèctrics varien segons sigui un tipus o un altre. [25]

La forma més habitual de comercialització de les Cel·les Peltier sol ser de forma quadrada i unitària, és a dir sense que estigui unida a un altre Cel·la Peltier (ja estigui en sèrie i en paral·lel).



(a)

(b)

**Fotografia 3.10** Diferents configuracions amb Cel·les Peltier, en multinivell (a) i d'un sol nivell (b). S'observa que en plaques de Cel·les Peltier en configuració multinivell permeten aconseguir salts tèrmics importants, podent arribar en alguns casos a diferències de fins a 130 °C. En els sistemes de un sol nivell no permeten salts tèrmics tant importants però son molt més fàcils de refrigerar. [25]

La forma quadrangular pot anar des de mides molt petites fins a quadrats de gran superfície.

La potència també depèn de la grandària, ja que a major potència, majors seran les seves connexions, major diàmetre dels cables elèctrics i majors gruixos de les tapes exteriors.

Actualment s'està investigant nous materials no conductors (plàstics) que gràcies als avenços científics es poden utilitzar com a conductors.

Normalment al tractar-se de sistemes elèctrics de grandària reduïda les seves soldadures cal que siguin de una grandària ben petita, ja que si no fos així repercutiria amb un consum elevat d'electricitat.

### **3.3.- Funcionament d'un dispositiu Peltier**

Bàsicament el funcionament de una Cel·la Peltier es pot simplificar en el moment en que dos metalls diferents, els quals produeixen una corrent elèctrica (degut a la transmissió d'electrons entre aquests dos materials metàl·lics amb una diferència d'electrons, això passa sempre que s'ajunten dos metalls amb diferència d'electrons, sempre es tindrà una migració d'electrons des del metall que tingui més excés d'electrons a l'altre per tal que el conjunt romangui en equilibri), quan existeix una diferència de temperatura entre les seves soldadures alternatives, l'efecte que produeix aquest fet és la producció d'electricitat. Això es conegut com efecte Seebeck tal i com ja s'ha comentat en l'apartat

#### **3.3.1.- Fonament Físic**

Si en el cas que en el mateix circuit elèctric es fa passar una corrent elèctrica per tot el conjunt, aquest intentarà tornar a la condició inicial, de tal manera que tindrà que absorbir energia externa en una junta i cedir-la en l'altre.

Si fem passar una corrent elèctrica a través d'un circuit de dos metalls soldats, una de les soldadures es refredarà mentre que l'altre es escalfarà, actuant el sistema com una "bomba de calor"

Quin es refreda i quin s'escalfa?

La junta que ha rebut electrons del conductor central intercalat, oferirà més resistència al pas de la corrent perquè es comporta com si la junta fos una pila en oposició a la circulació elèctrica i es calenta.

L'altre junta es comportarà com si fos una pila en sèrie, amb la circulació de la corrent i es refredarà.

Com es pot observar el mòdul de la Cel·la Peltier presenta certes analogies amb un dispositiu com una bomba de calor, solament que podem anomenar que es tracta d'una "bomba de calor estàtica" la qual no necessita ni gas ni parts mòbils.

Vegem més detingudament aquesta afirmació:

Un dispositiu de refrigeració convencional té tres elements fonamentals: un evaporador, un compressor i un condensador.

L'evaporador representa la secció freda dintre de la qual el refrigerant, sota pressió, pot evaporar-se. El pas del refrigerant d'estat líquid a gasós necessita prendre calor del seu entorn.

El compressor funciona com una bomba per el refrigerant, que comprimint-lo fa que passi d'estat gasós a líquid restituint la seva energia calòrica.

El condensador radia les calories cedides pel refrigerant i el compressor cap a l'exterior.

Com es pot veure hi ha grans semblances entre aquests dos sistemes de bombes de calor.

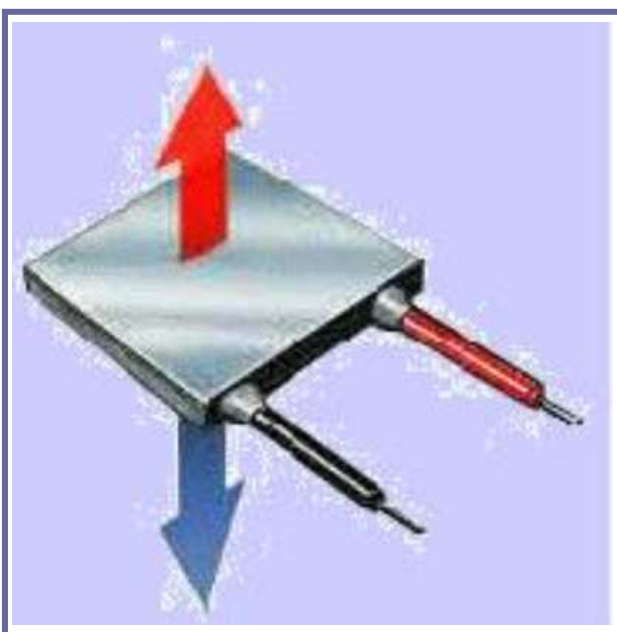
A continuació anem a explicar detingudament les dues formes en que pot treballar una Cel·la Peltier que com hem vist anteriorment poden ser elèctricament i tèrmicament.

### 3.3.2.- Funcionament elèctric

Aquest tipus de funcionament ve proporcionat directament per l'acció de l'electricitat, el que es produeix directament entre totes dues cares una diferència de temperatura.

En una de les dues cares produirà calor, mentre que en l'altre produirà l'efecte contrari. O sigui que si en una de les cares produeix una temperatura alta (calor), en l'altre produirà l'efecte contrari, una temperatura baixa (fred).

En el cas que es canvies la polaritat de l'alimentació elèctrica aquests efectes s'invertiran.



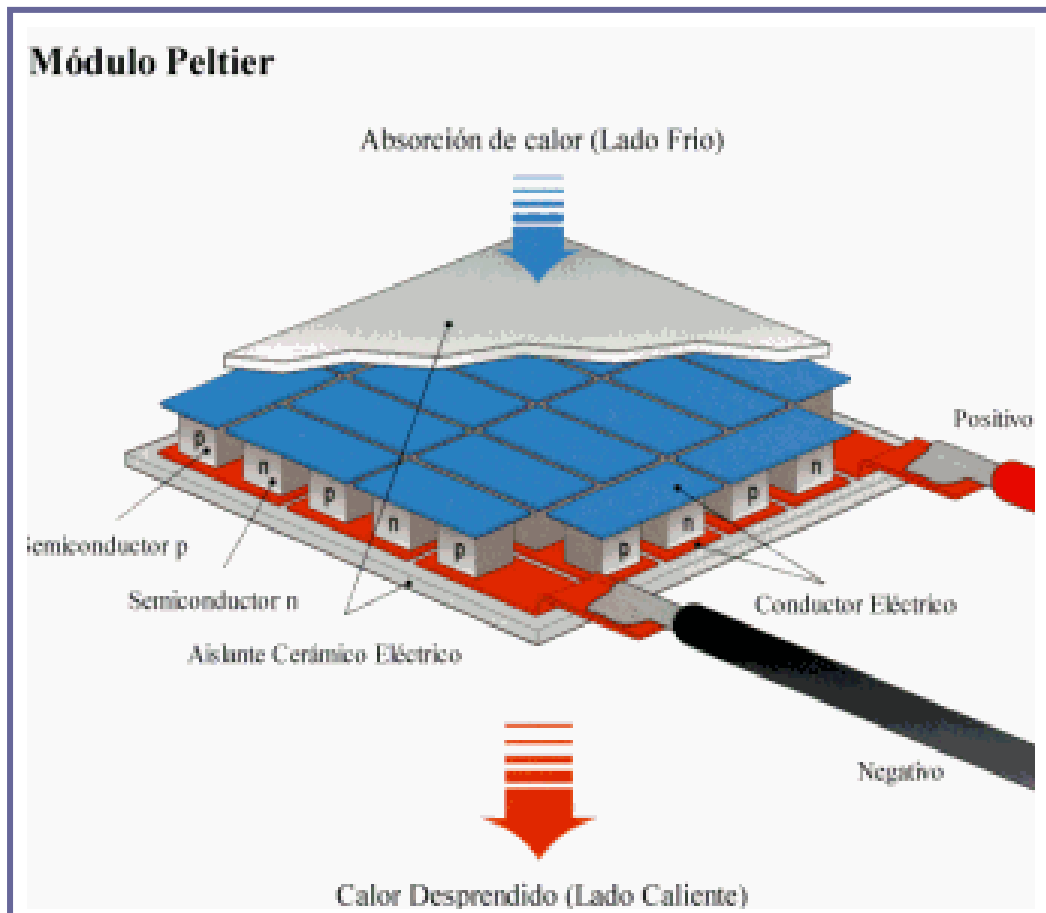
**Figura 3.6** Figura esquemàtica de les dues cares on es produeixen diferents gradients de temperatura. Es pot observar tal i com indiquen les dues fletxes les direccions de les diferents fonts de temperatura generades a la Cel·la Peltier (En la part superior de la Cel·la Peltier es genera calor i en la inferior fred). [25]

### 3.3.3.- Funcionament Tèrmic

D'una manera semblant a la generació de diferents gradients de temperatures en les dues cares de la Peltier, gràcies a l'efecte de la corrent elèctrica, és pot generar un efecte invers produint gradients de temperatura en les dues cares de la Cel·la Peltier, el que produirà l'efecte de corrent elèctrica.

De la mateixa manera que succeïa amb la corrent elèctrica, si el gradient s'inverteix la corrent elèctrica també s'invertirà.

A major gradient de temperatures major serà la corrent elèctrica generada a la Cel·la Peltier.



**Figura 3.7** Figura esquemàtica representatiu de l'efecte Peltier. Podem observar com gràcies a un gradient de temperatura en les dues cares es genera una diferencia de potencial elèctric. [25]

### 3.4.- Modelització del funcionament d'una Cel·la Peltier

A continuació farem un estudi a través dels diferents efectes físics de transmissió de la calor que succeeixen dintre de la pròpia Cel·la Peltier, [15].

Ens trobarem dintre de correlacions de models matemàtics els quals són càlculs empírics, però no utilitzats en cap cas pel dimensionalment dels sistemes que facin ús de Cel·les Peltier, ja que pel dimensionament es farà un ús d'un altre tipologia de correlacions matemàtiques més adients pel que fa al dimensionament del sistema de Cel·les Peltier.

#### 3.4.1- Estudi de les calors que intervenen dintre d'una Cel·la Peltier

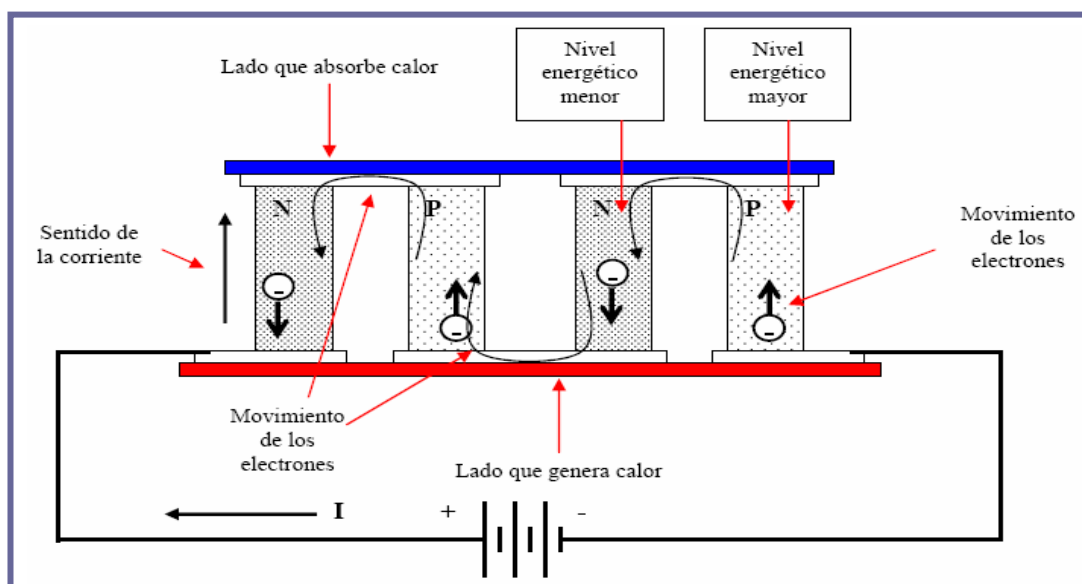
Com ja s'ha tingut l'ocasió anteriorment d'explicar els processos que succeeixen en una Cel·la Peltier, ens referirem en aquest punt al fenomen de l'efecte físic que du el nom d'aquestes Cel·les, efecte Peltier.

En el cas que ens consta i aplicant al circuit elèctric que forma la Cel·la Peltier una corrent elèctrica, aquesta corrent fa que uns electrons tinguin un moviment a través del propi material semiconductor.

Quan un electró passa de un nivell energètic superior a un altre de nivell energètic inferior, aquest allibera energia, aquesta energia és alliberada en forma de calor (es calenta).

En el cas contrari, quan un electró passa d'un nivell energètic inferior a un altre de superior, aquest absorbeix energia, l'energia absorbida és en forma de calor del propi sistema (es refreda).

A continuació podem observar una representació gràfica de la teoria desenvolupada anteriorment



**Figura 3.8** Esquema representatiu del moviment de les càrregues elèctriques. Observem com les càrregues elèctriques van de un nivell inferior a un de superior, escalfant la superfície, i de un nivell superior a un altre de inferior, refredant la superfície.[15]

En el moment en que es produeix un canvi del sentit de la corrent, també es produeix un canvi de la circulació dels electrons, això tot seguit provoca que l'electró que anteriorment viatjava d'un nivell d'energia major a un nivell d'energia menor, es trobi viatjant en el sentit contrari, de un nivell d'energia menor a un altre de major.

Això provoca que el costat que anteriorment absorbia calor, ara la generi.

Tot això ha estat explicat més extensament anteriorment, però cal remarcar aquest punt ja que aquest efecte fa que les Cel·les Peltier siguin interessants per a moltes aplicacions, ja sigui per tal d'escalfar o de refredar.

És important conèixer les propietats elèctriques de la pròpia Cel·la Peltier per tal de conèixer la tensió i la resistència per tal de fer els càlculs precisos per tal d'escollir la Cel·la Peltier més apropiada pel sistema que es dissenyi.

La potència de refrigeració o calefacció de la Cel·la Peltier depèn de la corrent d'entrada que se li doni. Tot i això, no vol dir que més corrent signifiqui que el sistema de la Cel·la Peltier tingui més refrigeració.

És per culpa de l'efecte Joule, la calor global de la Cel·la Peltier creix molt més ràpidament que el refredament de la cara que ha de refrigerar, ja que la calor generada per aquest depèn del quadrat del corrent com hem vist anteriorment.

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t \quad [3.6]$$

Amb tot això podem dir que si utilitzem la Cel·la Peltier per refrigerar hem de dissipar la màxima quantitat de calor generada per aquesta per obtenir un bon rendiment.

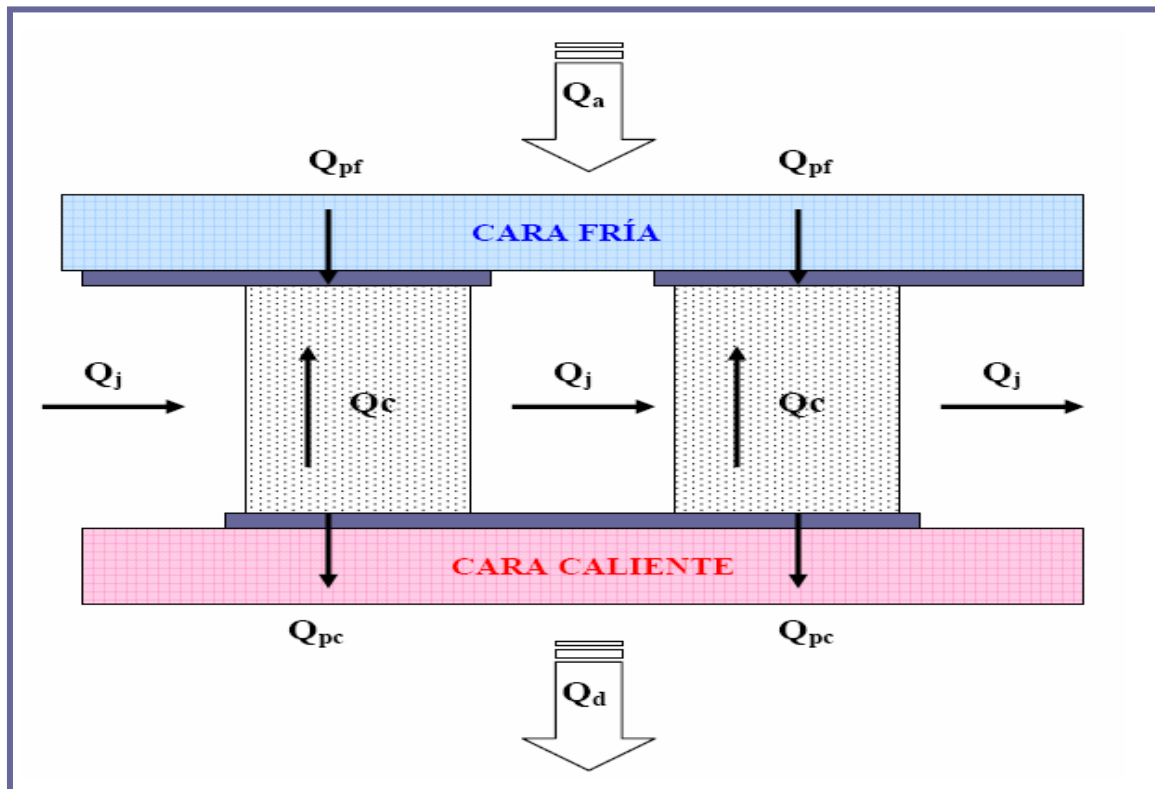
Hi haurà un nivell de corrent per la qual la cara freda tornarà a escalfar en lloc de refredar per culpa d'aquest efecte. Cal tenir present que quan hi hagi una diferència de temperatura entre les cares de la Cel·la Peltier es produirà un efecte de transmissió de calor per conducció de la part calenta a la freda.

L'efecte de transmissió de calor per conducció depèn de la diferència de temperatura, d'aquesta manera hi ha una diferència de temperatura màxima en la qual tot la calor produïda retorna al punt de partida i la Cel·la Peltier no escalfa ni refreda més. Aquesta temperatura està entre els 55 °C i 65 °C aproximadament.

$$\dot{Q}_x = -k \cdot A \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \quad [3.7]$$



A continuació representem un gràfic amb la representació de totes les transferències de calor que es presenten a les Cel·les Peltier i el lloc on estan situades dites carregues de calor.



**Figura 3.9.** Esquema representatiu de les carregues de calor que succeeix en una Cel·la Peltier. Podem observar les diferents càrregues de calor i la seva situació dins el sistema de la pròpia Cel·la Peltier.[15]

En el gràfic anterior observem les incògnites on:

- $Q_a$ : Calor total absorbit per la Cel·la Peltier. (W)
- $Q_d$ : Calor total dissipat per la Cel·la Peltier. (W)
- $Q_{pf}$ : Calor absorbit per efecte Peltier. (W)
- $Q_{pc}$ : Calor dissipat per efecte Peltier. (W)
- $Q_c$ : Calor generat per efecte de la conducció interna. (Part de la calor de la part calenta torna a la cara freda per la diferència de temperatura). (W)
- $Q_j$ : Calor generat per efecte Joule. (Calor generat pel nivell de corrent. (W)

Per tal de realitzar el càlcul de la calor total absorbida o dissipada en cadascuna de les cares és funció de totes les transferències de temperatura generades pels diferents efectes termoelèctrics.

És d'aquesta manera que tenim la calor generada o absorbit per efecte Peltier es pot trobar a través de la següent correlació matemàtica:

$$Q_{pc} = \pi_{xy} \cdot I \quad [3.8]$$

$$Q_{pf} = \pi_{xy} \cdot I \quad [3.9]$$

Prenent les equacions de Thompson que relacionen els efectes Seebeck i Peltier, que es tracta de la correlació següent:

$$\pi_{xy} = \alpha_{xy} \cdot T \quad [3.10]$$

I per tant arribem a les següents correlacions matemàtiques substituint la correlació anterior amb les correlacions inicials de la calor produïda per efecte Peltier tant en la cara freda com en la calenta:

$$Q_{pc} = \alpha_{xy} T_c \cdot I \quad [3.11]$$

$$Q_{pf} = \alpha_{xy} T_f \cdot I \quad [3.12]$$

Amb les correlacions anteriors estem ja preparats per tal de calcular la calor dissipat o absorbit per efecte Peltier en funció del paràmetre Seebeck que fa el càlcul més senzill.

Per tal de calcular les pèrdues de calor generades per l'efecte Joule per unitat de temps s'expressen amb la correlació següent:

$$Q_j = I^2 \cdot R \quad [3.13]$$

La anterior correlació ve referenciada a la calor generada globalment per la Cel·la Peltier, si es vol estudiar les cares individualment tenim les correlacions que s'observen a continuació, on en cadascuna de les cares de la Cel·la Peltier l'efecte es parteix per la meitat, d'aquesta manera::

$$Q_{jc} = \frac{1}{2} \cdot I^2 \cdot R \quad [3.14]$$

$$Q_{jf} = \frac{1}{2} \cdot I^2 \cdot R \quad [3.15]$$

La diferència de temperatura entre cares genera una transferència de calor per conducció interna que s'expressa amb:

$$Q_c = \frac{(T_c - T_f)}{R_{TH}} \quad [3.16]$$

a on:

$$R_{TH} = \frac{l}{k \cdot A} \quad [3.17]$$

Y treballant amb les dos equacions anteriors trobem la correlació següent:

$$Q_{ct} = k \cdot A \cdot \frac{(T_c - T_f)}{l} \quad [3.18]$$

Per cada un dels semiconductors on hi circula un corrent elèctric, provoca que es generin unes pèrdues de calor per efecte Thompson en cadascuna de les cares i que es poden expressar ara com:

$$Q_{thc} = Q_{thf} = \frac{1}{2} \cdot \tau \cdot I \cdot \Delta T \quad [3.19]$$

Havent realitzat les correlacions de totes les carregues tèrmiques que es donen en les Cel·les Peltier podem realitzar el balanç tèrmic total en cadascuna de les cares que resulta la suma de tots els efectes tèrmics que tenen lloc a la cel·la.

En la part calenta esdeveneix la següent correlació:

$$Q_c = Q_{pc} - Q_{thc} + Q_j - Q_{ct} = \alpha_{xy} \cdot T_c \cdot I - \frac{1}{2} \cdot \tau \cdot I \cdot \Delta T + \frac{1}{2} \cdot I^2 \cdot R - \frac{(T_c - T_f)}{R_{TH}} \quad [3.20]$$

$$Q_f = Q_{pf} + Q_{thf} - Q_j - Q_{ct} = \alpha_{xy} \cdot T_f \cdot I + \frac{1}{2} \cdot \tau \cdot I \cdot \Delta T + \frac{1}{2} \cdot I^2 \cdot R - \frac{(T_c - T_f)}{R_{TH}} \quad [3.21]$$

Habitualment, en el rang de temperatures en què sol treballa una Cel·la Peltier, la transmissió de calor produïda per l'efecte Thompson sol ser insignificant en comparació amb la dels altres efectes termoelèctrics. Si es menysprea aquest efecte les equacions queden de aquesta manera:

$$Q_c = Q_{pc} + Q_j - Q_{ct} = \alpha_{xy} \cdot T_c \cdot I + \frac{1}{2} \cdot I^2 \cdot R - \frac{(T_c - T_f)}{R_{TH}} \quad [3.22]$$

$$Q_f = Q_{pf} - Q_j - Q_{ct} = \alpha_{xy} \cdot T_f \cdot I - \frac{1}{2} \cdot I^2 \cdot R - \frac{(T_c - T_f)}{R_{TH}} \quad [3.23]$$

### 3.4.2.- Potència elèctrica teòrica de la Cel·la Peltier

La potència elèctrica subministrada per la Cel·la Peltier es defineix com la diferència entre el flux calorífic entre la cara calenta i la cara freda. I es pot definir aquests efecte amb la següent correlació matemàtica:

$$P_e = Q_c - Q_f = \alpha(T_c - T_f) \cdot I - I^2 \cdot R = \alpha \cdot \Delta T \cdot I + I^2 \cdot R \quad [3.24]$$

D'aquesta manera tenim que:

$$P_e = \alpha \cdot \Delta T \cdot I + I^2 \cdot R = V_{in} \cdot I \quad [3.25]$$

### 3.4.3.- Intensitat elèctrica teòrica de la Cel·la Peltier

Amb el que es pot deduir que la tensió d'entrada a la Cel·la Peltier es troba amb la correlació matemàtica següent:

$$V_{in} = \alpha \cdot \Delta T + I \cdot R \quad [3.26]$$

### 3.4.4.- Coeficient de rendiment de la Cel·la Peltier

Es defineix un coeficient de rendiment (COP: coeficient of performance) en la Cel·la Peltier, i es calcula com la calor absorbida per la potència elèctrica necessària per a refrigerar.

$$COP = \frac{Q_f}{P_e} \quad [3.27]$$

Referint-nos al coeficient de rendiment de una Cel·la Peltier podem extreure que com més s'apropi el valor del COP a 1 més eficient serà la Cel·la Peltier.

Que el COP sigui 1 significa que tota la potència elèctrica d'entrada és utilitzada per a la refrigeració de la cara freda del mòdul.

Aquest paràmetre sempre serà més petit que 1 ja que una part de la potència de entrada es perd en forma de calor dissipat a la cara calenta pels efectes termoelèctrics. Desenvolupant l'equació del COP amb les següents equacions avans mostrades trobem que:

$$Q_c = Q_{pc} + Q_j - Q_{ct} = \alpha_{xy} \cdot T_c \cdot I + \frac{1}{2} \cdot I^2 \cdot R - \frac{(T_c - T_f)}{R_{TH}} \quad [3.28]$$

$$Q_f = Q_{pf} - Q_j - Q_{ct} = \alpha_{xy} \cdot T_f \cdot I - \frac{1}{2} \cdot I^2 \cdot R - \frac{(T_c - T_f)}{R_{TH}} \quad [3.29]$$

$$P_e = Q_c - Q_f = \alpha(T_c - T_f) \cdot I - I^2 \cdot R = \alpha \cdot \Delta T \cdot I + I^2 \cdot R \quad [3.30]$$

Operant amb aquestes correlacions trobem que:

$$COP = \frac{\alpha_{xy} \cdot T_f \cdot I - \frac{1}{2} \cdot I^2 \cdot R - \frac{(T_c - T_f)}{R_{TH}}}{\alpha \cdot \Delta T \cdot I + I^2 \cdot R} \quad [3.31]$$

Per tal de trobar el coeficient de rendiment màxim hem de derivar aquesta expressió respecte a la corrent i seguidament igualar-la a 0 (buscarem el màxim en la gràfica del rendiment).

$$\frac{\partial COP}{\partial I} = 0 \quad [3.32]$$

El corrent per la qual el rendiment és màxim el podem trobar treballant amb aquesta equació resultat de la derivada anterior, llavors ens queda:

$$I_{COP_{max}} = \frac{\alpha \cdot \Delta T}{R \cdot \left( \sqrt{1 + \frac{\alpha^2 \cdot \Delta T}{2 \cdot k \cdot R}} - 1 \right)} \quad [3.33]$$

Si a continuació substituïm aquesta expressió del corrent en l'expressió del rendiment obtindrem la equació del rendiment màxim.

$$COP_{max} = \frac{T_f}{T_e - T_f} \cdot \frac{\sqrt{1 + \frac{\alpha^2 \cdot \Delta T}{2 \cdot k \cdot R}} - \frac{T_e}{T_f}}{\sqrt{1 + \frac{\alpha^2 \cdot \Delta T}{2 \cdot k \cdot R}} + 1} \quad [3.34]$$

Si pretenem esbrinar quina serà la corrent d'entrada a la Cel·la Peltier per a la qual el refredament és màxim haurem de derivar l'expressió de la calor absorbit per aquest corrent i seguidament igualant-lo a l'expressió a 0 (trobarem el màxim de la gràfica de la calor absorbit); es realitza de la següent forma d'aquesta manera:

$$\frac{\partial Q_f}{\partial I} = 0 \Rightarrow I = \frac{\alpha_{xy} \cdot T_c}{R} \quad [3.35]$$

Si ens disposem i substituïnt aquesta expressió del corrent en l'equació del COP obtindrem el rendiment que dona la Cel·la Peltier quan el refredament és màxim.

$$COP_{Q_f \max} = \frac{\frac{\alpha^2 \cdot T_f}{2 \cdot k \cdot R} - \Delta T}{\frac{\alpha^2 \cdot \Delta T}{k \cdot R}} \quad [3.36]$$

El coeficient de rendiment en mode escalfador, per tal de calcular el seu rendiment en el supòsit en que el sistema Peltier tingués que escalfar ve expressat com:

$$COP_H = \frac{Q_c}{P_e} \quad [3.37]$$

Com la potència d'entrada ve definida com  $P_e = Q_c - Q_f$  el coeficient de rendiment en mode escalfador sempre serà més gran que 1.

$$COP_H = \frac{Q_c}{Q_c - Q_f} > 1 \quad [3.38]$$

Tot això vol dir que a la calor generada a la cara calenta per la potència d'entrada a la Cel·la Peltier se li suma la calor generada per l'absorció de calor de la cara freda, de manera que la calor total generat supera el de la potència d'entrada.

### 3.4.5.- La màxima capacitat de bombeig de la Cel·la Peltier

La màxima capacitat de bombeig la podem obtenir substituint el valor de la corrent per a un refredament màxim obtingut ja anteriorment, en l'expressió de la quantitat de valor absorbit. D'aquesta manera la calor màxim absorbit la podem trobar amb la següent expressió matemàtica que és:

$$Q_{f \max} = \frac{\alpha_{xy}^2 \cdot T_f^2}{2 \cdot R} \quad [3.39]$$

Si es troba en el supòsit de la calor absorbida és màxima la diferència de temperatura és nul·la.

### 3.4.6.- La màxima temperatura diferencial de la Cel·la Peltier

Si ens disposem a eliminar la juntura freda el rendiment cau a 0 i la diferència de temperatura es torna màxima, això es pot expressar com:

$$\Delta T_{\max} = \frac{\alpha^2 T_f^2}{2 \cdot R \cdot k} \quad [3.40]$$

### 3.4.7.- La “figura de mèrit” de la Cel·la Peltier

Existeix un paràmetre de mesura del comportament d'una Cel·la Peltier o un material que es ve anomenat com a “figura de mèrit”.

Aquest és funció de l'efecte termoelèctric Seebeck, la resistència elèctrica i el coeficient de conductivitat.

Aquesta “figura de mèrit” ( Z ) ve representada per l'equació matemàtica següent:

$$Z = \frac{\alpha \cdot T_f}{R} \quad [3.41]$$



### 3.4.8.- Coeficients de la Cel·la Peltier

Per tal de realitzar el càlcul del flux de calor en un Cel·la Peltier, cal conèixer el valor dels paràmetres Seebeck ( $\alpha$ ), de resistència (R) i de conductància (K) que la governen.

Aquests són dependents de la temperatura i es poden expressar en forma polinòmica.

#### 3.4.8.1.- Coeficient Seebeck de la Cel·la Peltier

El coeficient Seebeck d'una Cel·la Peltier es pot expressar com:

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 \cdot T + \alpha_3 \cdot T^2 + \alpha_4 \cdot T^3 \quad [3.42]$$

On:

$\alpha$ : Coeficient Seebeck del mòdul [V / ° K]

T: Temperatura mitjana del mòdul [° K]

Aquesta expressió és considerada vàlida quan la diferència de temperatura entre cares és 0. Si la diferència de temperatura és > 0 els coeficients Seebeck de cadascuna de les cares les expressarem com:

$$\alpha_{T_c} = \alpha_1 \cdot T_c + \frac{\alpha_2 \cdot T_c^2}{2} + \frac{\alpha_3 \cdot T_c^3}{3} + \frac{\alpha_4 \cdot T_c^4}{4} \quad [3.43]$$

$$\alpha_{T_f} = \alpha_1 \cdot T_f + \frac{\alpha_2 \cdot T_f^2}{2} + \frac{\alpha_3 \cdot T_f^3}{3} + \frac{\alpha_4 \cdot T_f^4}{4} \quad [3.44]$$

On::

$\alpha_{T_c}$  : Coeficient Seebeck de la cara calenta.

$\alpha_{T_f}$  : Coeficient Seebeck de la cara freda.

$T_C$  : Temperatura de la cara calenta.

$T_F$  : Temperatura de la cara freda.

El coeficient Seebeck total queda com:

$$\alpha = \frac{(\alpha_{T_c} - \alpha_{T_f})}{\Delta T} \quad [3.45]$$

Per a un mòdul de 71 termoparells, 6 Ampers, un Rang de temperatures  $-100 \text{ }^\circ\text{C} \sim 150 \text{ }^\circ\text{C}$  obtindrem els següents coeficients:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 1.33450 \cdot 10^{-2} \\ \alpha_2 &= -5.37574 \cdot 10^{-5} \\ \alpha_3 &= 7.45731 \cdot 10^{-7} \\ \alpha_4 &= -1.27141 \cdot 10^{-9} \end{aligned}$$

### 3.4.8.2.- Coeficient de la resistència elèctrica de la Cel·la Peltier

El paràmetre de resistència elèctrica de la Cel·la Peltier també depèn de la temperatura i la expressem com:

$$R = r_1 + r_2 \cdot T + r_3 \cdot T^2 + r_4 \cdot T^3 \quad [3.46]$$

On:

R: Resistència elèctrica del mòdul [W]

T: Temperatura mitjana del mòdul [K]

La expressió anterior és vàlida només en quan la diferència de temperatura entre cares és igual a 0 (de la mateixa manera que passava amb el càlcul del coeficient Seebeck).

D'aquesta manera la resistència elèctrica de cadascuna de les cares es calcula amb l'expressió següent:

$$R_{T_c} = r_1 \cdot T_c + \frac{r_2 \cdot T_c^2}{2} + \frac{r_3 \cdot T_c^3}{3} + \frac{r_4 \cdot T_c^4}{4} \quad [3.47]$$

$$R_{T_f} = r_1 \cdot T_f + \frac{r_2 \cdot T_f^2}{2} + \frac{r_3 \cdot T_f^3}{3} + \frac{r_4 \cdot T_f^4}{4} \quad [3.48]$$

On:

$R_{T_c}$ : Resistència elèctrica de la cara calenta a temperatura  $T_c$ .

$R_{T_f}$ : Resistència elèctrica de la cara calenta a temperatura  $T_f$ .

$T_c$ : Temperatura de la cara calenta [K].

$T_f$ : Temperatura de la cara freda [K].

La resistència elèctrica total queda com:

$$R = \frac{(R_{T_c} - R_{T_f})}{\Delta T} \quad [3.49]$$

Per a un mòdul de 71 termoparells, 6 Amperes, Rang de temperatures  $-100^\circ \text{C} \sim 150^\circ \text{C}$  s'obtenen els següents coeficients:

$$\begin{aligned} r_1 &= 2.08317 \\ r_2 &= -1.98763 \cdot 10^{-2} \\ r_3 &= 5.53832 \cdot 10^{-5} \\ r_4 &= -9.03143 \cdot 10^{-8} \end{aligned}$$

### 3.4.8.3.- Coeficient de la conductància tèrmica de la Cel·la Peltier

El paràmetre de conductància tèrmica de la Cel·la Peltier, igual que els paràmetres anteriors, també és dependent de la temperatura i pot expressar-se com:

$$k = k_1 + k_2 \cdot T + k_3 \cdot T^2 + k_4 \cdot T^3 \quad [3.50]$$

On:

K: Conductància tèrmica del mòdul [W / K]

T: Temperatura mitjana del mòdul [K]

Ja que el paràmetre depèn de la temperatura les expressions per a cadascuna de les cares (Calenta i freda) són:

$$k_{T_c} = k_1 \cdot T_c + \frac{k_2 \cdot T_c^2}{2} + \frac{k_3 \cdot T_c^3}{3} + \frac{k_4 \cdot T_c^4}{4} \quad [3.51]$$

$$k_{T_f} = k_1 \cdot T_f + \frac{k_2 \cdot T_f^2}{2} + \frac{k_3 \cdot T_f^3}{3} + \frac{k_4 \cdot T_f^4}{4} \quad [3.52]$$

On:

$K_{T_c}$ : Conductància tèrmica de la cara calenta a una temperatura  $T_c$ .

$K_{T_f}$ : Conductància tèrmica de la cara freda a una temperatura  $T_f$ .

$T_c$ : Temperatura de la cara calenta [K].

$T_f$ : Temperatura de la cara freda [K].

La conductància total de la Cel·la Peltier queda com:

$$k = \frac{(k_{T_c} - k_{T_f})}{\Delta T} \quad [3.53]$$

Per a un mòdul de 71 termoparells, 6 Ampers, Rang de temperatures  $-100^\circ \text{C} \sim 150^\circ \text{C}$  es obtenen els següents coeficients:

$$\begin{aligned}k_1 &= 4.76218 \cdot 10^{-1} \\k_2 &= -3.89821 \cdot 10^{-6} \\k_3 &= -8.64864 \cdot 10^{-6} \\k_4 &= 2.20868 \cdot 10^{-8}\end{aligned}$$

#### 3.4.8.4.- Coeficients per a qualsevol Cel·la Peltier

Els coeficients anteriors han estat calculats per a una Cel·lula Peltier de 71 termoparells i 6 Ampers.

Per poder calcular els coeficients de qualsevol Cel·la Peltier hem d'aplicar les següents conversions:

$$\alpha_{nou} = \alpha \cdot \frac{N_{nou}}{71} \quad [3.54]$$

$$R_{nou} = R \cdot \frac{6}{I_{nou}} \cdot \frac{N_{nou}}{71} \quad [3.55]$$

$$k_{nou} = k \cdot \frac{6}{I_{nou}} \cdot \frac{N_{nou}}{71} \quad [3.56]$$

On:

$\alpha_{nou}$ : Coeficient Seebeck de la nova Cel·la Peltier.

$R_{nou}$ : Resistència elèctrica de la nova Cel·la Peltier.

$K_{nou}$ : Conductància tèrmica de la nova Cel·la Peltier.

$N_{nou}$ : Nombre de termoparells de la nova Cel·la Peltier.

$I_{nou}$ : Corrent òptima o màxima de la nova Cel·la Peltier.

### 3.5.- Aplicacions dels dispositius Peltier

Hi ha diverses aplicacions pels sistemes amb Cel·les Peltier. Vegem a continuació una visió de la seva evolució i acabem fent un petit resum d'aquestes aplicacions.

L'efecte Seebeck es va utilitzar durant la guerra per tal de generar electricitat utilitzant collarets bimetal·lics en les llums de querosè, no es produïa molta corrent elèctrica però era la suficient per tal d'operar els receptors de radio.

Posteriorment es va utilitzar per tal de donar energia a amplificadors en els cables submarins de comunicació utilitzant isòtops per tal de escalfar les unions i la pròpia mar per tal de refredar-los.

En la guerra les aplicacions sobre l'efecte Peltier no varen tenir tant d'us fins a l'arribada dels materials semiconductors degut a que els materials bimetal·lics són molt més eficients.

En quant a l'efecte Thomson (en un circuit de un únic material conductor, on segons el sentit del pas de la corrent elèctrica, el conductor emetrà o absorbirà calor, el conductor es refreda o s'escalfa) mai se li ha trobat una aplicació específica.

En quant al descobriment fet per Jean Charles Peltier inicia el seu desenvolupament pràctic en la carrera espacial. Essent Rússia i més tard els Estats Units, els quals ho varen aplicar per tal de refredar o escalfar els components dels satèl·lits.

Comentem a continuació les seves aplicacions:

Les aplicacions d'aquest sistema d'escalfament són bastant limitades. S'han utilitzat Cel·les Peltier en els camps de la biomedicina, sistemes làser, refredament i escalfament de fluids en els laboratoris.

Actualment es produeixen aparells refrigeradors elèctrics i aparells d'aire acondicionats amb aquesta tecnologia, aportant com a efecte important el seu baix cost i l'absència de fluorcarbonats.

Podem destacar aplicacions mèdiques, tals com equips de refredament en petites neveres, petits armaris elèctrics, tecnologia d'equips mèdics (conservació de plasma, transport d'òrgans, etc...)

Les aplicacions en laboratori van des del manteniment de mostres en condicions de refrigeració fins a la estabilització de temperatures en instruments sensibles, passant per instruments analítics, làsers mèdics, equipament de laboratori, PCR-cicles tèrmics.

Possiblement en un futur proper viurem una expansió d'aquesta tecnologia en diversos sectors que estan en un inici d'exploració, mantes o roba tèrmica que puguin donar calor o fred segons les necessitats de l'usuari, refrigeracions d' aparells electrònics...



**Figura 3.10** Figura d'un làser refrigerat pel sistema Peltier. Observem com aquest sistema es prou petit i maniobrable per referir-se a un làser mèdic. [10]



**Figura 3.11** Figura d'un sistema làser clínic. Observem que la grandària en aquest tipus de làser és més gran que l'anterior degut a la potència requerida per l'aparell i per les característiques tècniques d'aquest. [10]

Aplicacions Mèdiques i de laboratori
Refredament en petites neveres
Petits armaris elèctrics
Tecnologia d'equips mèdics (conservació de plasma, transport d'òrgans, etc...)
Manteniment de mostres en condicions de refrigeració estabilització de temperatures en instruments sensibles
Instruments analítics
Làzers mèdics
Equipament de laboratori
PCR-cicles tèrmics

**Taula.3.2** Taula de les principals aplicacions mèdiques de les Cel·les Peltier. Podem observar com hi ha bastants aplicacions mèdiques a l'actualitat on s'utilitza les Cel·les Peltier, sent en algun dels casos aplicacions on es necessita molta qualitat per tal d'evitar mal funcionaments.

Si ens centrem en aplicacions elèctriques i industrials veurem que en els últims 10 anys s'ha experimentat un gran avanç en les capacitats i diversificació de sistemes amb efecte Peltier podent-se aplicar en equips de major grandària.

Trobem aplicacions industrials en armaris elèctrics industrials, sistemes de telecomunicació, sistemes de conservació de vi, automoció, ferrocarril...

Aplicacions elèctriques i industrials
Armaris elèctrics industrials
Sistemes de Telecomunicació
Sistemes de conservació de vi
Indústria automobilística
Ferrocarrils
Refredament de fluids
Refredament de cabines

**Taula 3.3** Taula de les principals aplicacions elèctriques i industrials. Observem com són una bona quantitat aquestes aplicacions, endinsant-se en la indústria del transport (automoció i ferrocarril) i en la indústria elèctrica.



En la indústria dels aparells domèstics i alimentació trobem varies aplicacions.

Observem que aquest és encara un mercat en expansió i en estudi ja que com observem comparades amb les aplicacions anteriors descrites hi trobem poques aplicacions.

Tenim vitrines de refrigeració d'aliment dels punts de venda (Caprabo, Dia, Lidl...)

Sistemes de refrigeració de begudes.

Petits refrigeradors domèstics.

Contenidors pel transport d'aliments.

Aplicacions
Indústria domèstica i alimentació
vitrines de refrigeració d'aliment
Sistemes de refrigeració de begudes
Petits refrigeradors domèstics.
Contenidors pel transport d'aliments

*Taula 3.4* Taula de les principals aplicacions domestica i en alimentació. Es pot observar com hi ha poques, un camp encara per explotar per les Cel·les Peltier.

### 3.6.- Avantatges i inconvenients de les Cel·les Peltier

Si bé les Cel·les Peltier són un producte amb una gran diversitat de dimensions tant variants i amb una gran fiabilitat no deixa de tenir una sèrie d'inconvenients els quals descriurem a continuació breument.

En primer lloc observem que les plaques refrigeradores que s'acoblen a la Cel·la Peltier tenen mides diferents degut a les diferents tipus de temperatures que han de evacuar.

La placa que refreda absorbeix calor, aquest calor que absorbeix és proporcional a la corrent que hi circula, en canvi la placa que calenta ho fa mitjançant la suma del calor absorbit més el calor que la corrent elèctrica genera. És per això que la placa dissipadora del costat calent ha de ser més gran, i segons els casos ha de dur un ventilador per tal de provocar una convecció forçada.

Per un altre part observem que les Cel·les Peltier tenen un gran consum de potència elèctrica. Un sistema Peltier no podria abastir les necessitats de una refrigeradora domèstica, encara que si que pot, i està en ús actualment, per petites neveres portàtils que solen estar alimentades per bateries d'automòbil.

En un sistema hipotètic proposat de Cel·la Peltier podem calcular que aquest consumeix uns 48 watts de potència, i per tant un sistema de piles ,per tal de generar electricitat pel sistema, no servirien.

En general els sistemes Peltier són encara sistemes poc eficients amb l'electricitat, i presenten greus problemes de una fallida de funcionament prematura degut a les diferències entre plaques. Aquestes diferències entre les dues plaques produeixen en molts casos forces de dilatació, que poden provocar fissures en els semiconductors interns i per tant el funcionament de la placa finalitza.

Depenent de la temperatura i la humitat de l'ambient poden produir-se en alguns casos condensació, fins al punt de formar-se gel.

Però no tot són inconvenients en els sistemes Peltier.

Els sistemes de funcionament amb Cel·les Peltier suporten condicions extremes tals com calor abrasador, humitat corrosiva, resisteixen els cops i vibracions de les màquines a les que refrigeren, i tot això mantenint un alt rendiment i exactitud en el seu funcionament.

En quant a la legislació ambiental, que cada dia és molt més estricta, no afecta als sistemes de utilització de Cel·les Peltier, ja que el sistema de refredament o escalfament utilitzant tecnologia Peltier no produeix cap impacte negatiu sobre el medi ambient, això és gràcies a que el procés de la generació de fred calor, es produeix únicament mitjançant electricitat, sense cap tipus de gas nociu pel medi ambient del tipus CFC, a més el sistema no necessita de recarregues d'aquest tipus de gas nociu pel seu funcionament ni pel seu manteniment.

Observem que físicament els elements de un mòdul Peltier estan constituïts per petits blocs de  $1 \text{ mm}^3$  connectats electrònicament en sèrie i tèrmicament en paral·lel. Si es tenen en compte les seves reduïdes dimensions d'aquest tipus de sistemes, en una porció de uns mil·límetres escassos, podem veure que una cola Cel·la Peltier pot arribar com a màxim a una potència frigorífica de 0,5 watts. No és una potència molt elevada però si tenim en compte la grandària que aquesta ocupa és molt per la grandària d'aquesta.

D'un altre banda per tal d'aconseguir potències frigorífiques de 15 a 20 watts, s'han de construir bateries que han d'estar formades per com a mínim 30 o 40 Cel·les Peltier. De fet si augmentem el numero de Cel·les Peltier també augmenta la superfície irradiant i per tant la potència refrigerant.

Podem extreure que els sistemes amb tecnologia Peltier encara que consumeixen prou electricitat tenen un bon funcionament en condicions adverses, cosa que altres sistemes no podrien treballar correctament, a més la seva petita grandària i diferents formes juguen al seu favor per les diferents localitzacions en les que es pot emplaçar aquest sistema dintre de un dispositiu, una màquina, etc...

### 3.7.- Qualitat de les diferents Cel·les Peltier

La qualitat de les Cel·les Peltier ve representada per la seva capacitat de produir una temperatura (tant fred com a calor) així com per la qualitat dels materials, i com els acabats de la mateixa.

Tot aquest conjunt de qualitats esmentades faran que tant el funcionament com la mateixa vida útil de la Cel·la Peltier sigui superior o inferior que d'altres cel·les que tinguin menor qualitats que aquella.

És important fer un petit incís en que les unions interiors d'una Cel·la Peltier tenen una gran importància, ja que depenent de la grandària de la soldadura i la qualitat d'aquesta soldadura produiran directament sobre la Cel·la Peltier que el consum d'energia sigui major o que la vida útil d'aquesta s'escurci o s'allargui depenent de la qualitat de les soldadures.

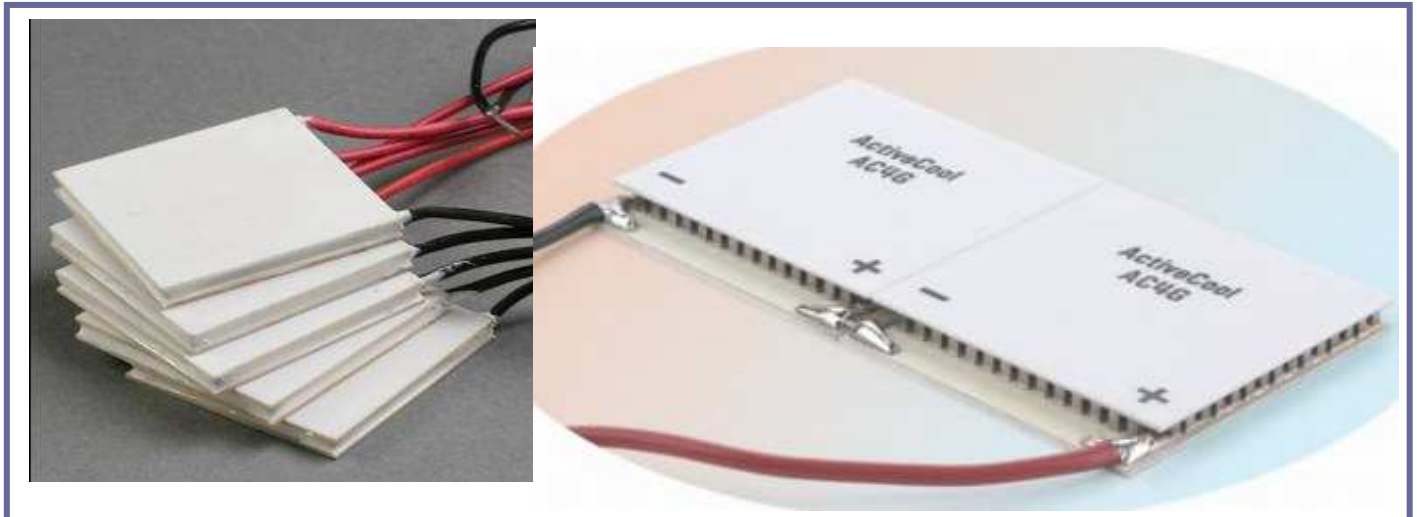
Amb una inspecció visual es pot fer una idea de la qualitat que pot tenir una Cel·la Peltier, ja sigui per la presentació d'aquesta com per les terminacions.

És important fixar-nos en les tapes exteriors, que són al cap i a la fi les encarregades de donar temperatura al component amb el que estan en contacte. Aquestes tapes poden estar construïdes de diferents materials, alguns més adaptats que d'altres per transmetre la calor. És així doncs que materials ceràmics estaran millor adaptats a la transmissió de la calor, però són molt més fràgils a les vibracions, cops, etc...

S'ha de trobar el equilibri indicat a la funció i el lloc on se situarà la Cel·la Peltier per tal d'assegurar una llarga durada de la vida de la Cel·la Peltier.



*Fotografia 3.11 Qualitats de Cel·les Peltier. Observem com les dues Cel·les Peltier del primer pla tenen visualment qualitats diferents, observant- si com en una s'observen les terminacions interiors i en l'altre aquestes terminacions han estat tapades per evitar contacte amb l'exterior. [25]*



**Fotografia 3.12** Comparativa qualitats de Cel·les Peltier. Observem amb més claredat la diferencia de qualitats visualment. (a) En una les unions interiors estan tapades i les soldadures són petites. (b) En l'altre les unions interiors estan en contacte amb l'exterior i les soldadures es poden apreciar que son de gran grandària. [25]

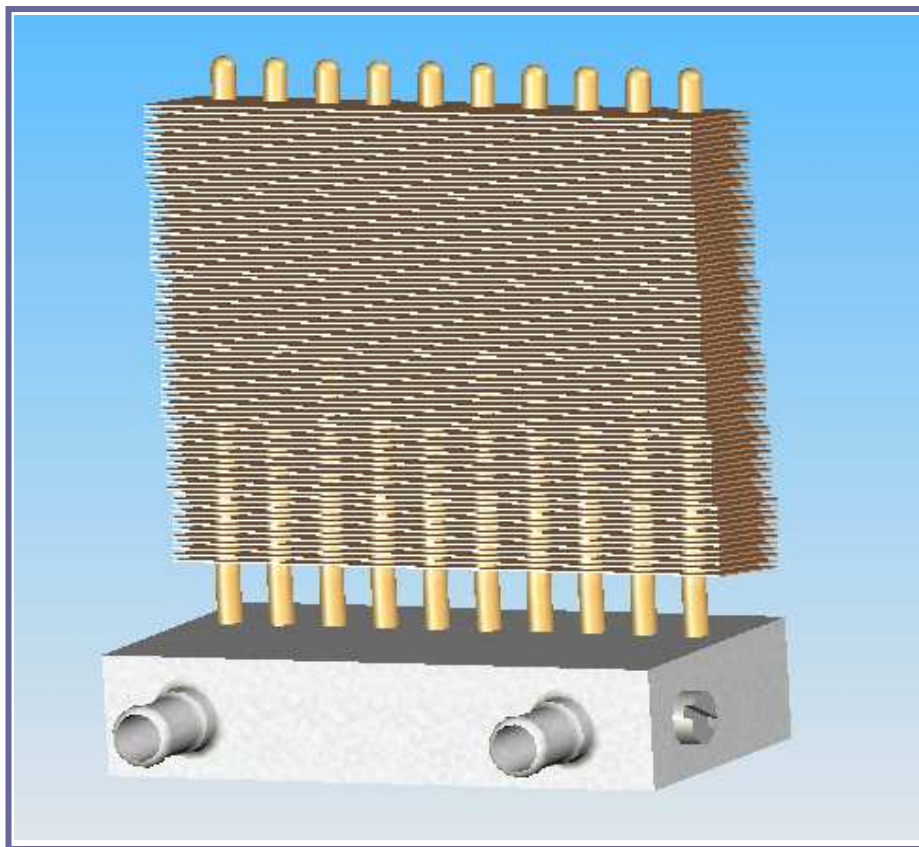
Una altre dada rellevant que cal esmentar que diferencia unes Cel·les Peltier d'altres és la disposició que aquestes tenen respecte les superfícies de contacte. Aquestes superfícies poden ser aïllades o sense aïllar depenent si les Cel·les Peltier porten una capa o no de material ceràmic, que és necessari per tal d'aïllar les làmines de coure de les diferents cel·les, tot això ja ha estat explicat al punt 3.2 Descripció.

### 3.8.- Justificació de l'elecció del sistema de regulació de la temperatura per l'aliment: Ús de Cel·les Peltier

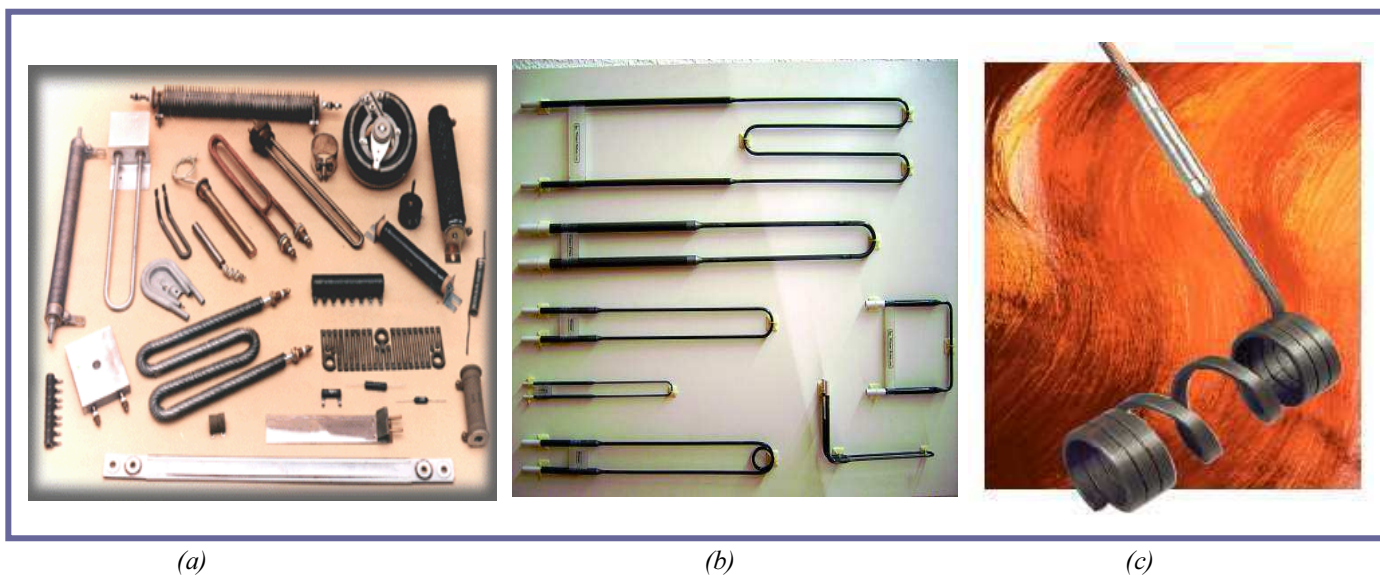
Els diferents sistemes tèrmics i electrotèrmics, els quals s'han tingut en compte per tal de fer un estudi i descartar els sistemes que estan fora de l'abast a l'hora de dissenyar el nostre dispositiu han estat: l'ús de "Heat-Pipes", resistències elèctriques, Cel·les Peltier, escalfament a través d'un radiador d'aigua.



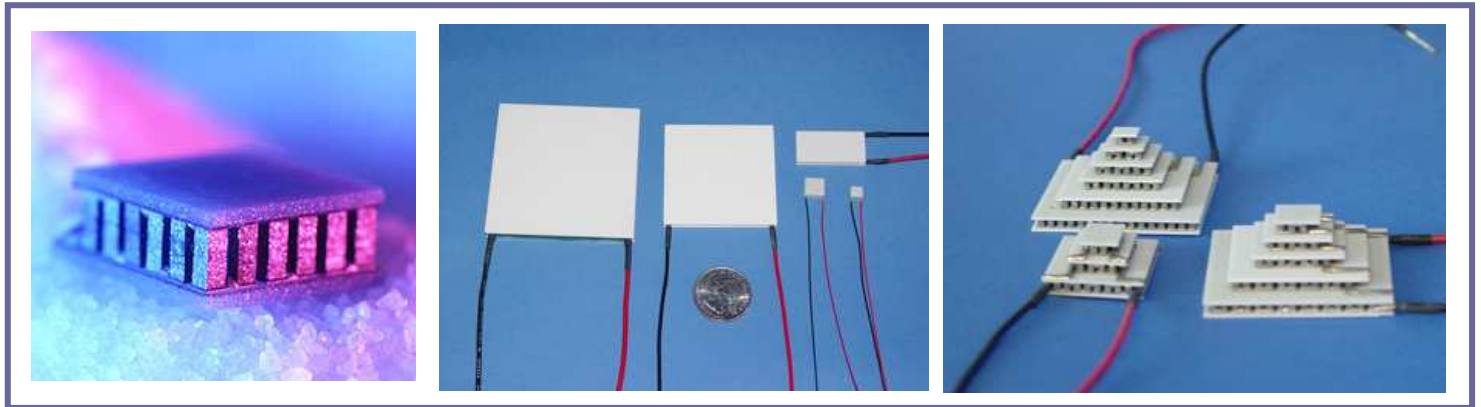
**Fotografia 3.13** Fotografia de diferents "Heat-Pipes". (a) i (b) "Heat-Pipes" amb ventilador, convecció forçada, (c) és de convecció natural. Destacar el gran volum que ocupen aquests sistemes a l'espai [20]



**Figura 3.12** Fotografia d'un prototipus de "Heat-Pipes" de refrigeració dissenyada a l'empresa CIDETE amb un gran poder de dissipació de la calor.



**Fotografia 3.14** Fotografia de diferents sistemes de resistències elèctriques per escalfar. (a) i (b) sistemes convencionals de resistències. (c) sistema de resistència anomenat de cartutx, el qual envoltaria la xeringa. Força perillosos degut al perill d'incendi que poden ocasionar. [20]



(a)

(b)

(c)

**Fotografia 3.15** Fotografia de diferents Cel·les Peltier. (a) Cel·la Peltier unitària, (b) Diferents grandàries de Cel·les Peltier. (c) Conjunt de Cel·les Peltier muntades en multinivell. [25]

Tots els sistemes presenten una gran compacitat, dintre del seu propi sistema però el que es busca sobre tot és el sistema amb menor grandària en tot el seu conjunt.

D'aquesta manera podem observar com els sistemes de "Heat-Pipes" tenen un gran volum encara que dintre d'aquest sistema ("Heat-Pipe") s'hagin escollit els sistemes amb menor volum, els quals es mostren en les diferents fotografies.



(a)

(b)

**Fotografia 3.16** Fotografia de sistema de refrigeració líquida. (a) Muntatge d'un radiador en un sistema d'ordinador de sobretaula. (b) Components de un radiador d'aigua. En tots dos s'observa el gran nombre d'elements de l'aparell. [20]

Degut a que una de les premisses del projecte que és que la de la grandària sigui ho més reduïda possible, es varen haver de descartar ràpidament el sistema format per "Heat-Pipe" amb el seu corresponent radiador. Tot i tenir molt bons resultats aquest sistema la grandària va ser una de les raons per les que es va descartar dit sistema

De la mateixa manera que directament es varen descartar el radiador d'aigua, degut a ho complicat del sistema i a la gran grandària que aquest sistema comportava, a més de tenir un alt grau de complicació en el seu manteniment. En quant a grandària és encara més gran que el sistema format per "Heat-Pipe" amb el seu corresponent radiador.

Després d'aquesta primera selecció ens vàrem quedar amb dos sistemes: Resistències elèctriques i Cel·les Peltier.

Els dos sistemes finalistes comparteixen en comú que son aparells elèctrics, però deguda a un control d'higiene exhaustiu i a un control de seguretat rigorós es va haver de descartar el sistema format per resistències elèctriques, degut per una part al gran consum d'electricitat requerit i per la inseguretat que comporta aquest sistema, ja que les temperatures a les que treballa el sistema comportaven un alt risc de inflamació de tot el sistema.

Llavors així ens vàrem queda com a finalista el sistema de Cel·la Peltier, ja que és un sistema amb una grandària reduïda (junt als sistemes de dispersió de la calor dissenyats) i a més amb un consum elèctric molt petit, de 0 a 20 volts, depenent la Cel·la Peltier escollida.

Tant mateix el risc a curt circuit, com el risc d'incendi queden descartades degut al petit consum d'aquestes.

També queden recobert el control d'higiene ja que el manteniment del sistema es fàcil i rudimentari.

Com es podrà observar més endavant el sistema de regulació de temperatura format per la Cel·la Peltier amb el conjunt de radiador ventilador conformen un sistema força petit, el que aconsegueix les premisses i les expectatives del disseny.

Heat-Pipes		Resistències elèctriques	
Avantatge	Desavantatge	Avantatge	Desavantatge
Gran simplicitat en el sistema	Si no incorpora aletes per la seva refrigeració (radiació) no té bones propietats refrigerants.	Alt grau de producció de calor en un mecanisme de petit tamany	Alt consum d'energia elèctrica.
Baix manteniment simplement control visual ver veure que no hi hagi brutícia.	Tamany elevat. Tant sigui el dispositiu amb aletes o sense aquest dispositiu ocupa un gran volum.	Ràpida de producció de calor en poc temps.	Equip perillós degut a la quantitat de calor despresada en el seu funcionament. Perill de produir falles a d'altres components del conjunt.
Cost del producte baix. Tant es tracti amb aletes o sense aletes de refrigeració.	Cost de producció alt	Baix manteniment en l'equip	Manteniment elevat i precís. S'ha de tenir un manteniment exhaustiu en quantitat, estat del conjunt i funcionament.
Els tubs poden tenir formes diverses.	Amb les aletes incorporades el disseny dels tubs no tenen gaires graus de llibertat en quan a formes a adoptar.		Material de fabricació cars
	Material de fabricació car		Material de fabricació cars

**Taula.3.5** Taula amb les avantatges/inconvenients trobades pels sistemes "Heat-Pipes" i Resistències. elèctriques.

Cel·la Peltier	
Avantatge	Desavantatge
De petita grandària si es que no que no va acompanyat d'un radiador. Per un bon funcionament necessita un radiador	Sistema d'elevada grandària si s'afegeix un bon radiador.
Consum elèctric molt baix.	Possibilitat de que es cremi la cel·la Peltier amb una pujada forta de corrent.
Manteniment molt baix.	Preu de les cel·les molt variant essent en tot el conjunt elevat.
Aguenta molt bé condicions adverses de calor, humitat, vibracions...	La pressió degut a la temperatura pot produir fissures i trencar-se







  

Refrigeració Líquida	
Avantatge	Desavantatge
Gran capacitat calorífica És un dels millors sistemes de transmissió de calor que hi ha.	Sistema de elevada grandària
	Gran complexitat en tot el seu mecanisme.
	Perill de fugues hidràuliques
	Al grau en la complexitat en el seu manteniment,
	Alt consum elèctric
	Alta sonoritat en el seu funcionament

**Taula.3.6** Taula amb les avantatges/inconvenients trobades pels sistemes Cel·la Peltier i Refrigeració líquida

### 3.9.-Empreses comercialitzadores de Cel·les Peltier

A continuació un quadre amb algunes de les principals empreses productores i comercialitzadores de Cel·les Peltier i tecnologia termoelèctrica i sistemes tèrmics amb tecnologia Peltier.

Empreses Comercialitzadores/Productores de Cel·les Peltier				
Nom de l'empresa	Logotip empresa	Situació Geogràfica	url	Comentaris
INB Thermoelectric		E.E.U.U	<a href="http://www.tec-microsystems.com">www.tec-microsystems.com</a>	Empresa Americana especialitzada en fabricació i comercialització Cel·les Peltier. Fan una breu descripció física del fenomen peltier, seebeck, ...
Hebeltd		China	<a href="http://www.hebeltd.com.cn">www.hebeltd.com.cn</a>	Empresa chinesa especialitzada en components electrònics i en Peltier
Fujitaka		China	<a href="http://www.fujitaka.com">www.fujitaka.com</a>	Empresa chinesa especialitzada en Peltier
Quick-cool		Alemanya	<a href="http://quick-cool.com">quick-cool.com</a>	Distribuïdor i fabricant de Cel·les Peltier, Heat-Pipes i resistències. Empresa d'alemanya amb gran sortit de diversos tipus de Cel·les Peltier. Molt material per aprendre sobre el món de la termoelèctricitat
Tetech		E.E.U.U	<a href="http://www.tetech.com">www.tetech.com</a>	Empresa dels Estats Units dedicada a la producció i venda de sistemes d'escalfament Peltier
Tec-microsystems		Alemanya	<a href="http://www.tec-microsystems.com">www.tec-microsystems.com</a>	Empresa d'Alemanya especialitzada en Peltier i micropeltier

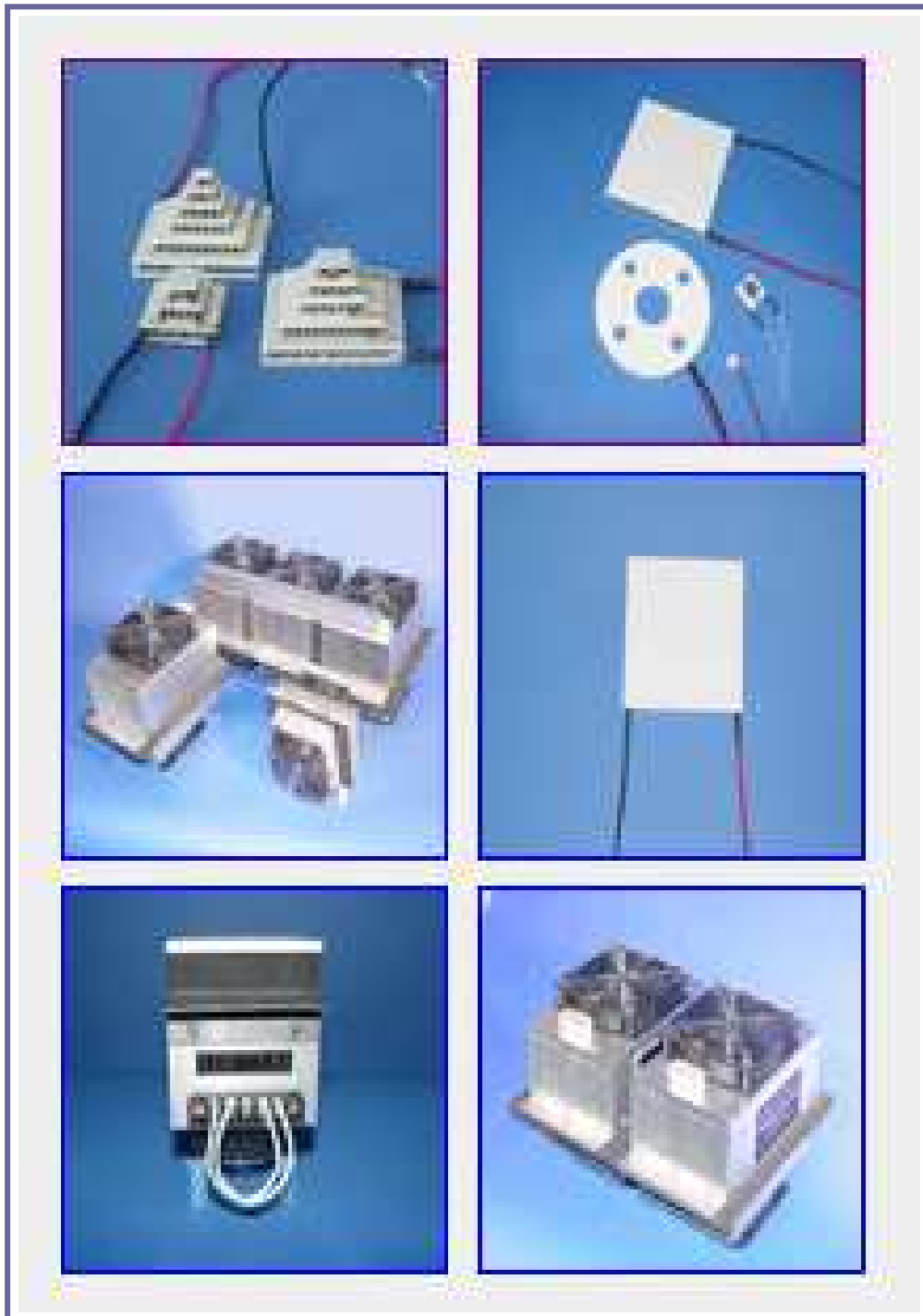
**Taula.3.7** Taula amb algunes de les principals empreses constructores i comercialitzadores de Cel·les Peltier. *Observem la centralització entre Estats Units, Alemanya i Xina.*



A continuació veiem alguns dels productes que les empreses abans descrites a la taula ofereixen en la indústria.

### 3.9.1.- Empresa de cel·les Peltier INB Thermoelectric ([www.inbthermoelectric.com](http://www.inbthermoelectric.com))

Podem observar els diferents mides, formes, que ofereix aquesta empresa



*Fotografia 3.17* Fotografia dels diferents mòduls amb Cel·les Peltier comercialitzats per l'empresa INB Thermoelectric. [25]

A continuació un quadre amb mides, i característiques de les cel·les que ofereix l'empresa INB Thermoelectric

TYPE	Test: Thot=27°C Air				Dimension(mm)		
	I <sub>max</sub> (A)	DT <sub>max</sub> (°C)	U <sub>max</sub> (V)	Q <sub>max</sub> (W)	L	W	H
inbS1-017.008	0.8	65	2.06	0.92	5.0	5.0	2.4
inbS1-031.008	0.8	65	3.75	1.67	6.6	6.6	2.4
inbS1-017.012	1.2	65	2.06	1.38	6.2	6.2	2.7
inbS1-031.012	1.2	65	3.75	2.51	8.3	8.3	2.7
inbS1-017.015	1.5	65	2.06	1.72	6.2	6.2	2.4
inbS1-031.015	1.5	65	3.75	3.15	8.3	8.3	2.4
inbS1-017.020	2.0	65	2.06	2.30	6.2	6.2	2.2
inbS1-031.020	2.0	65	3.75	4.20	8.3	8.3	2.2
inbS1-017.021	2.1	65	2.06	2.40	9	9	3.4
inbS1-031.021	2.1	65	3.75	4.40	12	12	3.4
inbS1-063.021	2.1	65	7.60	9.10	25	12	3.4
inbS1-071.021	2.1	65	8.60	10.00	18	18	3.4
inbS1-127.021	2.1	65	15.40	18.20	25	25	3.4
inbS1-017.025	2.5	65	2.06	2.90	12	12	4.0
inbS1-031.025	2.5	65	3.75	5.30	15	15	4.0
inbS1-063.025	2.5	65	7.60	10.60	30	15	4.0
inbS1-071.025	2.5	65	8.60	12.00	23	23	4.0
inbS1-127.025	2.5	65	15.40	21.50	30	30	4.0
inbS1-017.030	3.0	65	2.06	3.40	12	12	3.6
inbS1-031.030	3.0	65	3.75	6.30	15	15	3.6
inbS1-063.030	3.0	65	7.60	12.60	30	15	3.6
inbS1-071.030	3.0	65	8.60	14.40	23	23	3.6
inbS1-127.030	3.9	65	15.40	25.80	30	30	3.6
inbS1-017.039	3.9	65	2.06	4.50	12	12	3.2
inbS1-031.039	3.9	65	3.75	8.20	15	15	3.2
inbS1-063.039	3.9	65	7.60	16.50	30	15	3.2
inbS1-071.039	3.9	65	8.60	18.80	23	23	3.2
inbS1-127.039	3.9	65	15.40	33.50	30	30	3.2

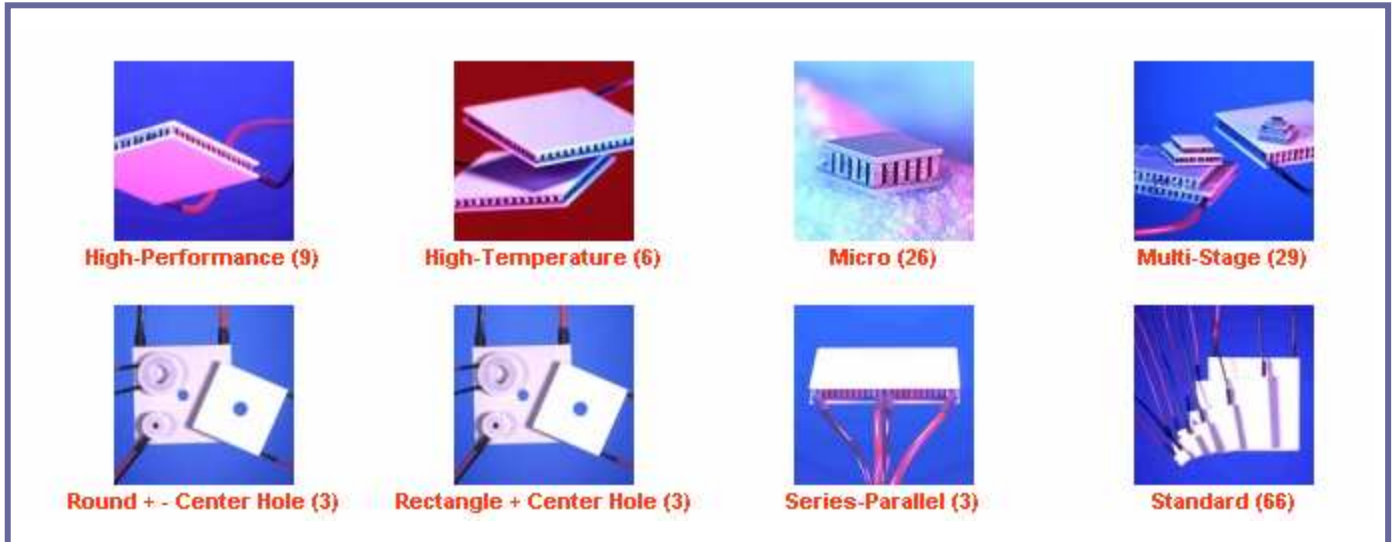
Type	I <sub>max</sub> (A)	Q <sub>max</sub> (W)	U <sub>max</sub> (V)	DT <sub>max</sub> (°C)	Dimensions (mm)				
					A	B	C	D	H
inb 8-0.45-1.3	0.7	0.4	1.0	67	3.4	3.4	3.4	5.0	2.30
inb 12-0.45-1.3	0.7	0.6	1.4	67	5.0	3.4	5.0	5.0	2.30
inb 18-0.45-1.3	0.7	0.9	2.2	67	5.0	3.4	5.0	6.6	2.30
inb 32-0.45-1.3	0.7	1.7	3.9	67	6.6	6.6	6.6	8.3	2.30
inb 66-0.45-1.3	0.7	3.5	8.0	67	9.1	9.9	9.1	11.5	2.30
inb 7-0.6-1.5	1.1	0.6	0.9	69	4.3	4.3	4.3	4.3	3.25
inb 11-0.6-1.5	1.1	0.9	1.4	69	9.0	4.0	9.0	4.0	3.25
inb 17-0.6-1.5	1.1	1.4	2.1	69	6.3	6.3	6.3	6.3	3.25
inb 31-0.6-1.5	1.1	2.6	3.8	69	8.0	8.0	8.0	8.0	3.25
inb 35-0.6-1.5	1.1	3.0	4.3	69	6.0	12.0	6.0	12.0	2.95
inb 65-0.6-1.5	1.1	5.5	8.1	69	12.0	13.0	12.0	13.0	3.25
inb 7-0.6-1.2	1.4	0.7	0.9	69	4.3	4.3	4.3	4.3	2.95
inb 11-0.6-1.2	1.4	1.2	1.4	69	4.0	9.0	4.0	9.0	2.95
inb 17-0.6-1.2	1.4	1.8	2.1	69	6.3	6.3	6.3	6.3	2.95
inb 31-0.6-1.2	1.4	3.3	3.8	69	8.0	8.0	8.0	8.0	2.95
inb 35-0.6-1.2	1.4	3.7	4.3	69	6.0	12.0	6.0	12.0	2.95
inb 65-0.6-1.2	1.4	6.9	8.1	69	12.0	13.0	12.0	13.0	2.95
inb 7-0.6-1.0	1.7	0.9	0.9	69	4.3	4.3	4.3	4.3	2.75
inb 11-0.6-1.0	1.7	1.4	1.4	69	4.0	9.0	4.0	9.0	2.75
inb 17-0.6-1.0	1.7	2.2	2.1	69	6.3	6.3	6.3	6.3	2.75
inb 31-0.6-1.0	1.7	3.9	3.8	69	8.0	8.0	8.0	8.0	2.75
inb 35-0.6-1.0	1.7	4.4	4.3	69	6.0	12.0	6.0	12.0	2.75
inb 65-0.6-1.0	1.7	8.3	8.1	69	12.0	13.0	12.0	13.0	2.75
inb 31-0.6-0.8	2.1	4.8	3.8	68	8.0	8.0	8.0	8.0	2.55
inb 65-0.6-0.8	2.1	10.1	8.0	68	12.0	13.0	12.0	13.0	2.55
inb 109-0.6-0.8	2.1	16.9	13.4	68	26.0	26.0	26.0	12.0	2.55
inb 17-1.0-0.7	6.6	8.4	2.1	68	8.0	8.0	8.0	8.0	2.45

Taula 3.8 Taula de potències i grandàries de diferents Cel·les Peltier de baixa qualitat. Taula i potències de Cel·les Peltier d'alta qualitat comercialitzades per INB Thermoelectric. [23]

### 3.9.2.- Empresa de cel·les Peltier Tetech ([www.tetech.com](http://www.tetech.com))

Com es pot observar ben bé totes les empreses ofereixen el mateix ventall en quant a la grandària i formes, però no en qualitat.



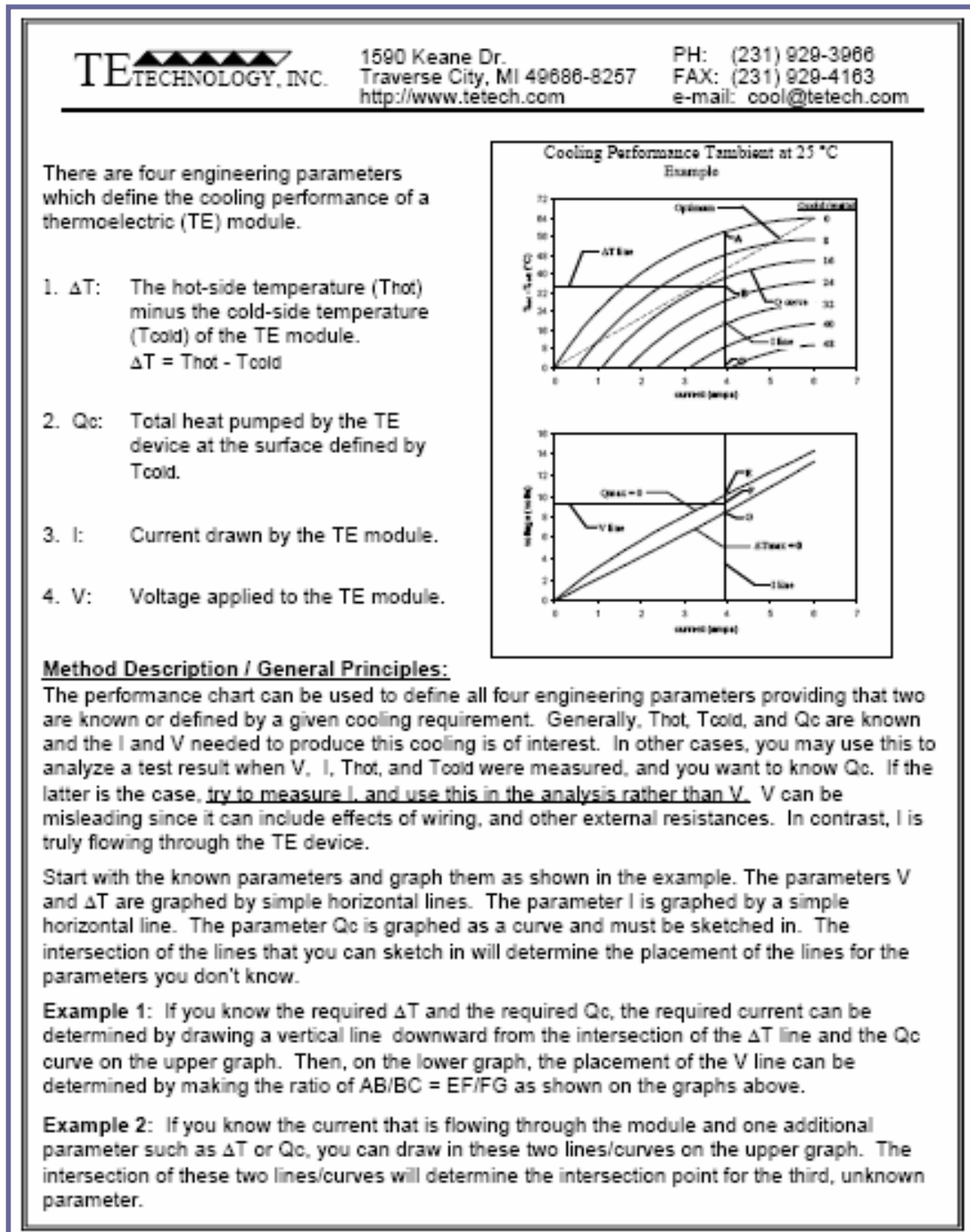
**Fotografia 3.18** Fotografia dels diferents mòduls comercialitzats per Tetech. Es poden observar les diferents mides, en sèrie, en paral·lel diferents formes. [25]

En el següent quadre podem observar els preus dels diferents mòduls de Cel·les Peltier.

Product	Price -SORT- →	I <sub>max</sub> (amps) -SORT-	Q <sub>max</sub> (watts) -SORT-	V <sub>max</sub> (volts) -SORT-	DT <sub>max</sub> (Th=300K) -SORT-	A (mm) -SORT-	B (mm) -SORT-	C (mm) -SORT-	D (mm) -SORT-	H (mm) -SORT-	Fig. -SORT-
TE-7-0.6-1.2	\$19.80	1.4	0.7	0.9	69	4.3	4.3	4.3	4.3	2.95	1
TE-9-0.45-1.3	\$20.10	0.7	0.4	1	69	5	3.4	3.4	3.4	2.3	2
TE-7-0.6-1.5	\$20.30	1.1	0.6	0.9	70	4.3	4.3	4.3	4.3	3.25	1
TE-7-0.6-1.0	\$20.50	1.7	0.9	0.9	68	4.3	4.3	4.3	4.3	2.75	1
TE-11-0.6-1.5	\$21.90	1.1	0.9	1.4	70	4	4	9	9	3.25	1
TE-11-0.6-1.2	\$21.90	1.4	1.2	1.4	69	4	4	9	9	2.95	1
TE-12-0.45-1.3	\$22.10	0.7	0.6	1.4	69	5	3.4	5	5	2.3	2
TE-11-0.6-1.8	\$22.40	1.7	1.4	1.4	68	4	4	9	9	2.75	1
TE-18-0.45-1.3	\$23.30	0.7	0.9	2.2	69	6.6	5	5	5	2.3	2
TE-17-0.6-1.5	\$23.30	1.1	1.4	2.1	70	6.3	6.3	6.3	6.3	3.25	1
TE-17-0.6-1.2	\$23.30	1.4	1.6	2.1	69	6.3	6.3	6.3	6.3	2.95	1
TE-17-0.6-1.8	\$24.10	1.7	2.2	2.1	68	6.3	6.3	6.3	6.3	2.75	1
TE-31-0.8-0.8	\$27.90	2.1	4.8	3.6	67	8	8	8	8	2.55	1
TE-31-0.6-1.5	\$28.30	1.1	2.6	3.6	70	8	8	8	8	3.25	1
TE-32-0.45-1.3	\$28.80	0.7	1.7	3.9	69	6.3	6.6	6.6	6.6	2.3	2
TE-35-0.6-1.5	\$29.00	1.1	3	4.3	70	12	12	6	6	3.25	1
TE-31-0.6-1.2	\$29.40	1.4	3.3	3.6	69	8	8	8	8	2.95	1
TE-31-0.6-1.8	\$29.40	1.7	3.9	3.6	68	8	8	8	8	2.75	1
TE-35-0.6-1.2	\$30.00	1.4	3.7	4.3	69	12	12	6	6	2.95	1
TE-35-0.6-1.8	\$32.10	1.7	4.4	4.3	68	12	12	6	6	2.75	1
TE-65-0.6-0.8	\$34.30	2.1	10.1	8	67	13	13	12	12	2.55	1
TE-65-0.6-1.8	\$34.40	1.7	8.3	8.1	68	13	13	12	12	2.75	1
TE-65-0.6-1.2	\$39.20	1.4	6.9	8.1	69	13	13	12	12	2.95	1
TE-65-0.6-1.5	\$41.10	1.1	5.5	8.1	70	13	13	12	12	3.25	1
TE-109-0.6-0.8	\$46.50	2.1	16.9	13.4	67	12	12	26	26	2.55	1
TE-66-0.45-1.3	\$50.00	0.7	3.5	8	69	11.5	9.9	9.1	9.1	2.3	2

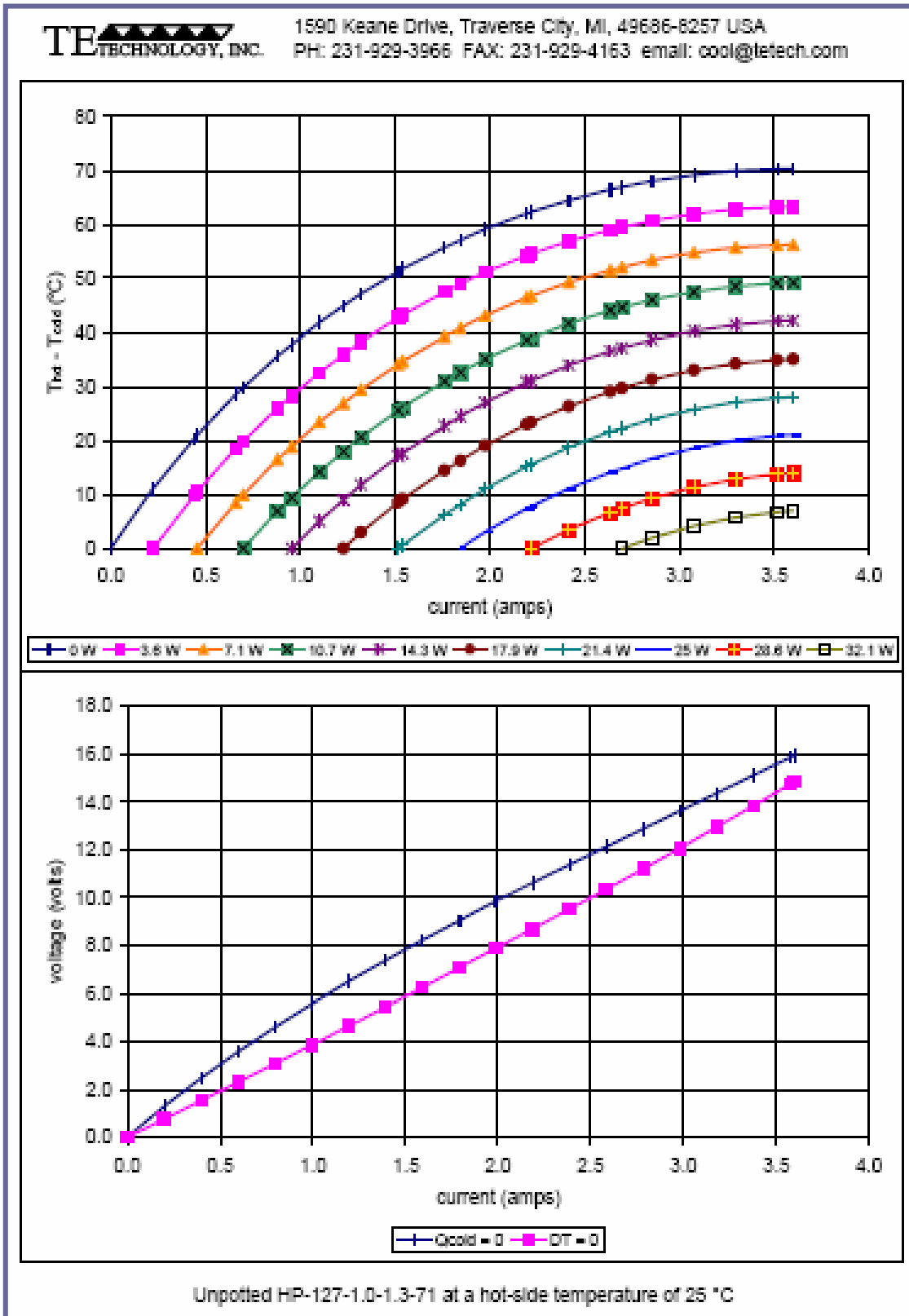
**Taula 3.9** Taula resum de potències, grandàries i preus orientatives de cel·les Peltier Tetech. [25]

Quadre resum de les corbes de funcionament i explicació d'aquestes corbes ofert per l'empresa Tetechnology. Cal esmentar que cada empresa té les seves pròpies corbes pels seus productes, però hi ha corbes genèriques de funcionament pel càlcul per circuits propis com ha estat el cas d'aquest projecte.



Taula 3.10 Taula i gràfics explicatius per entendre els diagrames de cada Cel·la Peltier de Tetech. [25]

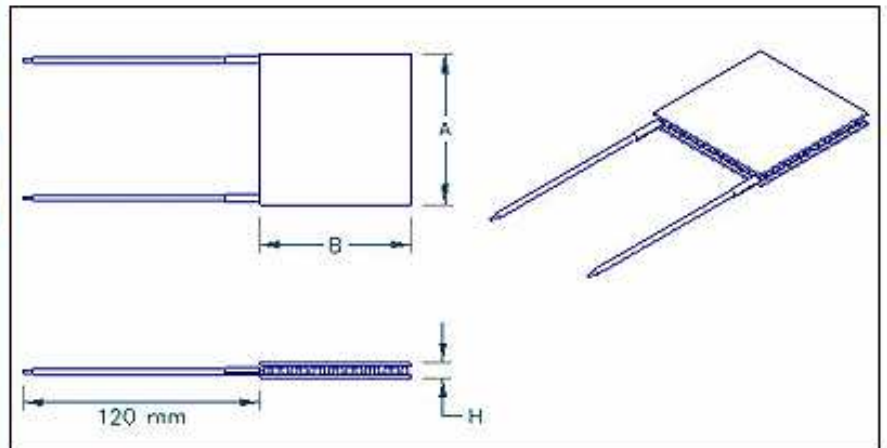
A continuació les corbes descrites anteriorment amb major resolució. Podem observar la diferenciació entre tipus de Peltiers feta a través de una gama de colors.



Gràfic 3.1 Gràfic de la corba característica de la cel la Peltier de l'empresa Tetch. Cada Cel·la Peltier té la seva corba característica de funcionament. [25]

Tot seguit el quadre resum de els mòduls High-Temperature Modules (mòduls d'alta temperatura) de l'empresa Tetechnology. Observem els preus elevats d'aquests.

Product	Price -SORT-	I <sub>max</sub> (amps) -SORT-	Q <sub>max</sub> (watts) -SORT-	V <sub>max</sub> (volts) -SORT-	DT <sub>max</sub> (Th=300K) -SORT-	DT <sub>max</sub> (Potted) -SORT-	A (mm) -SORT-	B (mm) -SORT-	H (mm) -SORT-
VT-127-1.0-1.3-71	\$21.70 ↑	3.6	36	16.1	71	69	30	30	3.6
VT-127-1.4-1.15-71	\$35.10 ↑	8	80	16.1	71	69	40	40	3.4
VT-127-1.4-1.5-72	\$30.60 ↑	6.1	62	16.3	72	70	40	40	3.9
VT-199-1.4-0.8	\$51.30 ↑	11.3	172	24.6	67	66	40	40	3.2
VT-199-1.4-1.15	\$44.30 ↑	7.9	120	24.6	69	68	40	40	3.4
VT-199-1.4-1.5	\$41.60 ↑	6.1	94	24.9	70	69	40	40	3.9



**Figura 3.13** Figura de els mòduls de altes temperatures de l'empresa Tetech. En la figura a continuació mostrada podem observar els preus orientatius de les Cel·les Peltier, que varien segons sigui la grandària i la potència d'aquestes cel·les. Podem veure que els preus són elevats, i a major qualitat els preus poden pujar encara més. [25]

Els mòduls Micro Modules (mòduls petits) dels que comercialitza Tetechnology estan en la següent taula, observem com els preus es mantenen constant, elevats, tant sigui en qualitat de High-Temperature, com en aquests.

Product	Price -SORT-	I <sub>max</sub> (amps) -SORT-	Q <sub>max</sub> (watts) -SORT-	V <sub>max</sub> (volts) -SORT-	DT <sub>max</sub> (Th=300K) -SORT-	A (mm) -SORT-	B (mm) -SORT-	C (mm) -SORT-	D (mm) -SORT-	H (mm) -SORT-	Fig. -SORT-
TE-8-0.45-1.3	\$20.10 ↑	0.7	0.4	1	69	5	3.4	3.4	3.4	2.3	2
TE-12-0.45-1.3	\$22.10 ↑	0.7	0.6	1.4	69	5	3.4	5	5	2.3	2
TE-18-0.45-1.3	\$23.30 ↑	0.7	0.9	2.2	69	6.6	5	5	5	2.3	2
TE-32-0.45-1.3	\$28.80 ↑	0.7	1.7	3.9	69	8.3	6.6	6.6	6.6	2.3	2
TE-66-0.45-1.3	\$50.00 ↑	0.7	3.5	8	69	11.5	9.9	9.1	9.1	2.3	2
TE-7-0.6-1.5	\$20.30 ↑	1.1	0.6	0.9	70	4.3	4.3	4.3	4.3	3.25	1
TE-11-0.6-1.5	\$21.90 ↑	1.1	0.9	1.4	70	4	4	9	9	3.25	1
TE-17-0.6-1.5	\$23.30 ↑	1.1	1.4	2.1	70	6.3	6.3	6.3	6.3	3.25	1
TE-31-0.6-1.5	\$28.30 ↑	1.1	2.6	3.8	70	8	8	8	8	3.25	1
TE-35-0.6-1.5	\$29.00 ↑	1.1	3	4.3	70	12	12	6	6	3.25	1
TE-65-0.6-1.5	\$41.10 ↑	1.1	5.5	8.1	70	13	13	12	12	3.25	1
TE-7-0.6-1.2	\$19.80 ↑	1.4	0.7	0.9	69	4.3	4.3	4.3	4.3	2.95	1
TE-11-0.6-1.2	\$21.90 ↑	1.4	1.2	1.4	69	4	4	9	9	2.95	1
TE-17-0.6-1.2	\$23.30 ↑	1.4	1.8	2.1	69	6.3	6.3	6.3	6.3	2.95	1
TE-31-0.6-1.2	\$29.40 ↑	1.4	3.3	3.8	69	8	8	8	8	2.95	1
TE-35-0.6-1.2	\$30.00 ↑	1.4	3.7	4.3	69	12	12	6	6	2.95	1
TE-65-0.6-1.2	\$39.20 ↑	1.4	6.9	8.1	69	13	13	12	12	2.95	1
TE-7-0.6-1.0	\$20.50 ↑	1.7	0.9	0.9	68	4.3	4.3	4.3	4.3	2.75	1
TE-11-0.6-1.0	\$22.40 ↑	1.7	1.4	1.4	68	4	4	9	9	2.75	1
TE-17-0.6-1.0	\$24.10 ↑	1.7	2.2	2.1	68	6.3	6.3	6.3	6.3	2.75	1
TE-31-0.6-1.0	\$29.40 ↑	1.7	3.9	3.8	68	8	8	8	8	2.75	1
TE-35-0.6-1.0	\$32.10 ↑	1.7	4.4	4.3	68	12	12	6	6	2.75	1

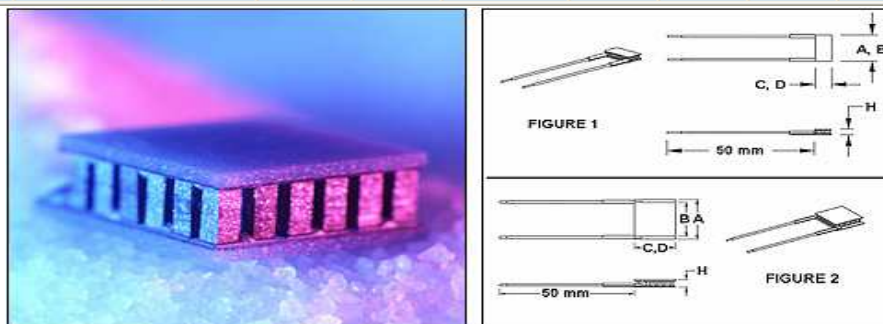


Figura 3.14 Figura de els mòduls de menors dimensions de l'empresa Tetech. [25]

A background image showing two scientists in white lab coats and masks working in a laboratory. There are several orange question marks overlaid on the image, suggesting a problem or a need for a solution. The text is centered in a white box with a black border.

**4.- DESCRIPCIÓ DELS SISTEMES  
HABITUALMENT UTILITZATS PER  
ACONSEGUIR LA TEMPERATURA  
DE L'ALIMENT DELS NADONS  
D'INCUBADORA I ANÀLISI DE LA  
SEVA PROBLEMÀTICA:  
NECESSITAT D'INTRODUIR UN  
NOU SISTEMA**





## **4.- DESCRIPCIÓ DELS SISTEMES HABITUALMENT UTILITZATS PER ACONSEGUIR LA TEMPERATURA DE L'ALIMENT DELS NADONS D'INCUBADORA I ANÀLISI DE LA SEVA PROBLEMÀTICA: NECESSITAT D'INTRODUIR UN NOU SISTEMA**

El problema principal que sorgeix amb el sistema automàtic d'alimentació dels nadons d'incubadora és el d'aconseguir regular la temperatura de l'aliment dins de la xeringa durant tot el procés de nutrició (que pot durar de 35 a 45 minuts), per tal que quan l'aliment arribi al nadó (des de la xeringa passant pel tub fins a arribar a la sonda naso-gràstrica) es trobi a una temperatura òptima perquè no proliferin els bacteris (aquesta temperatura s'aconsella que no superi els 17 °C – 18 °C).

Fins a la creació del nostre disseny, les xeringues plenes d'aliment ja preparat (procedent de la nevera a 2 °C), s'escalfaven (abans de nodrir al nadó) mitjançant un sistema molt clàssic, conegut com "bany Maria".

Un altre sistema per tal de regular la temperatura de l'aliment del nadó (procedent de la nevera) és la d'escalfar el propi aliment a través de una exposició al foc mitjançant estris de cuina, o a través de microones.

Aquests sistemes tenen l'inconvenient de que no es pot controlar de forma adient la temperatura de l'aliment que ingerirà el nadó, i a més el propi aliment està prou exposat a bacteris. Per tant, es té la necessitat de refusar aquests sistemes d'escalfament per arribar a una temperatura adient de l'aliment.

Però en tots dos casos el fet de manipular l'aliment, com la xeringa, segons fos el cas, augmentava el risc de infectar l'aliment amb el consegüent infecció per el nadó.

El problema radica, per tant, en que amb aquests sistemes d'escalfament no se sap amb exactitud la temperatura de l'aliment del nadó. De la mateixa manera que es perd cert temps en la elaboració de l'escalfament de l'aliment.

Amb el sistema proposat en aquest projecte, el qual consisteix en el disseny i el càlcul d'un dispositiu per regular la temperatura de les xeringues de l'aliment de nadons d'incubadora se sap amb gran exactitud la temperatura amb la que es vol mantenir l'aliment en la xeringa, i es pot tenir una idea força bona de la temperatura amb el que aquest aliment arriba al nadó.

També es millora en el procés de preparació del dispositiu, ja que el sistema dissenyat és molt simple i ràpid i no cal gaire manipulació del conjunt per tal de preparar tot el dispositiu per tot el seu funcionament.

S'ha arribat a un sistema molt simplificat on les tasques de manteniment (neteja del producte, inspecció visual del dispositiu, tant en ho elèctric com en ho mecànic, s'han simplificat de gran manera podent-se fer d'una manera ràpida i segura).

El sistema incorpora una placa de circuit imprès on esta programat la temperatura a la que es vol regular la xeringa, essent aquest sistema reprogramat per tal de customitzar les necessitats del client.

S'ha aconseguit un sistema segur en el seu ús, a la vegada que es té controlada la temperatura de l'aliment del nadó dins de la xeringa perquè com s'ha dit abans arribi a la sonda nasogràstrica en unes condicions que no superi els 17 °C – 18 °C per evitar la proliferació de bacteris.

El sistema proposat, en definitiva és net segur i ràpid, sent una innovació el fet que es fa un control directe de la temperatura de l'aliment dins de la xeringa, sistema inexistent fins aleshores.

El sistema ha omplert un buit existent fins aleshores, ajudant molt a les tasques en els hospitals, simplificant en gran mesura les tasques de les infermeres que estaran a càrrec de alimentar als nadons.

#### **4.1.- L'aliment del nadó d'incubadora. Tipus i presentació del mateix**

L'aliment del nadó té dos tipus diferents de presentació:

1. En pols. On se li haurà d'afegir aigua o llet específica, segons siguin les necessitats del nadó. Aquest sistema no és molt utilitzat degut a que a l'hora de realitzar la barreja el risc de que l'aliment s'infecti augmenta.
2. El líquid. En dosis determinades amb un recipient tipus tetrabrick o en recipient de plàstic. Aquest sistema de presentació és molt bo degut a que es conserva l'aliment ja preparat a l'espera de ser calentat en un recipient esterilitzat des de el laboratori o fabrica on es realitza l'aliment.

És important remarcar que en molts hospitals escullen el segon sistema (el producte ja preparat degut a que aquest ja ve preparat i esterilitzat de bacteris, amb el que el risc d'infecció de l'aliment és molt menor que el primer sistema, en pols.

Observem a continuació alguns envasos d'algunes de les empreses que ofereixen aquests productes.



(a)

(b)

(c)

**Fotografia 4.1** Fotografia de diferents envasos d'aliments per a nadons. *Observem les diferents presentacions (pols o líquid) de diferents empreses comercialitzadores d'aliment per a nadons. (a) AfarinPlus amb un compost que incorpora efecte bifidus per la flora intestinal, (b) Nestlé Nidina, tant en pols com en líquid, (c) Holle aliment en pols, per la seva preparació.* [21]

## 4.2.- Sistemes habitualment utilitzats per aconseguir la temperatura de l'aliment dels nadons i problemàtica que presenten

En l'actualitat es disposen de diferents sistemes per tal d'escalfar l'aliment dels nadons (procedent de la nevera a 2 °C), tots amb problemes, degut a la gran probabilitat de que l'aliment, amb la gran manipulació que es veu sotmès per tal de escalfar, s'infecti dels diferents bacteris.

Els dos sistemes tenen en compte si el tipus de xeringa, del que es disposa a l'hospital, pot aguantar altes temperatures, pot escalfar-se mitjançant aparells elèctrics (microones), per tal que el plàstic o el material amb el que ha estat construït aquesta xeringa no desprengui cap substància nociva cap a l'aliment del nadó.

El mètode de escalfar l'aliment el podem dividir entre aquells que el procés d'escalfament es fa escalfant directament els aliments sense que aquest hi sigui dintre de la xeringa o aquells que l'escalfament es produeix dintre de la xeringa.

És important puntualitzar aquest punt ja que és aquí on comencen haver diferències en quant a la manipulació ja que si efectuem el escalfament de l'aliment pel nadó sense que aquest hi sigui en un recipient esterilitzat, estem afegint major risc a que l'aliment es contamiï dels bacteris.

Si l'aliment es calenta sense un recipient específic, aquest s'escalfarà mitjançant un sistema en que s'abocarà l'aliment dintre d'una casseroles i s'escalfarà a foc lent. En aquest cas al estar l'aliment exposat a l'ambient s'incrementa el risc de contaminació, ja sigui pel propi aire-ambient o per l'útil amb el que es cuina que pot ja estar infectat. Si més no aquest és un sistema poc aconsellable degut a la gran manipulació que té l'aliment, i l'alt risc d'infectar l'aliment que s'està cuinant, ja que posteriorment aquest aliment se sotmetrà a més manipulacions, el que augmentarà encara més el risc que l'aliment s'infecti.

En el cas que l'aliment s'escalfi amb un recipient específic ( ja sigui amb el "tetrabrik" amb el que l'aliment ja esta en forma líquida, estat ja preparat), o si més no esta ja preparat dintre de la xeringa, aquest es disposarà de dos formes diferents.

1. Es pot realitzar l'escalfament de l'aliment mitjançant l'escalfament amb el mètode conegut "Bany Maria" amb el que l'aliment no pot contaminar-se degut a que aquest està confinat dintre d'un recipient esterilitzat.

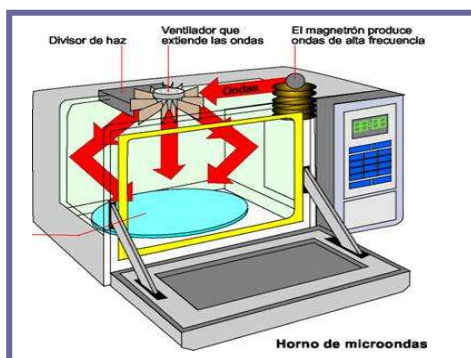
2. Es realitza l'escalfament de l'aliment mitjançant un aparell electrònic (microones). Aquest sistema també resulta ser molt segur degut a la poca manipulació que sofreix l'aliment, a més de resultar més ràpid i amb una menor pèrdua d'energia a diferència que el mètode anterior on s'havia d'escalfar l'aigua per que aquest líquid fes la transmissió de calor cap el recipient que conté submergit.

En tots dos mètodes és important que el recipient que conté l'aliment aguantí altes temperatures i en l'altre cas que aguantí les microones.

#### 4.2.1.- Sistemes habituals d'escalfament de l'aliment dels nadons d'incubadora

La problemàtica actual en la que es troben a les maternitats dels hospitals és el gran nombre de moviments de manipulació en la que es troba sotmès l'aliment, ja que augmentant aquest nombre també s'augmenta el risc a que l'aliment pot contraure bacteris, que a la llarga aniran al nadó.

Els sistemes que en l'actualitat s'utilitzen pel seu escalfament és a través de microones, i "Bany Maria"



**Gràfic 4.1** Gràfic representatiu de un microones obert. Observem la representació esquemàtica dels components i del seu funcionament. [22]



**Fotografia 4.2** Fotografia de un exemple d'escalfament mitjançant mètode del "Bany Maria". [22]

#### **4.2.2.- Problemàtica que presenten aquests sistemes d'escalfament**

La problemàtica que es presenta actualment en aquest tipus de procés alimentari és l'alt risc de que l'aliment del nadó contragui qualsevol tipus de bacteri que sigui perjudicial per la seva salut.

Les causes són diverses.

1-. Per una banda tenim l'alta manipulació que té l'aliment abans de que s'hagi preparat completament.

En el primer cas l'aliment del nadó està sotmès a un alt grau de manipulació, amb diferents fases de preparació, fins a que arriba al nadó.

En aquestes fases hi ha un alt risc en que l'aliment contraigui bacteris perjudicials, ja sigui pel contacte amb materials amb bacteris o simplement amb el contacte amb l'aire.

Segons sigui el procés de preparació de l'aliment, sigui més laboriós o menys laboriós, aquest tindrà major o menor risc de contraure bacteris, en qualsevol cas el risc de contraure bacteris és alt.

2-. Per un altra banda, cal tenir en compte el temps en que aquest aliment es refreda.

Un cop l'aliment ha estat correctament preparat i ha estat situat a l'interior de la xeringa. En el moment en que comença el procés de alimentació del nadó, l'aliment comença a perdre temperatura, amb la conseqüent malestar del nadó, ja que la màquina èmbol de la xeringa té una programació en que el procés d'alimentació al nadó es fa de forma constant i lenta.

Com es pot observar les causes són ben clares. Per una banda tenim la gran problemàtica de que el nadó contragui cap malaltia deguda als bacteris, per una altra la de que l'aliment arribi al nadó a baixa temperatura, freda, amb el conseqüent malestar del propi nadó.

#### **4.3.- Bacteris amb els que es pot infectar l'aliment dels nadons: Malalties que provoquen aquests bacteris**

Les diferents malalties produïdes pels aliments contaminats, de bacteris (en el nostre cas), poden tenir un caràcter greu i en alguns casos poden produir la mort.

Els microbis o germen els quals poden produir malalties, són també coneguts com microorganismes patògens. En aquesta categoria s'inclou les bacteries i els virus.

Degut a la grandària petitíssima no es poden veure a ull nu, cal l'ajuda d'un microscopi

Hem de fer també referència als paràsits, els quals els podem observar a simple vista i que també poden portar malalties, però queden exempts dels perills d'estudi del nostre projecte.

Hi ha casos en que els microbis produeixen un tipus de toxines, aquestes toxines que en molts casos resistents a la calor (en segons quines toxines el fet d'escalfar l'aliment no produeix l'eliminació d'aquest toxina), són substàncies que poden causar malalties en els humans i en alguns casos en animals.

Els símptomes més comuns de les malalties causades per la ingestió d'aliments contaminats són tals com ara dolor abdominal, diarrea, vòmits o febre.

Aquests símptomes que els podríem classificar com a lleus poden desenvolupar en deshidratació, "shock" i en alguns casos la pròpia mort.

És important un control exhaustiu d'higiene medica per tal de que aquests microbis no es reproduixin, és llavor una qüestió de temps degut a que un sol microbi pot formar una colònia microbiana de uns 281,000,000,000 (281 bilions) en tant sols 24h.

És important conèixer les zones en que aquests microbis es poden tenir controlats, aquestes zones les podem anomenar zones de control. Aquestes zones de control les mesurarem mitjançant la temperatura del propi aliment ja que és en el propi aliment on hi resideixen aquests microbis.

Hi ha tres zones diferenciades, Zona Freda, Zona de Perill, Zona Calent.

En la Zona Freda és una zona de seguretat pels aliments. En el congelador, a unes temperatures entre -124 °C i -18 °C els microbis no estan actius i com a conseqüència no es poden reproduir, però continuen estant presents en els aliments. En el refrigerador s'han de regular entre 1 °C i 4 °C.

La zona que ens importa és l'anomenada zona de perill que es troba entre els 5 °C i els 60 °C, és en aquest rang de temperatures on els microbis són més actius i es reproduïxen més ràpidament.

Podem aplicar la regla en que a mesura que augmenta la temperatura, augmenta la activitat i en conseqüència el nombre de microbis. En definitiva és important no mantenir els aliments en aquesta zona no més de 2 hores.

Per finalitzar entrem en la zona anomenada Zona Calenta. Es tracta de la zona de seguretat. Aquesta zona es troba des dels 60 °C en endavant, i és una zona de seguretat ja que és a partir d'aquesta temperatura (60 °C) a partir de la qual els microbis moren.

Dintre dels aliments podem diferenciar dos tipus, uns d'alt risc i uns altre de baix risc.

Els aliments que conformen el grup d'aliments d'alt risc són, tals com ara:

- Carns, peixos i marisc crus.
- Carns trinxades o carn picada.
- Llet i productes làctics sense pasteuritzar.
- Crema agra o natilla.
- Flams i postres amb llet i ous.
- Cremes.
- Ous i aliments amb ous.
- Cereals i llegums cuites, amb arròs i fesols.
- Fesols refregits.
- Melons tallats i a temperatura ambient.
- All amb oli a temperatura ambient.
- Amaniments amb ous per amanides.
- Amaniments amb brou de carn.
- Productes de pastes, tals com macarrons i fideus cuits.
- Patates fornejades, bullides o fregides.

Els altres aliments que conformen els aliments de baix risc son:

- Sopes y brous mantinguts en la zona calenta.
- Carns cuites o a la graella que es consumeixen immediatament.
- Aliments fregits que es consumeixen de immediat.
- Aliments secs, salats, amb àcid natural o afegit o conservats amb sucre.
- Nous.
- Pans, galetes dolces o salades.
- Mantega, margarina o oli de cuinar.
- Cereals secs.
- Llet en pols fins que se li afegeix aigua.
- Aliments enllaunats fins que s'obra la llauna.

Cal remarcar que tots dos grups no han d'estar en la zona de perill per més d'una hora.

#### **4.3.1.- Grups del persones més susceptibles d'infecció per bacteris**

Tots som susceptibles a les malalties causades per aliments contaminats. Però són els nens, les dones embarassades, les persones d'edat avançada, i aquelles persones amb deficiències en el sistema immunològic, tals com els pacients de càncer o SIDA, poden sofrir complicacions greus.



#### 4.3.2.- Enumeració dels principals bacteris contaminants dels aliments dels nadons

Anem a continuació els microbis que produeixen tots aquests problemes en els aliments.

##### 1- *Salmonella*:

Es troba als ous; carn d' aus; altres carns; llet i productes làctics sense pasteuritzar.

Els símptomes d'aquest microbi és dolor de cap, dolor abdominal, diarrea, febre, nàusees

Aquests símptomes comencen entre 8 y 48 hores després de menjar l' aliment contaminat. I es prolonguen els símptomes descrits anteriorment duran 1 a 8 dies.

##### 2- *E.coli* y *E. coli* 0157:H7:

Aquest tipus de bacteris es troba per l'ingestió d'aliments amb contaminació per excrement, llet sense pasteuritzar, productes de carns picades, vegetals conreats amb femtes.

Els símptomes principal d'aquest microbi són dolor de cap, diarrea, dolor abdominal greu.

Les complicacions causades per *E.coli* 0157:H7: colitis hemorràgica, diarrea amb sang, febre lleu, vòmits, nàusees, síndrome urèmic hemolític (anèmia severa i fallida dels ronyons).

Els símptomes de *E.coli* com del *E. coli* 0157:H7 comencen de 3 a 9 dies després de haver ingerit l'aliment contaminat, i duraran entre 2 i 9 dies , en el cas que no es pressentin complicacions.

##### 3- *Clostridium perfringens*:

El *Clostridium perfringens* es troba sobre tot en carns, incloent les de les aus, fesols refregits, salses amb suc de la carn.

Els símptomes que desenvolupa aquest bacteri són diarrea i dolor abdominal

Els seus símptomes comencen entre 6 i 24 hores després de menjar.

##### 4- *Listeria monocytogenes*:

Aquest tipus de microbi el trobarem en llet sense pasteuritzar i formatges tendres, vegetals de fulla, mariscs, carns d'au, patés de carn, amanides.

La simptomatologia per la ingestió d'un aliment amb aquests bacteri es febre sobtada, calfreds, dolor de cap, dolor d'esquena, no habitualment, dolor abdominal i diarrea.

En els nadons pot presentar problemes respiratoris, vòmits, es neguen a prendre líquids i, en alguns casos s'arriba a la mort per complicacions per meningitis.

La *Listèria monocytogenes* comença dintre de les 24 hores després d'haver ingerit l'alimento contaminat. En alguns casos, els símptomes tarden fins a 12 dies en aparèixer. Té una durada de entre 2 y 7 dies.

#### 5-. *Clostridium botulinum*:

Aquest microbi el trobem en carns, vegetals i barreges amb vegetals, peix i marisc, peix ahumat, que han estat envasat a la casa incorrectament o que d'alguna forma queden segellats al buit durant la cocció o emmagatzematge.

Els símptomes principals són visió doble, dificultat en empassar, dificultat amb la parla, paràlisis respiratòria, l'índex de mortaldat està a prop del 20%.

Els símptomes poden aparèixer entre 12 y 36 hores després de la ingestió de l'aliment contaminat. En alguns casos, pren més temps. La recuperació es lenta.

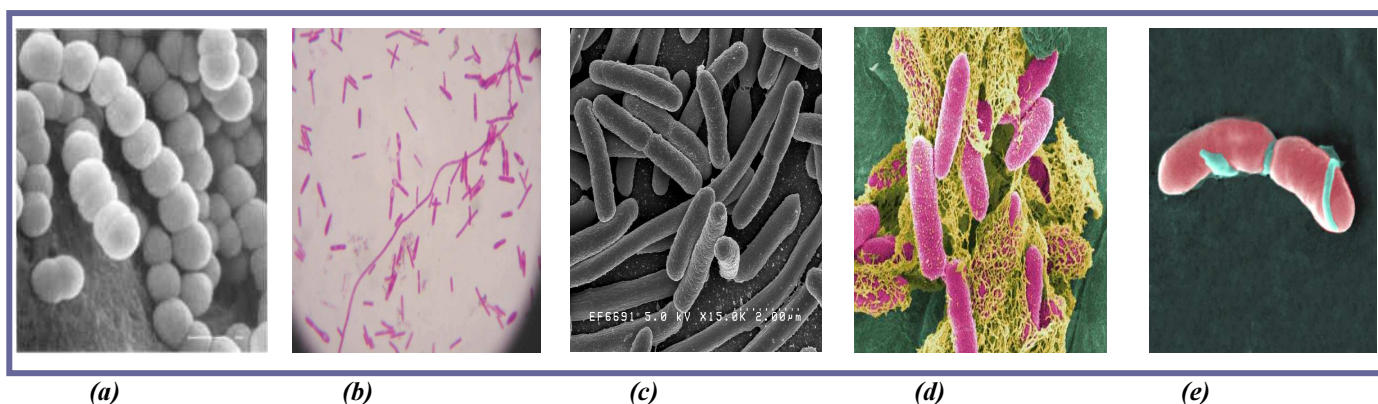
#### 6-. *Staphylococcus aureus*:

Aquest microbi el trobem en amanides amb ou, patates, pollastre o macarrons, natilles i flams; pernil, salami, formatge; carn d'au cuita i amaniments.

Els sintonies principals d'aquest bacteri apareixen de cop i volta entre 2 y 8 hores després de consumir l'aliment amb la toxina.

Té una durada de entre 1 y 2 dies.

A continuació una sèrie de fotografies extretes d'exploracions realitzades mitjançant la utilització d'un microscopi electrònic on es poden apreciar aquest tipus de bacteris.



**Fotografia 4.3** Fotografia dels principals bacteris contaminants dels aliments. (a) *Clostridium perfringens*, (b) *Clostridium botulinum*, (c) *E. coli* 0157 H7, (d) *E. coli*, (e) *Listeria monocytogenes*. Imatges extretes totes elles gràcies a l'ajut de un microscopi electrònic. [21]



(a)

(b)

**Fotografia 4.4** Fotografia de bacteris principals contaminants dels aliments. (a) *Listeria monocytogenes*, (b) *sioid salmonella*. Imatges extretes totes elles amb l'ajut d'un microscopi electrònic. [21]

#### 4.3.3.- Localització dels microbis

Els microbis els podem trobar en diversos llocs, però el lloc on abunden amb més quantitat és a:

- Les mans i les ungles brutes.
- La saliva dels humans i els animals domèstics.
- Els cabells.
- Les ferides infectades.
- La pell dels humans i els animals domèstics.
- Els estris de cuina contaminats.

- Els excrements humans i dels animals.
- A l'aire.
- A l'aigua contaminada.
- A les escombraries i a les restes de menjar.
- Les mosques, paneroles i rosegadors.

#### 4.3.4.- El que fa la indústria alimentària per evitar l'actuació dels microbis

Els que la indústria fa per tal de evitar els microbis i com a conseqüència les infeccions i malalties que aquests comporten és tenir un control exhaustiu sobre la brutícia.

A les indústries intentant mantenir els llocs de treball en bones condicions, mantenint aquests llocs de treball desinfectats i esterilitzats, depenent dels tipus de indústria a la que ens referim tindran un nivell de cura diferent degut a la importància d'aquests tipus d'indústria cap a la població.

Directament sobre els embolcalls d'aquest tipus d'aliment i en molts en general s'inclouen un tipus de substàncies anomenades Probiòtiques i Prebiòtiques.

Les substàncies Prebiòtiques es tracta de productes no digeribles, que beneficien al consumidor degut a que estimulen selectivament el creixement o la activitat de microorganismes específics de la microbiòtica intestinal.

Les substàncies Probiòtiques es tracta de substàncies que s'inclouen en productes, aquest tipus de substàncies contenen microorganismes vius que exerceixen un efecte positiu en la salut, que van més enllà dels efectes nutricionals del propi aliment.

#### **4.4.- Sistema proposat pel manteniment de la temperatura de l'aliment: Millores introduïdes**

El sistema que es proposa en aquest projecte és el de regular la temperatura de l'aliment eliminant en la major part possible tots moviments de manipulació en la que es troba sotmès l'aliment, ja que augmentant aquest nombre també s'augmenta el risc a que l'aliment pot contraure bacteris, que a la llarga aniran al nadó.

El sistema proposat intenta minimitzar al màxim aquests moviments de manipulació, s'ha intentat reduir aquest nombre a un, en el cas que sigui que l'aliment ve presentat en un envàs tetrabrik en estat líquid, en el cas que l'aliment vingui en estat sòlid, simplement farà falta afegir el líquid necessari per tal que quedi el compost preparat.

Amb el sistema preparat simplement s'ha d'introduir dintre de la xeringa determinada.

Com es pot veure en la explicació el moviment del propi aliment és ben simple ja que l'aliment es calenta directament dintre de la xeringa sense necessitat d'altres sistemes d'escalfament.

Amb la xeringa plena i acoblada al dispositiu ens assegurem que l'aliment no està infectat per bacteris a més de poder regular la temperatura a una temperatura constant al llarg de tot el procés de nutrició del nadó. Aquest és un punt en que en els sistemes d'escalfament anteriors no es podia regular, ja que després d'haver escalfat l'aliment i haver-lo introduït a la xeringa, l'aliment anava perdent de mica en mica la seva temperatura fins a quedar-se a una temperatura baixa, molesta pel nadó.

És precís remarcar que el procés de nutrició del nadó es tracta de un procés lent, ja que l'aliment es va introduint a una velocitat lenta però constant, tot això està programat a l'aparell que impulsa la xeringa, que és el que amb el nostre projecte complementa dit aparell.



**5.- DISSENY D'UN NOU DISPOSITIU  
PER LA REGULACIÓ DE LA  
TEMPERATURA DE L'ALIMENT DE  
NADONS D'INCUBADORA**



## 5.- DISSENY D'UN NOU DISPOSITIU PER LA REGULACIÓ DE LA TEMPERATURA DE L'ALIMENT DE NADONS D'INCUBADORA

A l'hora de dissenyar el nou sistema d'escalfament per a nadons s'ha partit des de zero, sense tenir cap aparell conegut al mercat al qual fixar-se a l'hora de dissenyar.

Com ja s'ha comentat anteriorment aquest sistema d'escalfament de les xeringues és un altre sistema per tal d'assolir una temperatura determinada de l'aliment.

### 5.1.- Premisses i restriccions del disseny

Les premisses principals del disseny han estat la construcció del sistema el qual s'adapta a una màquina determinada, així com fer el sistema d'escalfament ho més compacte i net possible.



*Fotografia 5.1* Fotografia del dispositiu sense el muntatge, amb el qual es va servir com a base per la realització dels diferents prototips. [21]

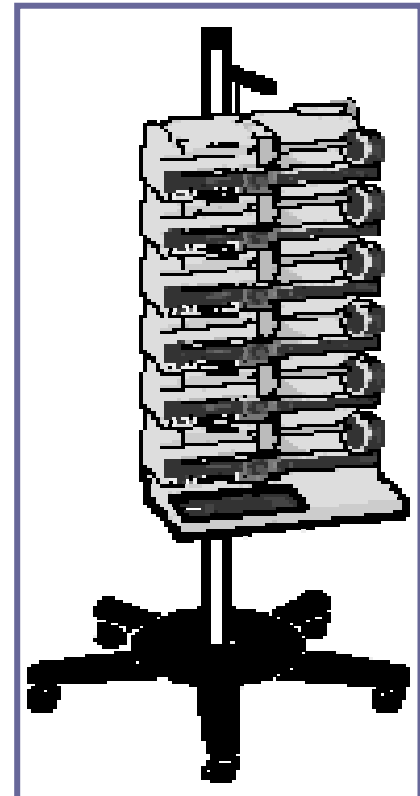
El model amb el que s'ha treballat es tracta d'un dispositiu de la empresa Fresenius, i el model és Anaesthesia model 2.

El dispositiu dissenyat ha de regular la temperatura de l'aliment que estarà dins de la xeringa a un valor de 10°C (o de 11°C) depenent a la temperatura que s'hagi programat el termòstat de l'aparell.

El dispositiu dissenyat pot treballar amb diferents mesures de xeringues (en el nostre cas es treballa amb una xeringa de 80 ml de capacitat) per diferents dosis d'ingestió, així com fer un muntatge en sèrie per tal de facilitar la ingestió a diferents nadons, cadascun amb un dispositiu independent.



**Fotografia 5.2** Fotografia d'un muntatge en cadena per la ingestió d'aliments pels diferents nadons. [21]



**Figura 5.1** Representació del dispositiu muntat amb sistema mòbil. Podem veure que no es tracta d'un element estàtic sinó que es pot acoblar fàcilment a un sistema mòbil per tal de tenir una major mobilitat en tot l'àmbit de l'hospital al qual ha estat destinat el dispositiu. [21]

Com es pot observar el sistema amb el que s'ha treballat es tracta d'un sistema portable que es pot acoblar d'altres sistemes del mateix tipus i model per tal de que treballin en les diferents tasques amb les que han estat programats els sistemes.

És important remarcar que aquest tipus de muntatge (muntatge en cadena mostrat en les fotografies **Fotografia 5.2**, i **Figura 5.1**) no està adoptat únicament per la marca Fresenius, sinó que d'altres empreses disposen d'aquest tipus de muntatge, ja que com veurem més endavant el dispositiu dissenyat s'adapta ben bé a tots els sistemes com el de l'empresa Fresenius.



El sistema ha de estar ho suficientment airejat per tal d'evitar que aquest agafi altes temperatures i evitar d'aquesta manera que hagi risc d'incendi del sistema ( cosa que s'evitarà gràcies als materials utilitzats tal com polímers que seran lliures de carburs)

El sistema a construir ha de ser fàcilment desmuntable per tal de poder netejar tot el subsistema interior amb molta facilitat per tal de mantindre aquest sistema amb ben estat i lliure de bacteris.

La restricció principal ha estat la de dissenyar un sistema que s'adapti a no només a la màquina impulsora del èmbol de la xeringa sinó que escalfi un tipus determinat de xeringa ( referint-nos al grandària en ml. que aquesta xeringa pot contindre).

El tipus de xeringa utilitzada per tal de treballar i desenvolupar el projecte han estat els provistos de la empresa Segap, un model anomenat Enteral.

Les mesures en les que ens hem restringit en el disseny han estat els dos models de 80 ml i 30 ml respectivament.



*Fotografia 5.3* Xeringues de 30 i 80 ml. Aquestes són les dues xeringues amb les que ens hem ajudat per elaborar el disseny de certes peces.

Són aquest tipus de mides de xeringues les més comuns utilitzades en aquest tipus de sistemes, ja sigui per la capacitat com per la grandària en general de la pròpia xeringa.

Els diferents tipus de xeringues el podem veure descrits a continuació. Podem observar les mesures més comuns de xeringues, amb el còdic utilitzat per la pròpia empresa, són les més utilitzades a la indústria mèdica.

<b>Códigos De Producto</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
3038080 (KSY10501)	Jeringa BD 1ml Paq. múltiple
3039820 (KSY10503)	Jeringa BD 3ml Paq. múltiple
3039830 (KSY10505)	Jeringa BD 5ml Paq. múltiple
3038090 (KSY10510)	Jeringa BD 10ml Paq. múltiple
3039840 (KSY10520)	Jeringa BD 20ml Paq. múltiple
3039850 (KSY10530)	Jeringa BD 30ml Paq. múltiple
3038100 (KSY10560)	Jeringa BD 60ml Paq. múltiple
3038110 (KSY11001)	Jeringa BD 1ml Paq. múltiple
3039870 (KSY11003)	Jeringa BD 3ml Paq. múltiple
3039880 (KSY11005)	Jeringa BD 5ml Paq. múltiple
3038120 (KSY11010)	Jeringa BD 10ml Paq. múltiple
3039890 (KSY11020)	Jeringa BD 20ml Paq. múltiple
3039900 (KSY11030)	Jeringa BD 30ml Paq. múltiple
3039910 (KSY11060)	Jeringa BD 60ml Paq. múltiple
3039920 (KSY12501)	Jeringa BD 1ml
3039940 (KSY12503)	Jeringa BD 3ml Paq. múltiple
3039960 (KSY12505)	Jeringa BD 5ml Paq. múltiple
3039980 (KSY12510)	Jeringa BD 10ml Paq. múltiple
3040000 (KSY12520)	Jeringa BD 20ml Paq. múltiple
3040020 (KSY12530)	Jeringa BD 30ml Paq. múltiple
3040040 (KSY12560)	Jeringa BD 60ml Paq. múltiple
3040060 (KSY15001)	Jeringa BD 1ml Paq. múltiple
3040070 (KSY15003)	Jeringa BD 3ml Paq. múltiple
3040080 (KSY15005)	Jeringa BD 5ml Paq. múltiple
3040100 (KSY15010)	Jeringa BD 10ml Paq. múltiple
3040120 (KSY15020)	Jeringa BD 20ml Paq. múltiple
3040130 (KSY15030)	Klerpack: Jeringa BD 30ml Paq.

**Taula 5.1** Taula dels diferents codis i mesures les de xeringues existents al mercat (expressats en ml). [22]

## 5.2.- Diferents fases del disseny. Avaluació de les fases i disseny final justificatiu.

En les diferents fases de construcció hi contemplem:

5.2.1.- Estudi de diferents sistemes i subsistemes pel manteniment de la temperatura de l'aliment de la xeringa. Selecció del sistema més idoni pel disseny.

5.2.2.- Estudi de diferents sistemes de subjecció de la xeringa, selecció del sistema de subjecció més idoni pel disseny.

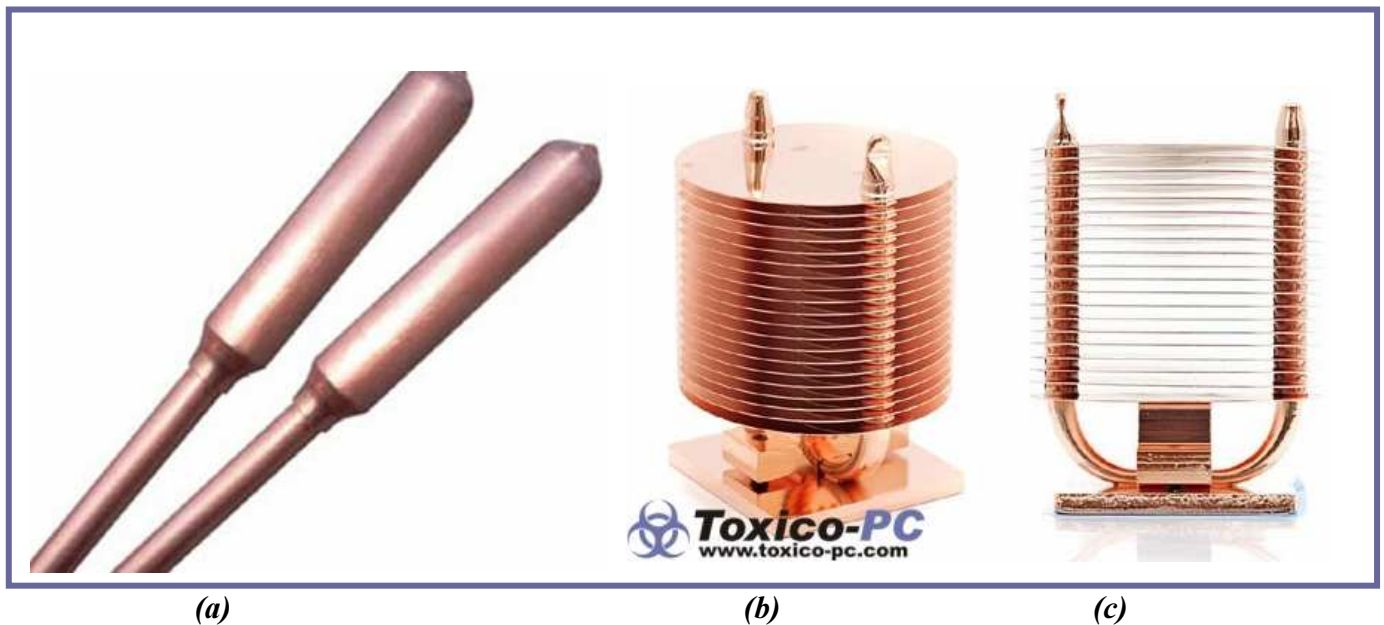
5.2.3.- Estudi i disseny dels sistemes de refrigeració de la Cel·la Peltier escollida. Disseny del radiador, i tipus de ventilador de dissipació de la calor del radiador.

5.2.4.- Disseny embolcall exterior de protecció de tot el sistema, així com la situació de tot l'aparell elèctric del sistema interior.

### 5.2.1.- Estudi de diferents sistemes i subsistemes pel manteniment de la temperatura de l'aliment de la xeringa. Selecció del sistema més idoni pel disseny

Els sistemes en els quals ens hem basat a l'hora de fer el disseny han estat el sistema de "Heat-Pipe", Resistències elèctriques, les Cel·les Peltier, i els sistemes de "Refrigeració Líquida".

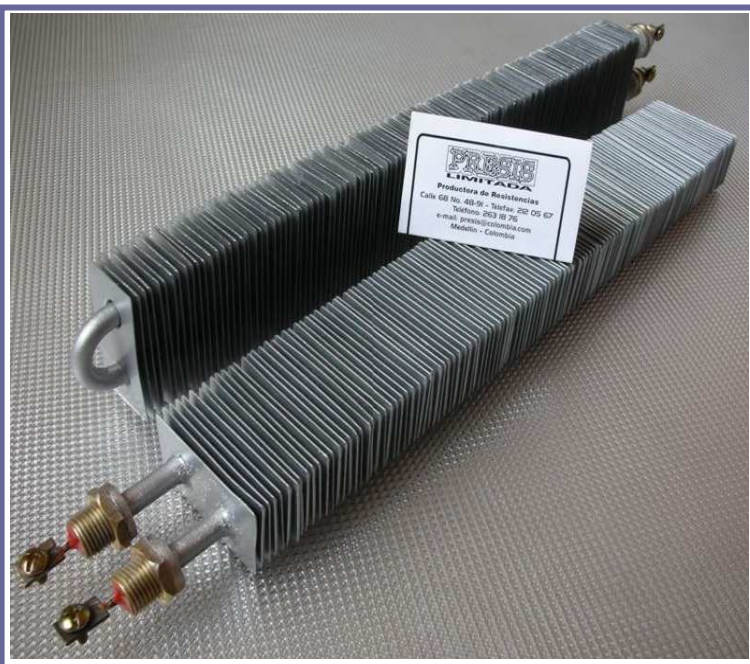
Vegem a continuació una representació fotogràfica de tots aquests sistemes nomenats.



**Fotografia 5.4** (a) "Heat-Pipe" tub, (b) Vista isomètrica d'un "Heat-Pipe" amb dissipador incorporat, (c) vista frontal del "Heat-Pipe" anterior esmentat.  
[17]



**Fotografia 5.5** Diferents tipus de resistències elèctriques en forma de tub. [17]



**Fotografia.5.6** Resistència elèctrica radiador d'aletes incorporat. [17]

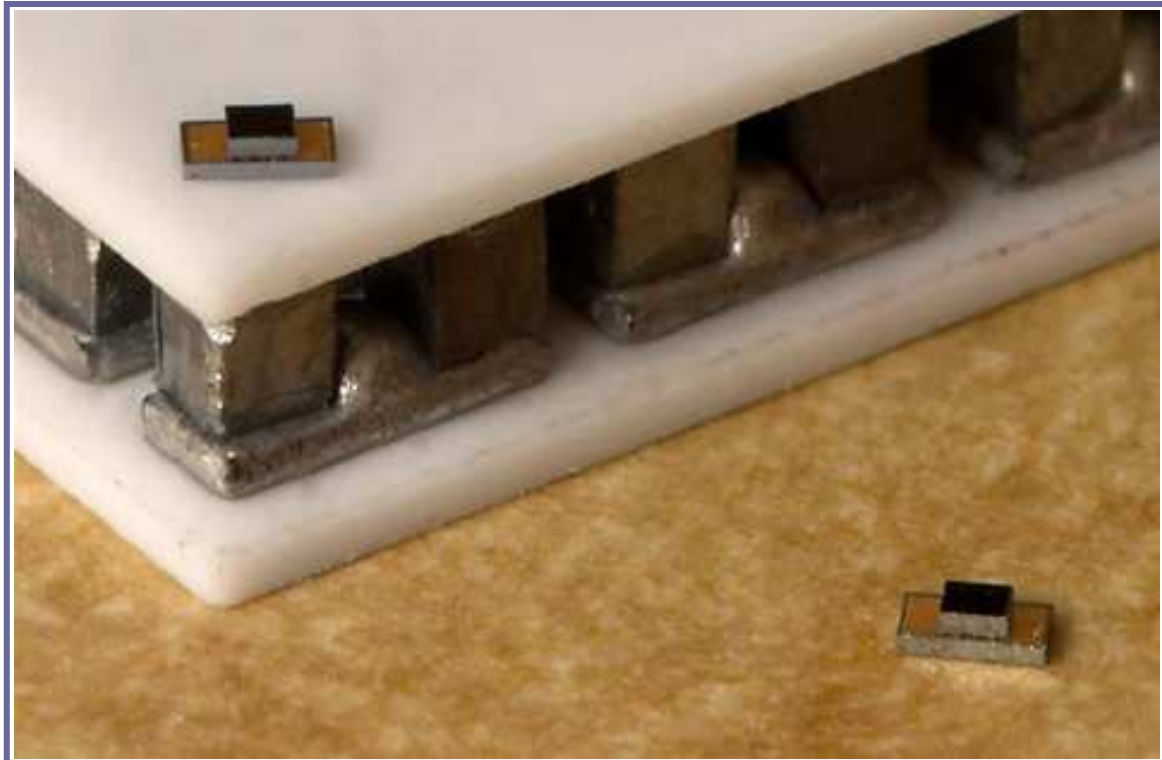


**(a)**



**(b)**

**Fotografia 5.7** (a) Peltier de l'empresa Supercool., (b) Peltier de l'empresa Carballada. Podem observar dos acabats diferents un suau i net i l'altre auster, S'observen diferents gruixos de la part ceràmica. [25]



*Fotografia 5.8* Detall de la constitució dels diferents elements d'una Cel·la Peltier. [25]

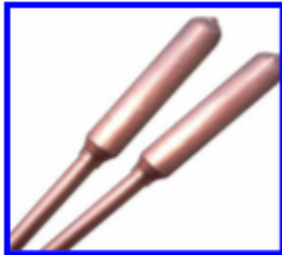


*(a)* *(b)*  
*Fotografia 5.9* Sistema de "Refrigeració Líquida". (a) Sistema de refrigeració de l'empresa Gigabyte, (b) sistema de refrigeració de l'empresa Gigabyte. [17]




**Fotografia 5.10** Sistema Súper compacte de “Refrigeració Líquida” de l’empresa Silver Knight. [17].


Un cop coneguts els sistemes tèrmics (per escalfar o refredar) més utilitzats a l’indústria ens disposarem a fer un balanç de quins sistemes són els més adients pel nostre cas, elaborant per cadascun d’ells un quadre amb els seus punts a favor i punts febles per tal de poder seleccionar el millor pel nostre cas.

Sistema tèrmic d’estudi	Avantatge	Desavantatge
Heat-Pipes 	Simplicitat	Si no incorpora aletes per la seva refrigeració (radiació) no té bones propietats refrigerants.
	Manteniment mínim simplement control visual per ver veure que no hi hagi brutícia.	Tamany elevat. Tant sigui el dispositiu amb aletes o sense aquest dispositiu ocupa un gran volum.
	Cost del producte baix. Tant es tracti amb aletes o sense aletes de refrigeració.	
	Els tubs poden tenir formes diverses.	Amb les aletes incorporades el disseny dels tubs no gaires graus de llibertat en quan a formes a adoptar.


**Taula 5.2** Taula de les dades extretes dels estudis dels “Heat-Pipes”.

Sistema tèrmic d'estudi	Avantatge	Desavantatge
Resistències elèctriques	Alt grau de producció de calor en un mecanisme de petit tamany	Alt consum d'energia elèctrica.
	Ràpida de producció de calor en poc temps.	Equip perillós degut a la quantitat de calor després en el seu funcionament. Perill de produir falles a d'altres components del conjunt.
		Manteniment elevat i precís. S'ha de tenir un manteniment exhaustiu en quantitat, estat del conjunt i funcionament.

**Taula 5.3** Taula de les dades extretes dels estudis de les Resistències Elèctriques.

Sistema tèrmic d'estudi	Avantatge	Desavantatge
Cel·la Peltier	Tamany reduït si es que no va acompanyat del radiador per un bon funcionament necessita un radiador	Tamany elevat si s'afegeix un bon radiador.
	Consum elèctric molt baix.	Possibilitat de que es cremi la cel·la Peltier amb una pujada forta de corrent.
	Manteniment molt baix.	Preu de les cel·les molt variant essent en tot el conjunt elevat.

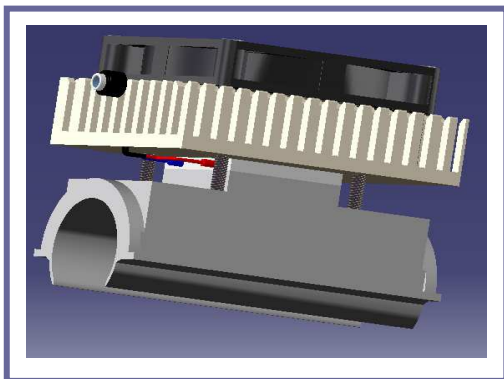
**Taula 5.4** Taula de les dades extretes dels estudis de les Cel·les Peltier.

Sistema tèrmic d'estudi	Avantatge	Desavantatge
Refrigeració Líquida 	Gran capacitat calorífica És un dels millors sistemes de transmissió de calor que hi ha.	Tamany molt elevat
		Gran complexitat en tot el seu mecanisme. Perill de fugues hidràuliques
		Al grau en la complexitat en el seu manteniment,

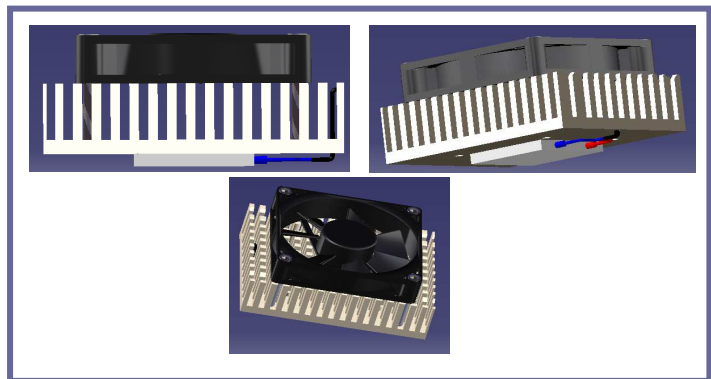
**Taula 5.5** Taula de les dades extretes dels estudis dels Sistemes de “Refrigeració Líquida”.

L'elecció del sistema assistit per cel·les Peltier és el més adient tant per eficiència tèrmica com per eficiència elèctrica.

A més aquest sistema (pensat per la reglació de la temperatura de la xeringa de l'aliment dels nadons) té un menor volum que els altres sistemes esmentats. Cal destacar el menor manteniment d'aquest sistema així com una fàcil substitució en cas de ruptura o avaria del sistema.



**Figura 5.2** Fotografia del sistema Peltier. Extret d'un dels prototips dissenyats. Es pot observar de dalt a baix en el muntatge el ventilador, radiador, Cel·la Peltier, sòcol transmissor de calor, i el conjunt de cargols que mantenen l'estructura unida.



**Figura 5.3** Conjunt de fotografies del sistema utilitzat de cel·les Peltier. S'observa el sistema complet de Cel·les Peltier autònom pel seu funcionament.



A continuació veurem els subsistemes que formen part del sistema de regulació de temperatura escollit. Aquests sistemes el que pretenen és el d'ajudar al sistema de regulació de temperatura, tant sigui controlant les variables de temperatura com ajudant i millorant la seva funció.

Un cop havent escollit el dispositiu de bescanvi de calor es buscarà que aquest sistema sigui ho més eficient possible.

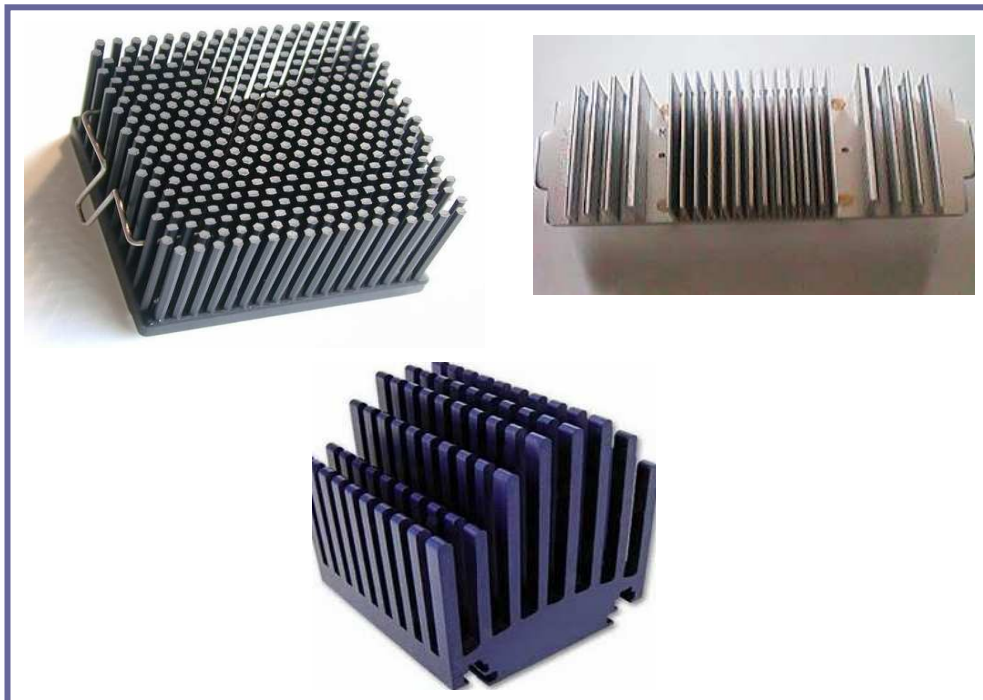
Es farà una recerca dels sistemes que puguin ajudar a guanyar eficiència al dispositiu de bescanvi de calor, acoblant aquest dispositiu al sistema de refrigeració (Cel·la Peltier), i així aconseguirem un sistema tèrmic més eficient.

Aquests subsistemes tèrmics d'ajut al sistema tèrmic escollit són tals com ventiladors, radiadors, termòstats... Però no s'utilitzaran tots els diferents sistemes del mercat, sinó que entre tots escollirem els aptes per les nostres necessitats.

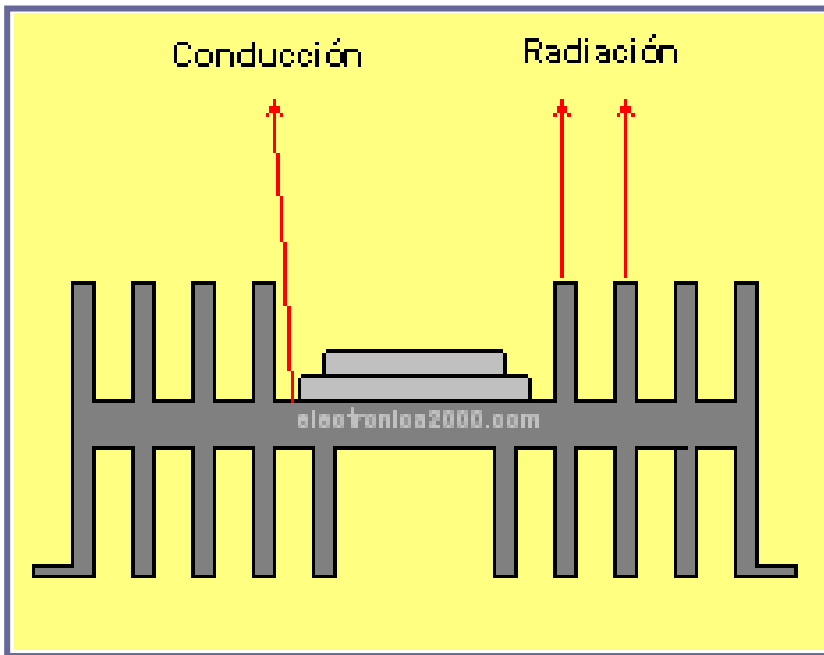
Molts cops es munten dos d'aquests subsistemes seguits, per tal de potenciar els efectes que aquests produeixen.

Un pot ser un sistema de refrigeració simple i l'altre un sistema que ajuda a guanyar eficiència aquest primer.

Observem ara el subsistema tèrmic per la dissipació de la calor generada per la part calenta de la Cel·la Peltier, en la seva configuració més simple, o sigui sense acoblar-se li cap ventilador, observem les seves formes diferents.



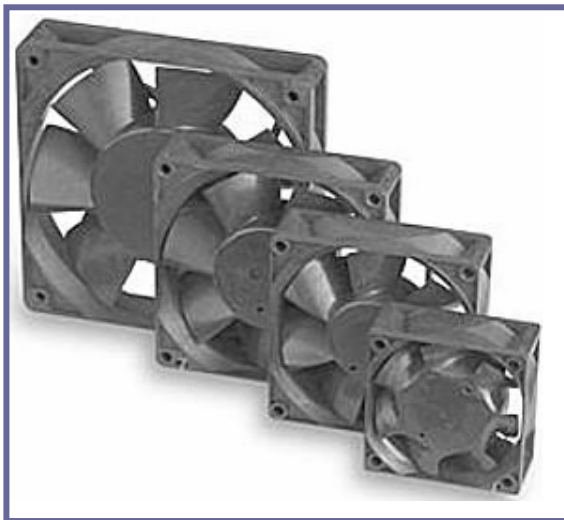
**Fotografia 5.11** Diferents radiadors de refrigeració. Podem observar que els radiadors poden tenir diferents formes tant en les aletes com en la seva configuració. [21]



Com es pot observar en la figura de l'esquerra, dintre del radiador succeeixen dos tipus de fenòmens físics produïts per la temperatura. Un és la conducció de calor entre el propi radiador i la Cel·la Peltier. L'altre és la convecció de la temperatura del radiador i l'aire que envolta dit radiador.

**Figura 5.4** Representació del fenòmens de transmissió de calor que tenen lloc en un radiador. [14]

Per tal d'ajudar al bon funcionament de els radiador, i de millorar les seves propietats dissipadores se li pot afegir aquest un ventilador, aquests poden ser els convencionals (utilitzats en la dissipació de les CPU dels ordinadors), o de configuració plana (utilitzats en els ordinadors portàtils).



**Fotografia 5.12** Ventilador convencional. Molt semblant a l'utilitzat en la construcció del dispositiu d'escalfament de xeringues de nadons d'incubadora. [21]



**Fotografia 5.13** Ventilador pla. Molt utilitzat en la indústria dels ordinadors portàtils. [21]

Observem a continuació un muntatge complet de un ventilador pla amb el seu corresponent radiador.



*Fotografia 5.14* Muntatge d'un radiador pla amb un dissipador d'ales al seu costat. [21]

En el següent gràfic podem observar el recorregut que efectua l'aire a través del sistema tèrmic de dissipació.



*Figura 5.5* Figura del moviment de dissipació de la calor per convecció forçada en un ventilador. Podem observar un muntatge treballant en conjunt entre un ventilador i un radiador, el moviment de l'aire que entra a una temperatura baixa i surt escalfat a una temperatura més alta. [21]

Els sistemes que ajuden a controlar les condicions tèrmiques, en el nostre cas del radiador i del sòcol, que a continuació podem observar en les següents fotografies.



*Fotografia 5.15* Fotografia d'un termòstat cilíndric amb el seu corresponent regulador analògic. [20]



*Fotografia 5.16* Termòstat rectangular sense unitat de regulació. Molt semblat a l'equipat al dispositiu. [20]

El que es vol aconseguir amb aquest estudi és minimitzar les pèrdues de temperatura i augmentar la eficiència aconseguint un alt grau en el rendiment en el sistema en conjunt.

### 5.2.2.- Estudi de diferents sistemes de subjecció de la xeringa. Selecció del sistema de subjecció més idoni pel disseny

En l'estudi de el sistema de subjecció de la xeringa al sistema es va pensar des del primer moment un sistema fàcil i ràpid en quant el canvi d'una xeringa buida per un altre de plena.

Les restriccions a l'hora de dissenyar el sistema, les directrius com ara la grandària l'eficiència del disseny, han estat clares. S'ha buscat un sistema sense element mòbils tal com les corretges de subjecció, tancaments ràpids, etc..

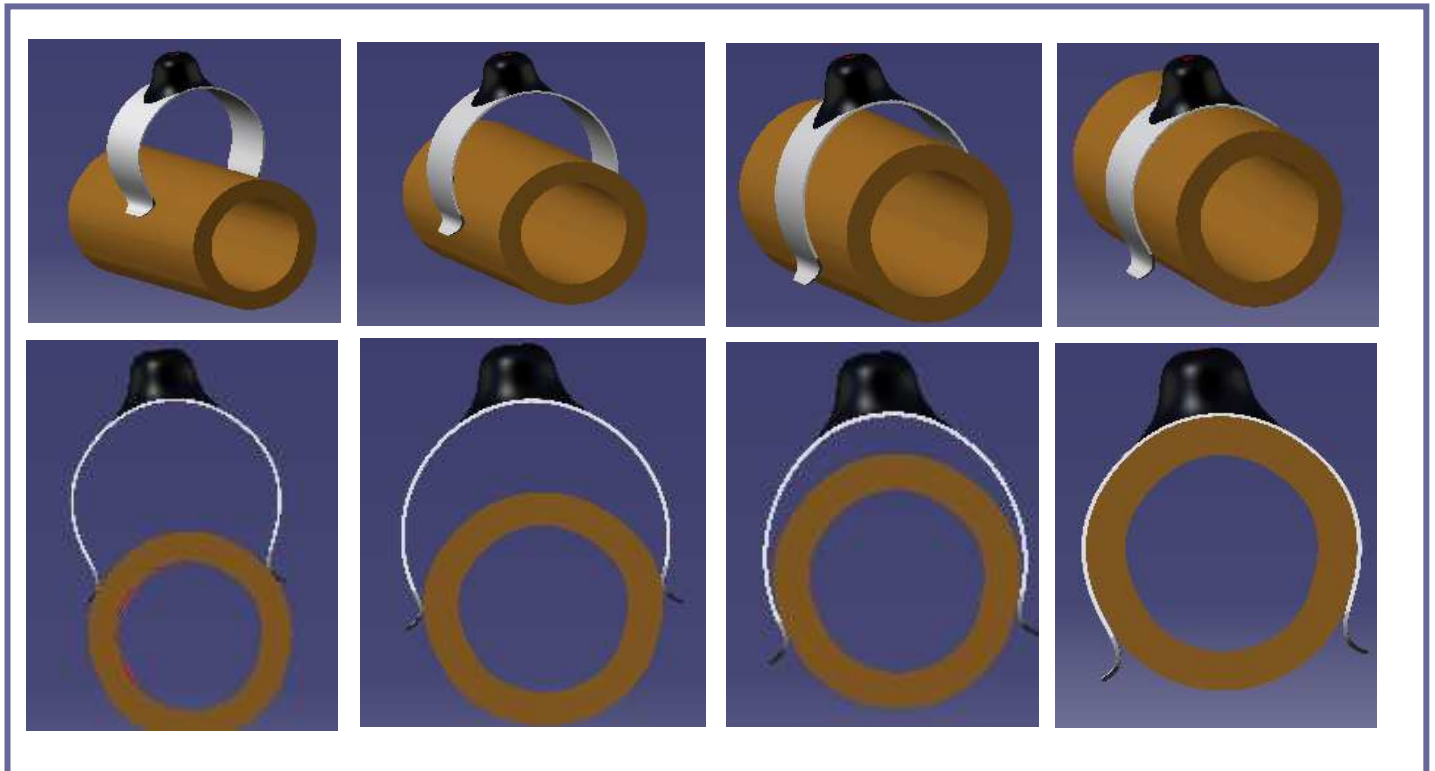
En el desenvolupament d'aquesta part del disseny ens vàrem basar en un sistema de subjecció de tuberies que hi ha a l'indústria de la construcció.

Aquest sistema consta d'un disseny en forma de semicercle, el qual té el diàmetre precís per tal d'envoltar una tuberia d'un diàmetre determinat, un cop el sistema ha estat muntat el sistema queda ben agafat i fix sense possibilitats de moviment.

En el disseny realitzat s'ha tingut en compte els diferents mòduls d'elasticitat dels elements a muntar, la peça sòcol que envolta la xeringa i la pròpia xeringa. Ja que en el cas que es sobrepassés aquest límit i s'arribés a una deformació permanent provocaria un muntatge defectuós amb la consegüent pèrdua de la transferència de calor entre els dos elements deformats, el sòcol o la xeringa o tots dos.



*Fotografia 5.17* Conjunt de fotografies de la peça en la que s'ha basat el disseny de subjecció del sòcol-xeringa.



*Figura 5.6* Subjecció de la xeringa: *Idea original presentada en el PFC del sistema de subjecció de la xeringa emprant una pinça retràctil.*

### **5.2.3.- Estudi i disseny dels sistemes de refrigeració de la Cel·la Peltier escollida. Disseny del radiador. Tipus de ventilador de dissipació de la calor del radiador**

Els diferents sistemes existents que hi ha al mercat per tal de refrigerar les cel·les Peltier hi trobem dos mètodes, que estan en molt d'ús aquests són la refrigeració mitjançant "Heat-Pipes", i els radiadors convencionals (d'aletes, circulars, d'agulles...)

El primer mètode, refrigeració mitjançant "Heat-Pipes", es tracta de la refrigeració de la Cel·la Peltier a través del contacte directe amb un conjunt de tubs ("Heat-Pipes"), els quals poden adoptar diferents formes determinades.

Aquest sistema té molt bona eficiència en si mateix. Si es vol guanyar en efectivitat en aquest tipus de dissipador al "Heat-Pipe" se'l pot afegir un conjunt de radiador, o aletes.

Tant mateix si es vol crear una convecció forçada en aquest sistema de refrigeració se'l pot afegir un ventilador, si es que es veu convenient la seva instal·lació.

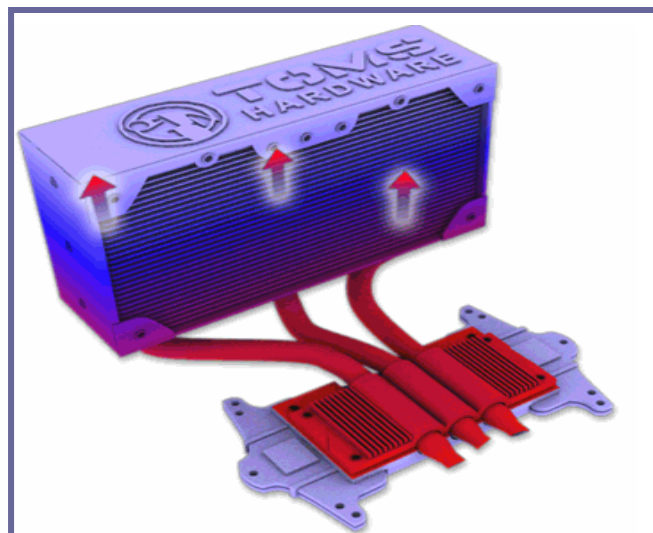
Segons el tipus de ventilador instal·lat ( la grandària, les aletes...) la dissipació forçada tindrà canvis importants, és convenient escollir el ventilador adequat pel dispositiu.

Com podem observar els punts forts d'aquest tipus de dissipadors de temperatura és la gran capacitat que té per extreure la temperatura.

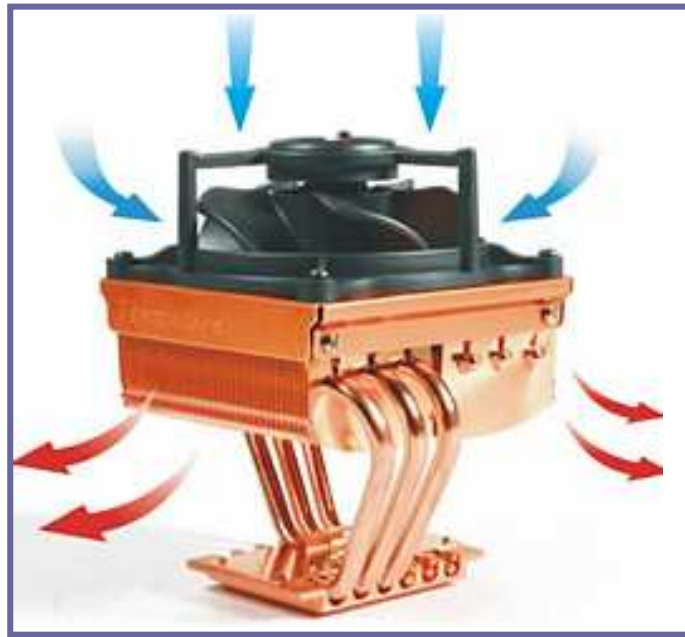
Encara i això el punt feble que juga en contra del nostre disseny és la seva grandària, cosa que aquest sistema no pot assolir, ja que si es vol tenir la màxima eficiència en aquest tipus de dissipadors s'ha d'instal·lar al "Heat-Pipes", un radiador i un ventilador per la convecció forçada.



**Fotografia 5.18** Part inferior sistema "Heat-Pipes" de refrigeració. Podem observar com en la part inferior els tubs "Heat-Pipes" conflueixen en un mateix punt per tal d'absorbir la temperatura generada per la Peltier. Aquesta temperatura serà transportada cap als radiadors i dissipada en les aletes del radiador. [21]



**Figura 5.7** Camí recorregut per la calor fins al radiador per tal de dissipar-se. [21]



*Figura 5.8* Flux complet de l'aire en un sistema de "Heat-Pipes" amb radiador i convecció forçada. [21]

El sistema més utilitzat habitualment per tal de refrigerar la calor generada per una de les cares de la Cel·la Peltier és a través d'un radiador d'aletes.

D'aquesta manera aconseguirem que el mètode per evacuar la calor generada de la Peltier passi al radiador pel procés de conducció. La calor rebuda d'aquesta manera pel radiador la dissiparà cap a l'aire a través del procés de convecció.

És tracta d'un mètode molt senzill i força eficient.

Si el sistema el volem fer més eficient li afegirem aquest radiador un ventilador. D'aquesta manera aconseguirem una convecció forçada, el que millorarà molt la refrigeració.

En el cas que es necessités tenir encara millor refrigeració podríem optar per la col·locació de dos ventiladors, un al costat de l'altre o col·locar un ventilador, amb característiques superiors al que portés anteriorment.

Cal tenir en compte que a l'hora de produir convecció forçada s'ha de trobar un equilibri, ja que en el cas de col·locar els dos ventiladors es podria donar el cas en que el propi aire de l'exterior impulsat per ventilador cap al radiador es tornés a reciclar amb el que les característiques del sistema de refrigeració no serien en tot cas les més adequades, ja que no hi hauria tant guany com s'esperaria, amb el que l'eficiència del sistema cauria.

Per tal de crear la convecció forçada en aquest tipus de sistema de refrigeració existeixen dos tipus diferents de ventiladors. Tenim per una banda els ventiladors verticals, utilitzats habitualment a la indústria, als cotxes, a cases...



Hi existeix un altre tipus de ventilador de menor grandària, ventiladors plans. Aquests ventiladors solen ser utilitzats en dispositius que precisin de un sistema de refrigeració que ocupi poca grandària, són molt utilitzats en ordinadors portàtils.

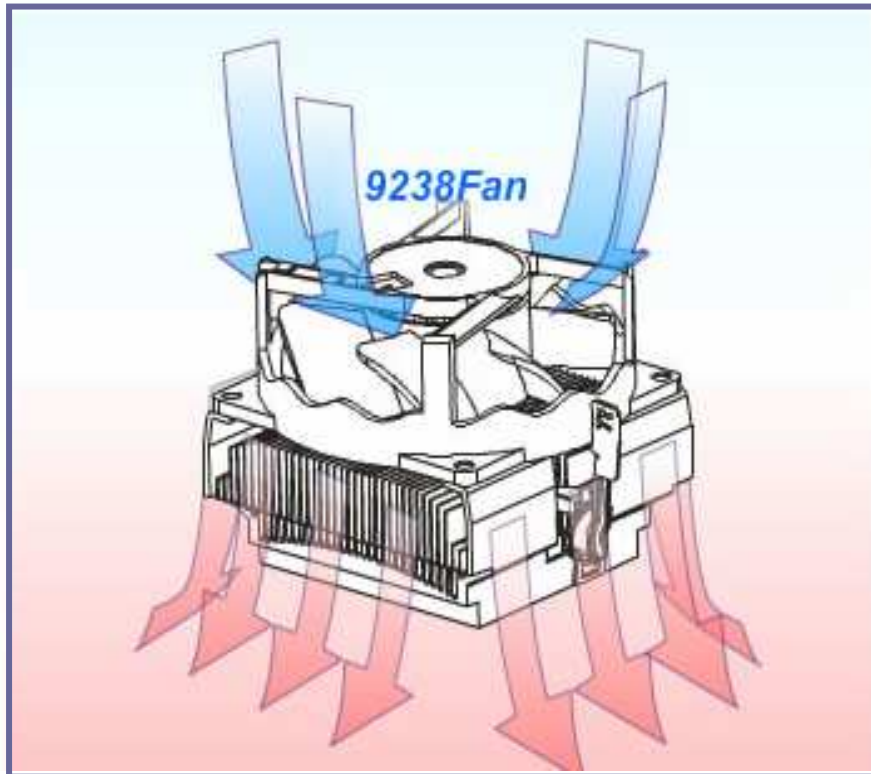
Per l'elaboració del dispositiu, s'ha escollit utilitzar el tipus de ventilador vertical. Que encara que ocupi més espai les seves característiques en quant a cabal volumètric són superiors comparades amb els esmentats ventiladors plans dels ordinadors.



**Figura 5.9** Sistema de refrigeració de dos ventiladors plans un al costat de l'altre. Podem observar l'entrada de l'aire per la part superior i la sortida horitzontal de l'aire calent extret del sistema. [21]



**Fotografia 5.19** Diferents muntatges de radiadors amb ventiladors. En un muntatge observem un muntatge amb dos ventiladors en l'altre observem solament un ventilador. [21]



*Figura 5.10* Muntatge de radiador amb convecció forçada. Observem com l'aire fred transcorre entre les aletes del radiador i surt amb una temperatura superior que la que n'entra. [21]

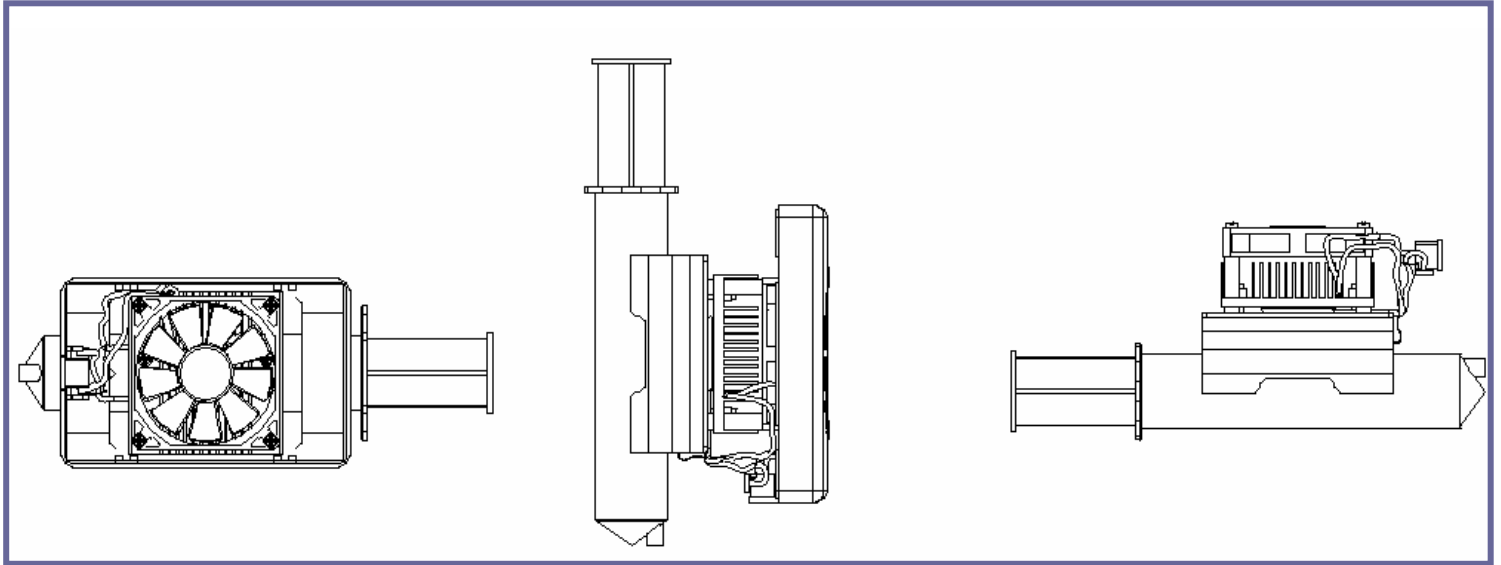
#### **5.2.4.- Disseny embolcall exterior de protecció de tot el sistema, així com la situació de tot l'aparell elèctric del sistema interior**

Per de a dur a terme la construcció de la part exterior s'ha construït primerament l'interior, per tal de saber quin volum cal cobrir amb l' embolcall.

Aquest embolcall ha de protegir no solament dels cops si no de la pols, evitar que aquesta entri amb facilitat en el sistema, i evitar que els especialistes que utilitzin aquest sistema puguin prendre mal degut a que les obertures a l' exterior per la seva refrigeració puguin tenir contacte directe amb les mans dels especialistes.

En el disseny de l'embolcall s' ha tingut cura en que les peces que produeixen més calor estiguin en contacte directe amb l' embolcall, que és de plàstic, per tal de evitar problemes.

L'aparell elèctric de l'interior consta d' una sèrie de cables elèctrics (pels dos termòstats, alimentació Cel·la Peltier, alimentació ventilador), aquests han estat degudament col·locats evitant en tot moment el contacte directe amb les parts mòbils de dispositiu i amb les parts generadores de calor.



*Figura 5.11* El dispositiu amb tapes i sense tapes. Podem observar prenent com a referència les tapes la situació del sistema elèctric com transcorre per tot el sistema.

És important que a l'hora de fer el disseny les peces no es toquin entre si, per tal de que a l'hora de tenir que muntar el dispositiu aquest no estigui forçat en el seu muntatge.

### **5.3.- Evolució del disseny del dispositiu de regulació de temperatura de xeringues per a nadons**

A continuació es farà una breu descripció de l'evolució dels diferents dissenys i una explicació per tal d'entendre l'evolució de dit disseny fins arribar al disseny definitiu que ha resultat ser el disseny final.

Podem dividir les diferents fases de l'evolució del disseny en dues:

*5.3.1.- Evolució del disseny del sòcol de les xeringues. Justificació del disseny.*

*5.3.2.- Evolució del disseny de les tapes exteriors. Justificació del disseny.*

*5.3.3.- Conclusió sobre l'evolució dels diferents dissenys dels sòcols i les tapes.*

#### **5.3.1.- Evolució del disseny del sòcol de les xeringues. Justificació del disseny**

El sòcol de la xeringa és aquella part del dispositiu que fa de unió entre una de les cares de la Cel·la Peltier i la pròpia xeringa.

És la peça encarregada de transmetre temperatura a la xeringa. Ha de tenir unes característiques tal com una molt bona transmissió de calor, intentant abarcar una bona part de la superfície de la pròpia xeringa. Tant mateix ha de tenir un dispositiu de subjecció a la xeringa ho suficientment forta com per fixar fort la xeringa al dispositiu, però la fixació ha de ser també ho suficient plàstica com per

permetre una desfixació fàcil de la xeringa al dispositiu.

Com es veurà a continuació la evolució del dispositiu de subjecció de la xeringa sòcol, ha seguit una evolució complexa.

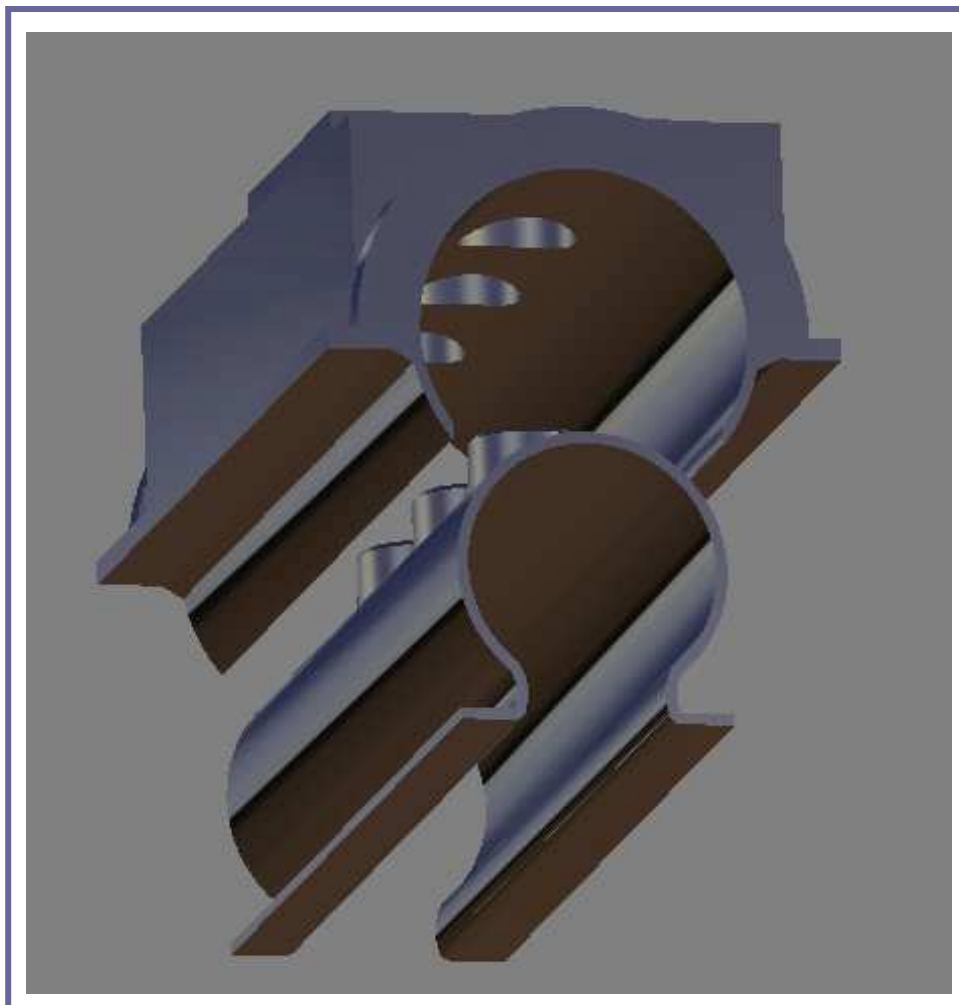
Passant des de descartar un sistema per poder acoblar dos tipus diferents de xeringues en un mateix mòdul fins a una variació entre mides i formes de la fixació a la xeringa per tal d'aconseguir un enganxament i desenganxament ferm i fàcil.

El primer disseny presentava un sistema el qual com s'ha mencionat anteriorment incorporava una peça que feia possible el poder incorporar dues mesures diferents de xeringues en un sol disseny.

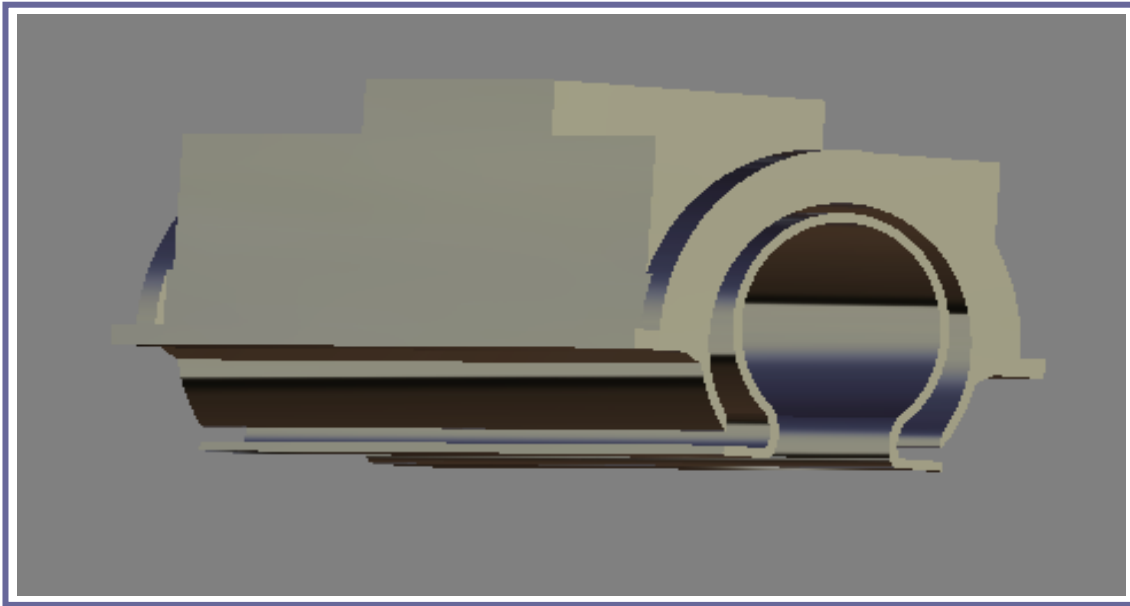
La peça petita anava enganxada dins la gran mitjançant uns bolons els quals oferien entre dues peces pressió per tal que aquestes es quedessin ben fixades pel seu bon funcionament.

Com es pot veure a continuació aquest sistema era molt senzill i pràctic, en un principi. I resolva el problema que teníem. Aquest problema no era sinó el poder acoblar dos tipus de xeringues en un mateix dispositiu, el que a la llarga ajudaria a vendre el producte.

El sistema de fabricació de l'acoblament era també molt senzill amb el que en un principi era un disseny apte per la seva fabricació.



*Figura 5.12* Primer disseny del sòcol de la xeringa. Podem observar els 3 bolons de fixació de la peça de disminució de diàmetre (segons el tipus de xeringa) a la peça sòcol. (Disseny fet amb Catia V5 R18)



**Figura 5.13** Esquema del muntatge del sòcol amb la peça reductora. Podem observar com les dues peces queden ben encaixades entre si.

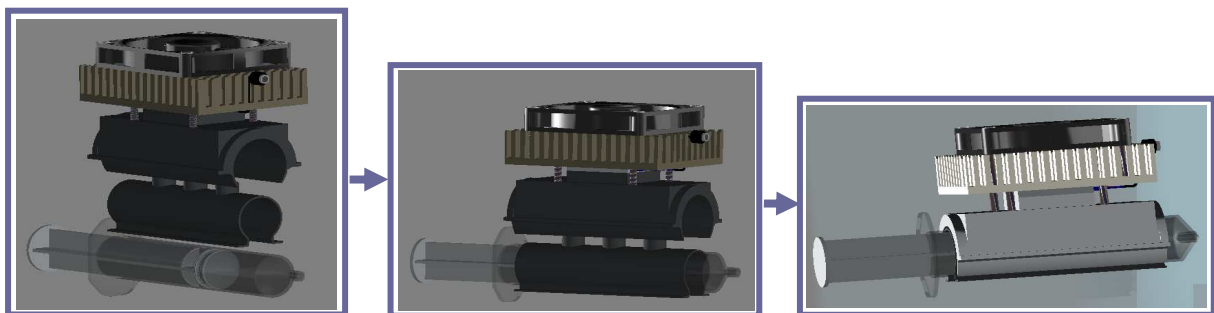
En un principi es va pensar que aquesta era una bona solució per tal de poder disposar de diferents mesures de xeringues, però a la llarga es va veure que el sistema era complicat de fixar, ja que el acoblar la xeringa es tornava una feina força complicada.

El problema radicava en que al acoblar la peça reductora del diàmetre per tal d'acoblar la xeringa de menor diàmetre era força difícil, ja que s'havia d'exercir molta força per tal que el conjunt quedés ben travat.

L'altra complicació radicava en que al voler acoblar la xeringa de menor diàmetre, prèviament havent muntat la peça reductora, la feina era complicada, ja que travava amb molta força i el seu desmuntatge revestia molta complicació, ja que era molt difícil extreure solament la xeringa, deixant les altres dues peces enganxades al dispositiu.

Normalment quan s'extreia la xeringa de diàmetre petit, un s'enduia la xeringa i l'acoblament reductor per la pròpia xeringa.

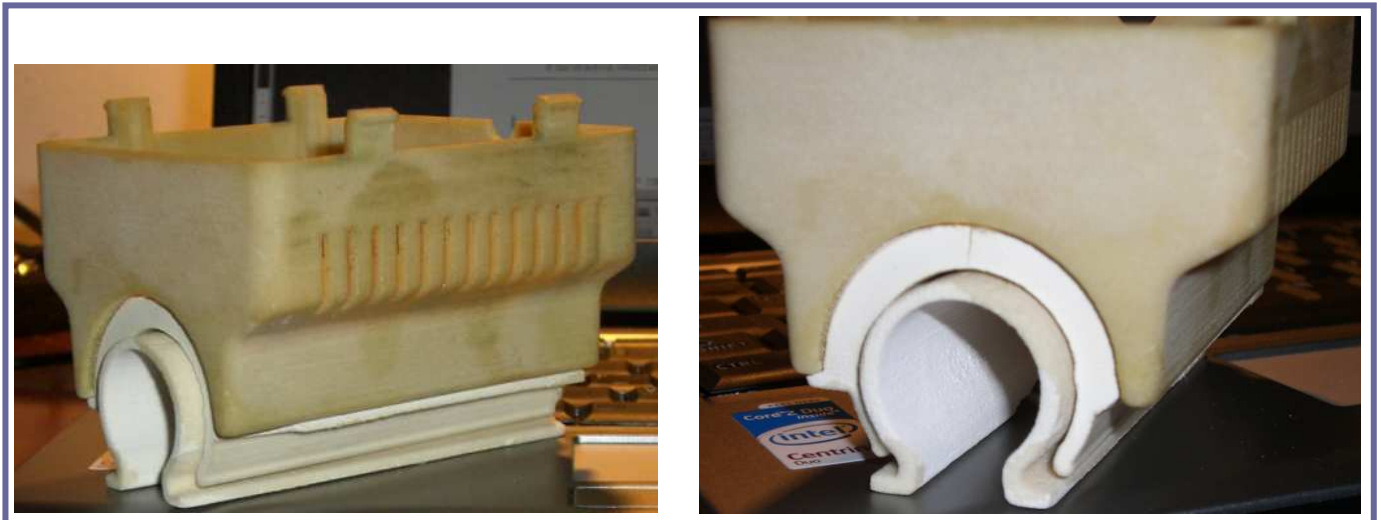
Un altre problema que ens vàrem trobar en aquest disseny va estar la pròpia transmissió de calor.



**Figura 5.14** Conjunt de figures representatives d'un muntatge entre xeringa, reductor xeringa i sòcol.

Recordem que qualsevol pèrdua en quant la transmissió de calor farà que el sistema perdi en eficiència i pugui ser ràpidament descartat com a disseny correcte.

Vàrem observar que el problema de transmissió de calor en l'acoblament per la xeringa petita radicava en la superfície de contacte.



*Fotografia 5.20* Fotografia extreta d'una impressió en estelitografia. Podem observar com el sòcol i reductor xeringa (peces més clares) no estan infiltrades, en canvi la carcassa inferior (d'un color marronós) sí que ho està.

Al produir-se una menor superfície de contacte amb la peça que estava directament en contacte amb la Peltier les propietats de transmissió de temperatura disminüen notablement, però no fent perillar el compromís, ja que s'aconseguien les temperatures desitjades igualment.

Un cop havent desestimat el primer disseny per tal d'abarcava els dos tipus de xeringues amb un mateix sistema, es va decidir que els sòcols tindrien la grandària determinat per cada xeringa. Es varen escollir dos grandàries que són els més utilitzats en els hospitals de maternitat.

En el moment de fer una comanda per part d'un hospital ha de especificar quin tipus de xeringues s'utilitzaran per tal d'adjuntar un tipus o un altre de sòcol.

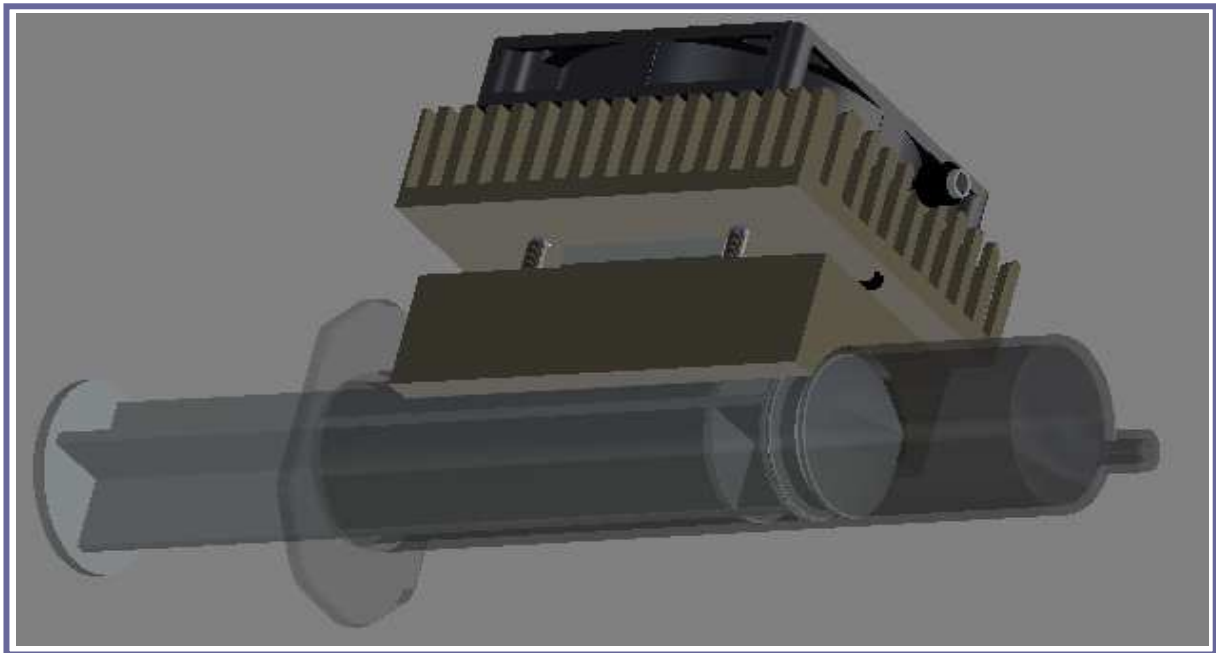
En el següent disseny vàrem continuar amb l'evolució del primer.

La subjecció amb la xeringa era un tant precari. La xeringa no quedava ben enclavada i amb l'augment de temperatura ja es preveia que per causes de la dilatació dels materials l'enclavament s'acabaria desfent-se tot sol.

El problema principal radicava en que la peça sòcol no abarcava el suficient diàmetre de la xeringa amb el que aquesta no quedava ben fixada.

És lògic que un disseny en el que el seu enclavament principal amb la xeringa no funcionés no tindria moltes possibilitats per tal de produir un producte amb aquest tipus de disseny.

Un altre punt a remarcar és el disseny un tant auster, amb arestes lliures el que li dona un aire un tant arcaic a la peça sòcol.



*Figura 5.15* Segon disseny del sòcol de la xeringa. Podem observar les arestes vives del disseny i unes formes un tant austeres.

Cal esmentar que en aquest disseny es varen eliminar els tres forats creats en el sòcol de la xeringa, els quals permetien enganxar el reductor de la xeringa.

Eliminant aquest forats i augmentant la massa del sòcol es va aconseguir un augment de les propietats i de l'eficiència del sistema.

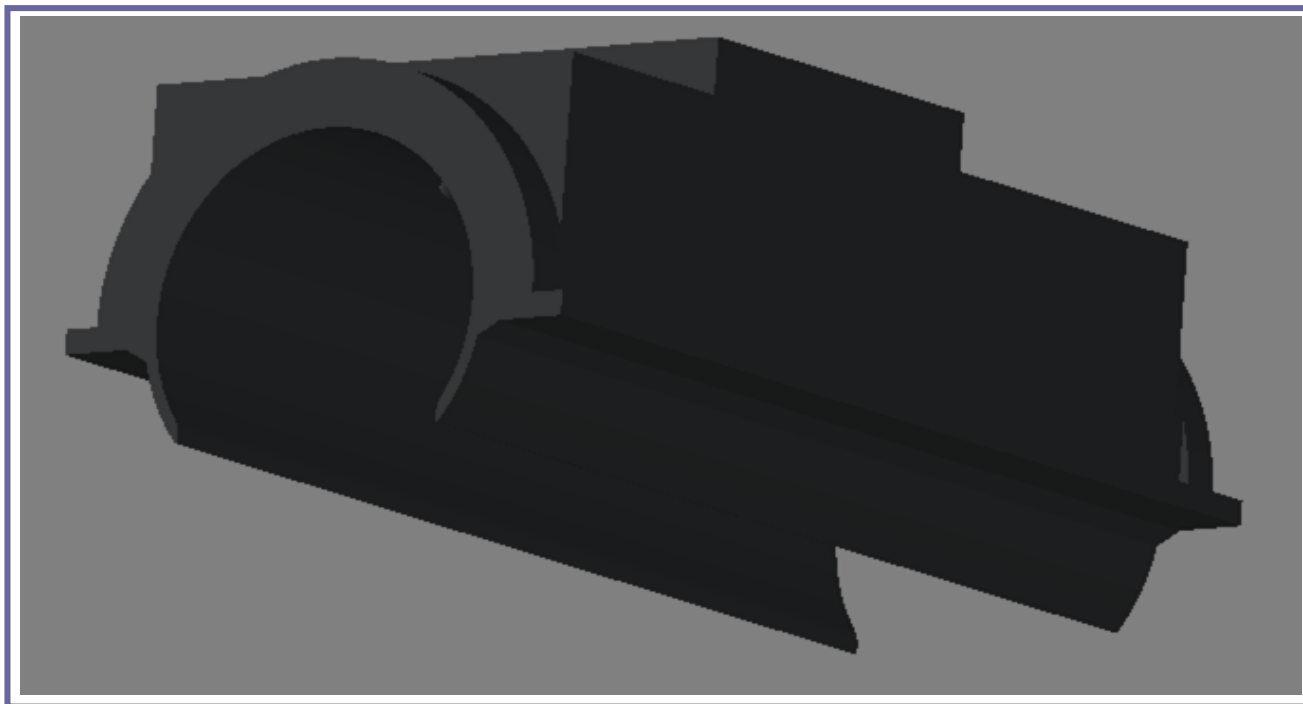
El sistema es va desestimar degut a que el tipus d'enganxament que hi havia amb la xeringa no era ho suficientment fort i per tant no era apte com per poder-se utilitzar en llocs tant delicats com pot ser ara una nurseria de un hospital.

Ràpidament es va decidir augmentar la superfície que oferia força per tal de tenir la peça ben enganxada.

Es va decidir abarcar més superfície de la xeringa, amb el propòsit de fer la fixació més consistent.

Es va aconseguir, però ara era massa rígida la subjecció. Fent suposicions varen esbrinar que la culpa era que la part que s'havia prolongat per tal de rigidificar la subjecció era massa curta, amb el que la part d'aquesta peça no cedia ho suficient i no es permetia una fàcil subjecció de la xeringa.

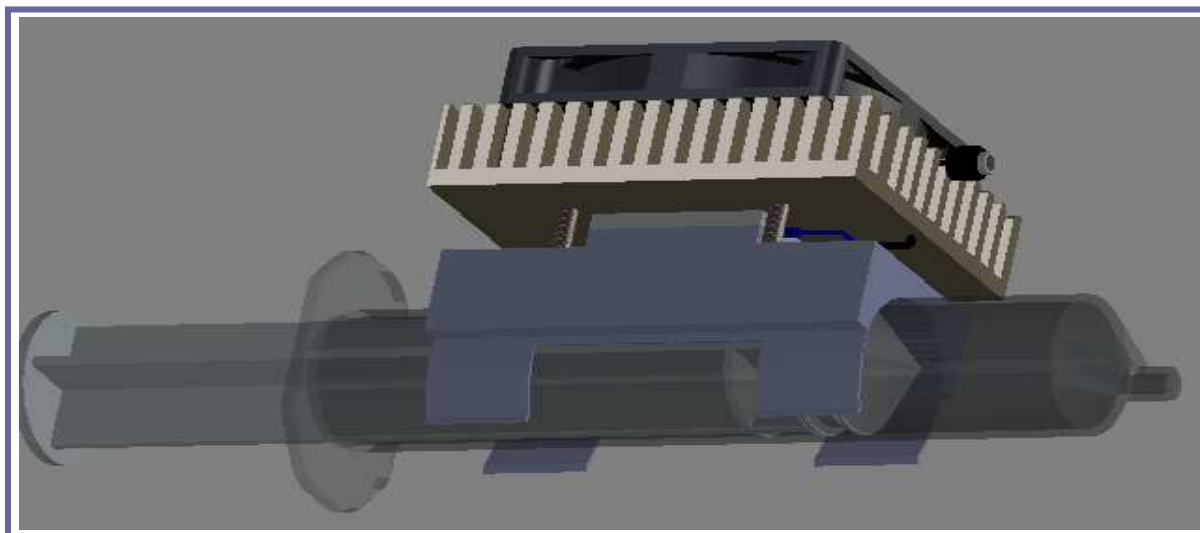
Tant mateix l'extracció era força difícil, arribant al punt a que la xeringa s'havia de desenganxar fent corre la xeringa per tota la superfície longitudinal del sòcol, com si de un cargol i la seva femella es tractés.



**Figura 5.16** Tercer disseny del sòcol de la xeringa. Es pot observar els prolongaments per tal de rigidificar l'enganxament.

En el següent disseny es varen incorporar unes potes. La funció d'aquestes potes era la de paliar el problema existent en el disseny anterior que era l'excessiva subjecció de la xeringa.

En aquest disseny no es varen fer canvis gaire significatius en quant a la grandària del sòcol. Les mesures es varen quedar gairebé invariables.



**Figura 5.17** Quart disseny del sòcol de la xeringa. Es poden observar les grans potes introduïdes en aquest disseny.



El problema que presentava aquest disseny era el mateix que s'havia introduït en el propi disseny.

Les potes tenien una forma molt gran. Eren massa grosses, i era una zona on hi havia una pèrdua important de temperatura generada per la Peltier.

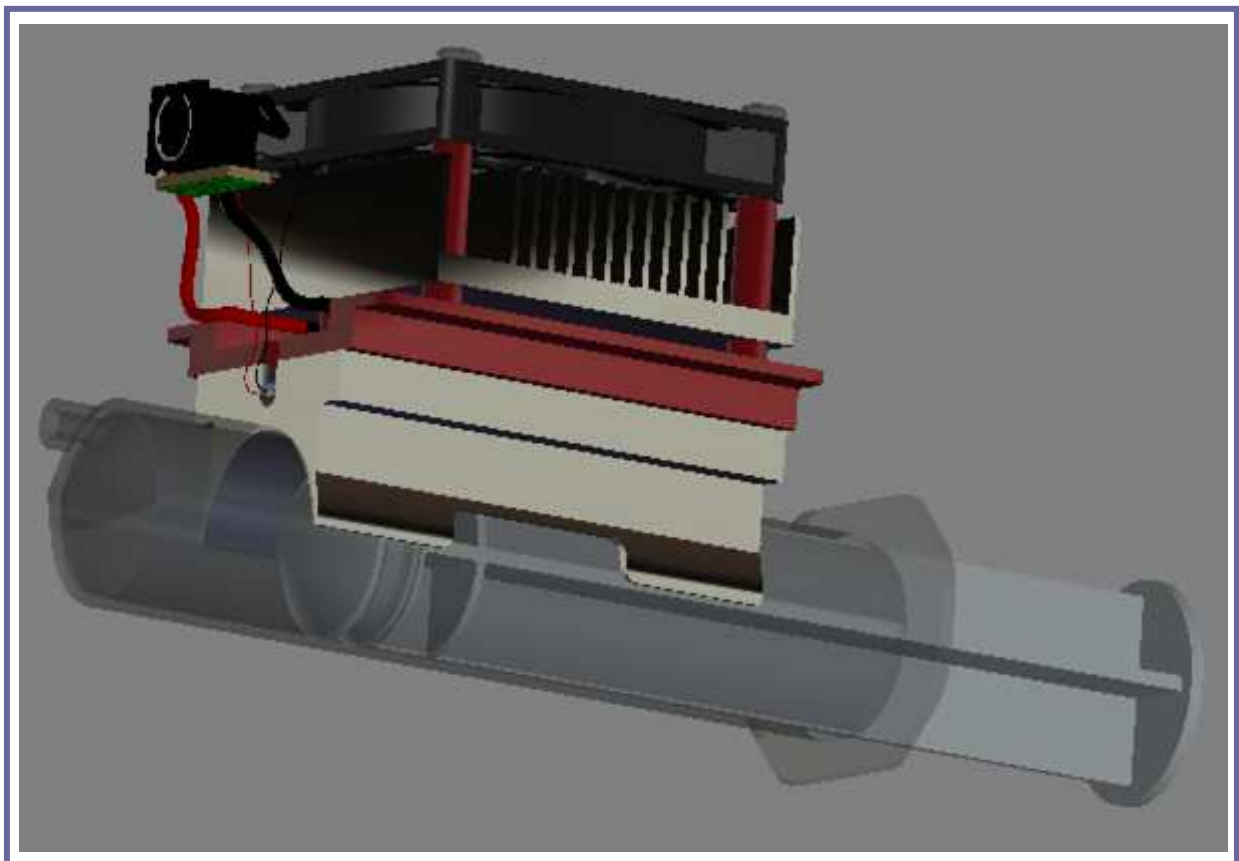
Encara això la idea va agradar al client, però vàrem veure que el disseny no era viable.

La següent evolució del disseny va resultar ser la definitiva

Evolucionant la idea del disseny anterior es varen retallar significativament la grandària de les potes del sòcol de subjecció.

Es varen deixar el mateix nombre de potes. I es varen fer canvis mínims en la forma general del sòcol de la xeringa.

Es va augmentar la massa total de la peça, i arrodonint arestes per tal d'aconseguir un disseny net i clar.



**Figura 5.18** Disseny final del sòcol de la xeringa. Es pot observar la disminució de la grandària de les potes.

### 5.3.2.- Evolució del disseny de les tapes exteriors. Justificació del disseny

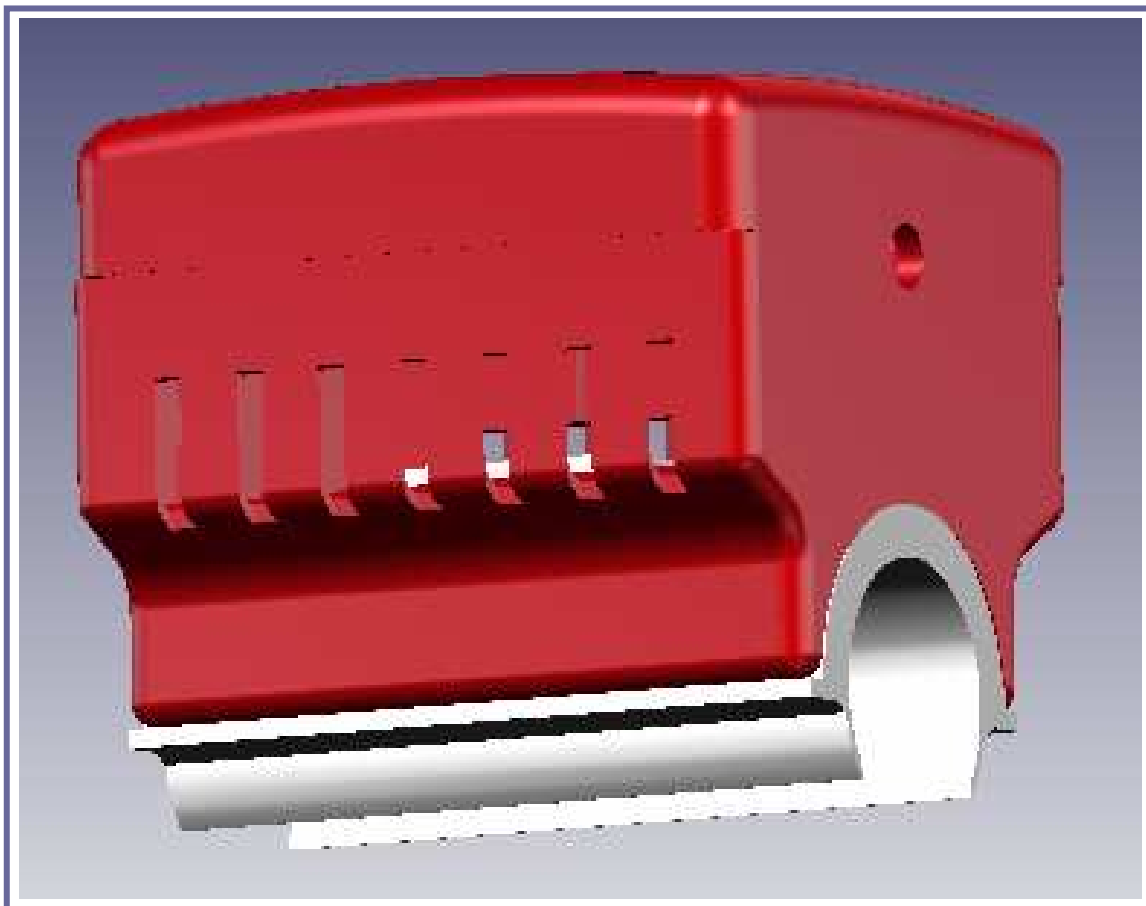
Les tapes exteriors són també molt importants ja que donen protecció als dispositius elèctrics interiors, salvaguardant-los de la humitat la pols i altres inclemències que es puguin trobar en el lloc de treball

El primer disseny de les tapes tant la inferior com la superior es varen dissenya conjuntament amb el sòcol.

Les tapes tenien una gran quantitat de obertures per tal de tenir el dispositiu dissipador de temperatura en bones condicions tèrmiques.

Des de un principi es va decidir que en la tapa superior es farien una sèrie d'obertures en forma circular, ja que d'aquesta manera la superfície oberta que ajuda a airejar el sistema, en aquest cas la entrada d'aire és millor, ja que aquestes entrades són concèntriques respecte a la superfície del ventilador.

Aquestes obertures circulars a més de tenir una funció de dissipació ajudaven a embellir el disseny i fer-lo més agradable a la vista, donant-li fluïdesa de línies.



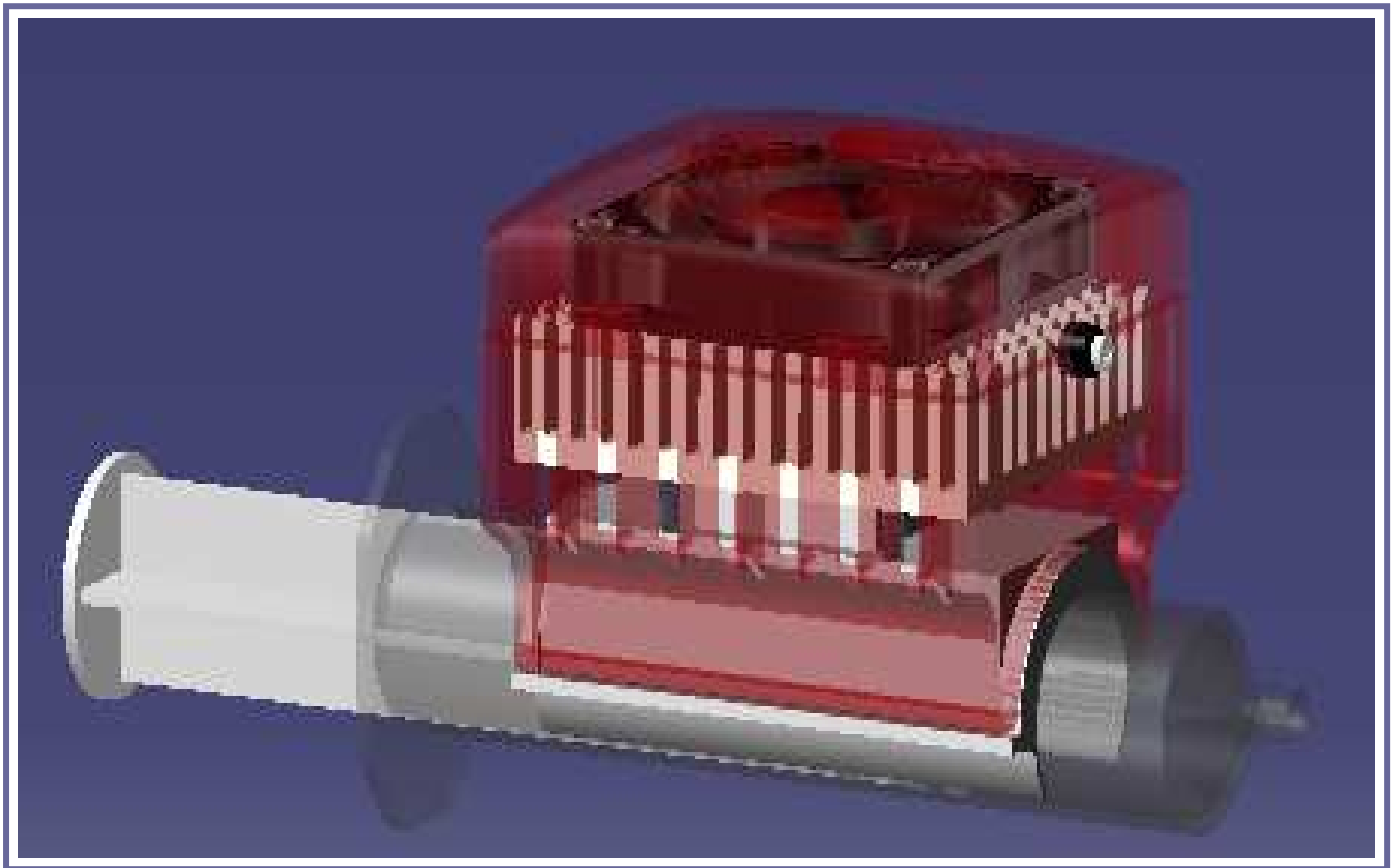
*Figura 5.19* Primer disseny de la tapa exterior. Podem observar com el disseny envolta el sòcol, deixant la part inferior al descobert per la seva manipulació.

Cal destacar d'aquest disseny que la part inferior està dissenyada de tal forma que a l'hora de exercir pressió per tal de enganxar la xeringa aquesta no es desmunti. És a dir, al exercir una força vertical sobre la xeringa, no hagi possibilitat de que el ventilador surti per la part superior. És per això que el sòcol té aquesta forma en la seva part inferior.

Les dues tapes s'unien entre si amb uns clips interiors (quatre, dos per cada costat), amb el que s'aconseguia una molt bona fixació.

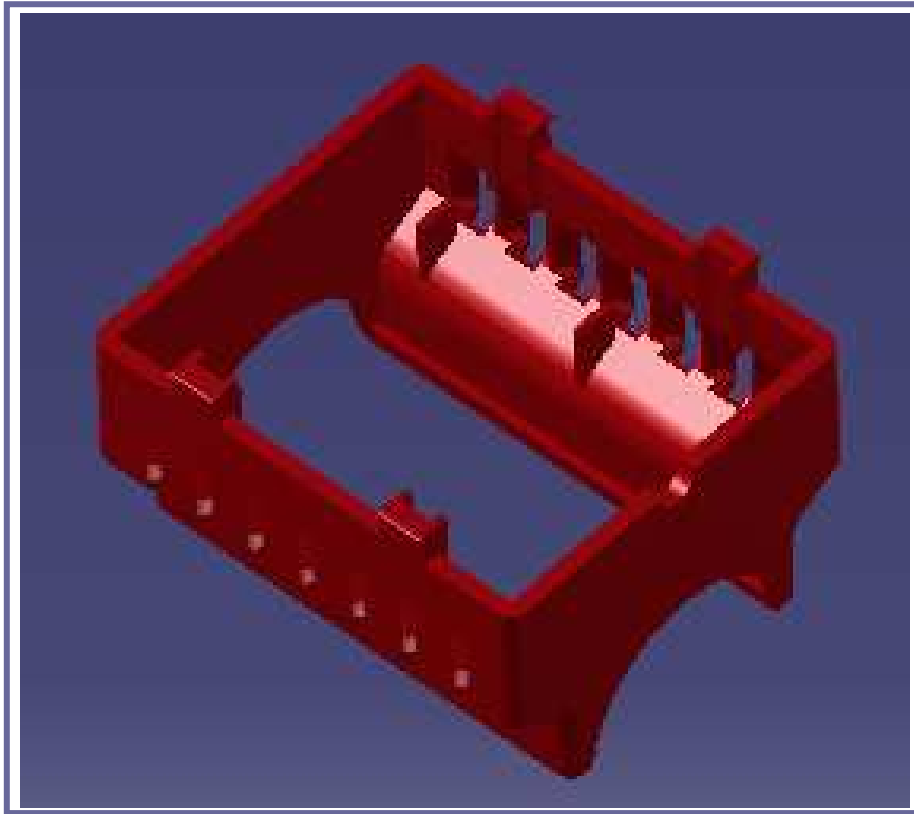
Es varen dissenyar una sèrie de reforços interiors per tal de enfortir zones on hi podrien haver possibles fissures fins i tot rotures. Aquests reforços en forma de nervis van assegurar que el sistema no es trenques ni en successives obertures i tancament del sistema.

Els reforços als estar a la part interior no importaven la seva grandària, però sí la seva funcionalitat, així que es varen dissenyar ho més gran possible per tal que el disseny adquirís la major rigidesa possible.



*Figura 5.20* Imatge del primer disseny de la tapa exterior en transparència. Es pot observar com tot el conjunt té una gran compactat.

El disseny resultant va ser un disseny molt compacte, encara i això vàrem trobar varis defectes.



**Figura 5.21** Interior de la tapa lateral inferior. S'observen els nervis per enfortir l'estructura.



**Figura 5.22** Interior tapa superior. Observem els quatre nervis que a més de rigidificar la peça fan d'ajuda per el muntatge.

Un d'aquests defectes en el disseny va ser la forma en que s'obria la tapa superior. En el seu disseny es va decidir fer una de les cares de la tapa superior una mica més ample com si es tractés d'una forma de visel. D'aquesta manera l'operari de l'aparell tenia una superfície que sobresortia per tots dos cantons amb el que la operació de obrir la tapa per la seva inspecció es simplificava molt.

El disseny era tan compacte, que tots els components estaven molt junts, es van detectar problemes de temperatures elevades en el seu interior pel seu bon funcionament.

Aquesta va ser una de les raons per les que es va desestimar el disseny, ja que la temperatura trobada en el seu interior rebaixava notablement l'eficiència del sistema.

Per finalitzar el client no li va agradar el sistema en visel per tal d'obrir el dispositiu amb el que ens vàrem disposar a seguir el seu desenvolupament.

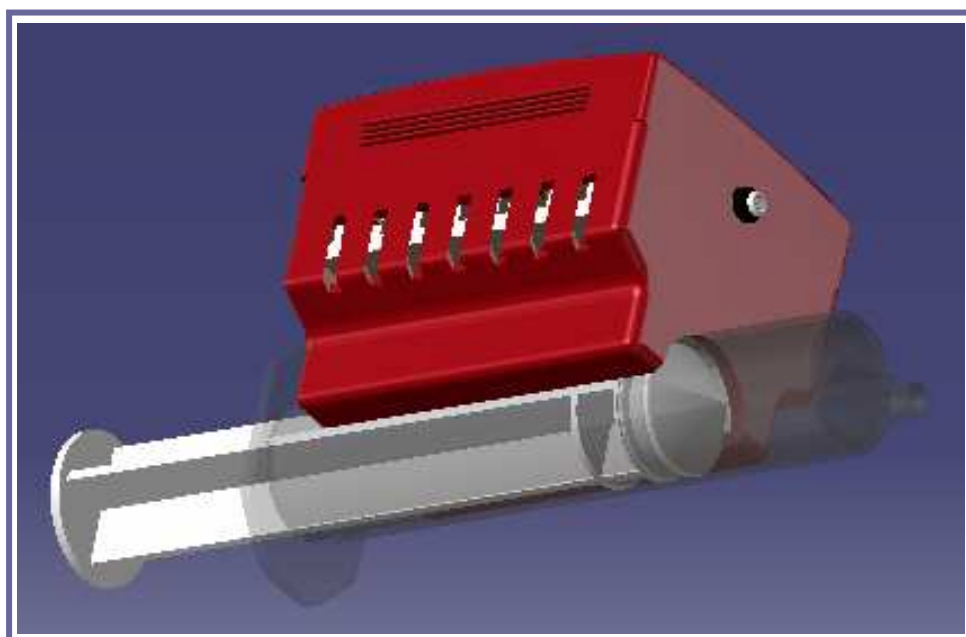
En el següent disseny realitzat es va decidir que la tapa inferior tapés completament el sòcol de la xeringa.

D'aquesta manera aconseguíem un disseny força modern, amb unes formes molt estilitzades.

Cal destacar que la forma de visel del disseny anterior va desaparèixer, introduint en aquest nou disseny unes rugositats laterals. Aquestes rugositats ajudaven a subjectar amb fermesa la tapa i poder fer pressió per desenganxar les tapes entre si.

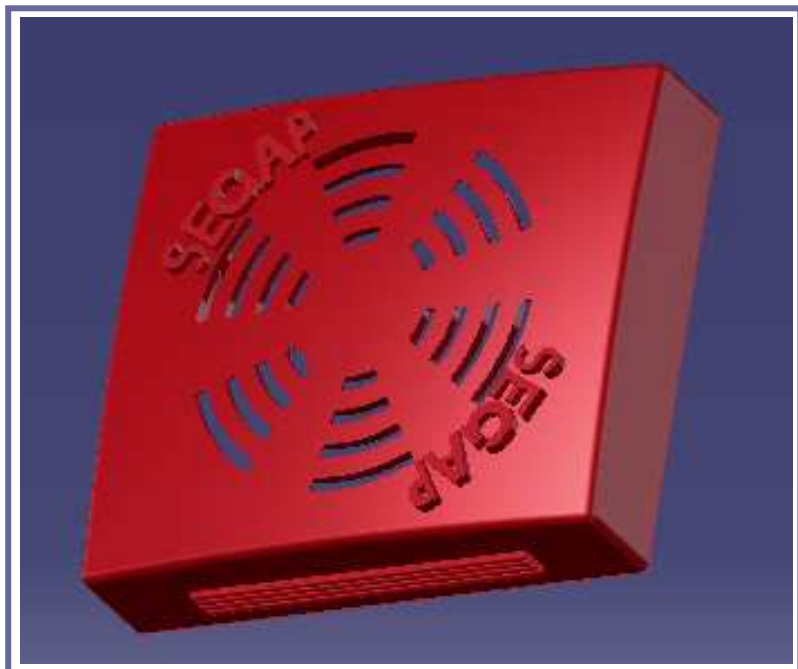
Un dels problemes que s'havien presentat anteriorment eren la gran compacitat, el que provocava que el sistema s'escalfés al seu interior per sobre dels límits establerts.

En aquest disseny es van augmentar els forats d'aïració per tal d'aconseguir millors propietats en la evacuació de la temperatura de l'interior.



*Figura 5.23* Segon disseny de la tapa exterior. *Visió conjunt un cop muntat.*

En aquest disseny es va mantenir la gran compacitat i es va introduir un relleu amb la marca de l'empresa per la que es fabricava el producte.



**Figura 5.24** Figura del disseny on s'han introduït les rugositats per millorar l'obertura i la marca de l'empresa.

Tot això va agradar molt al client, però seguïem tenint problemes de temperatura, i problemes en el sistema d'obertura.

Es va decidir seguir amb el desenvolupament del producte amb aquestes idees noves.

Es va posar molt d'èmfasi en millorar la ventilació del sistema.

El següent disseny, en quant a la carcassa exterior, va resultar ja, el definitiu.

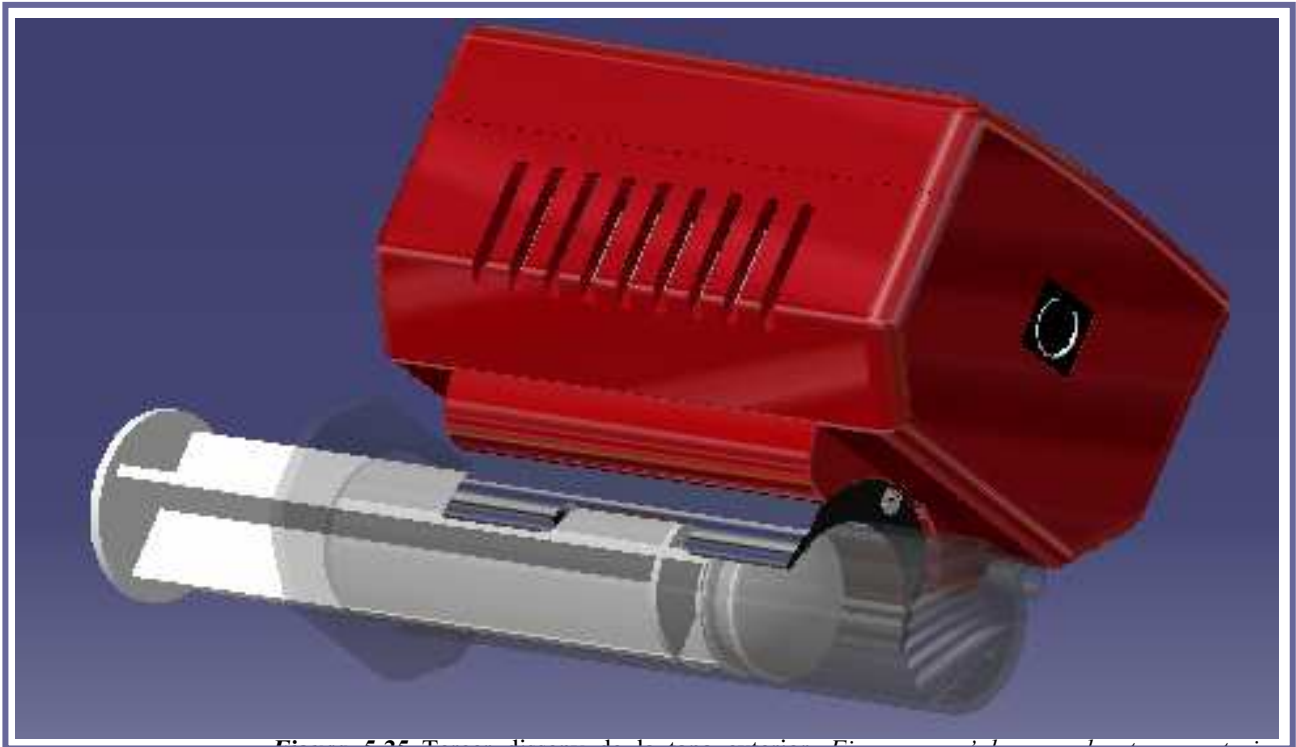
Es varen augmentar les mides, fent un disseny no tant compacte, però si totalment funcional.

Els nervis de rigidesa es varen augmentar considerablement en quant longitud.

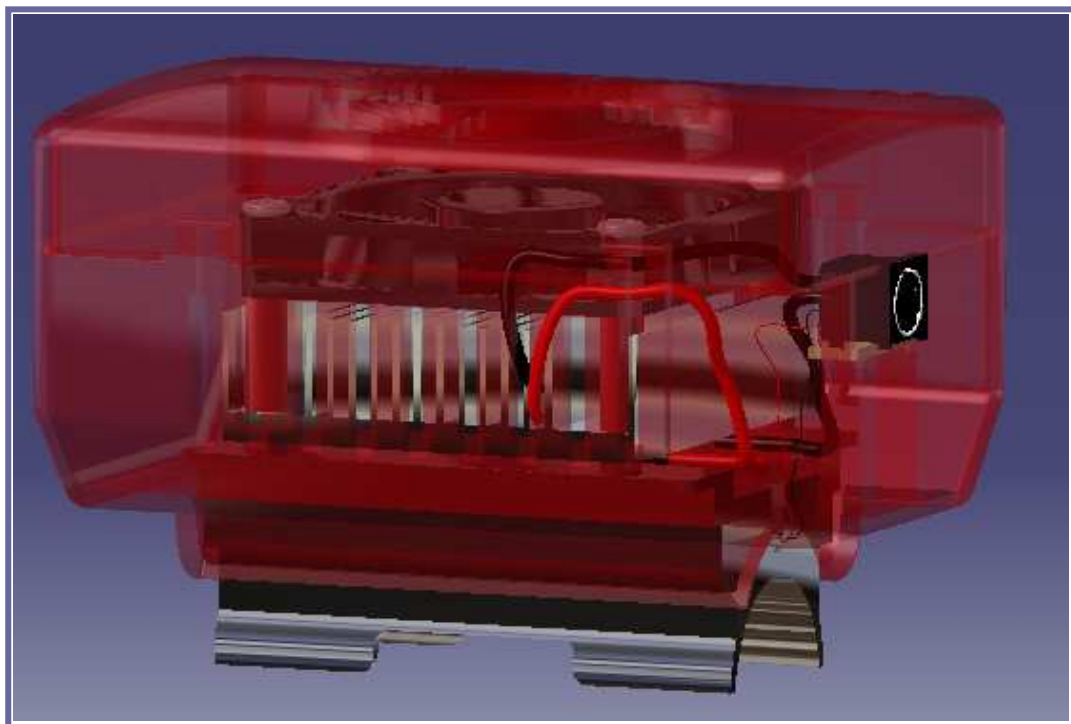
La grandària de les obertures d'aireació es varen fer més estretes, però es varen fer més llargues amb el que aconseguïem bones prestacions en quant aireació del producte en funcionament.

A més a més es va decidir que el sòcol no estigués cobert per la tapa inferior, amb el que en el disseny final es pot veure aquesta modificació en quant el recobriment del sòcol de la xeringa.

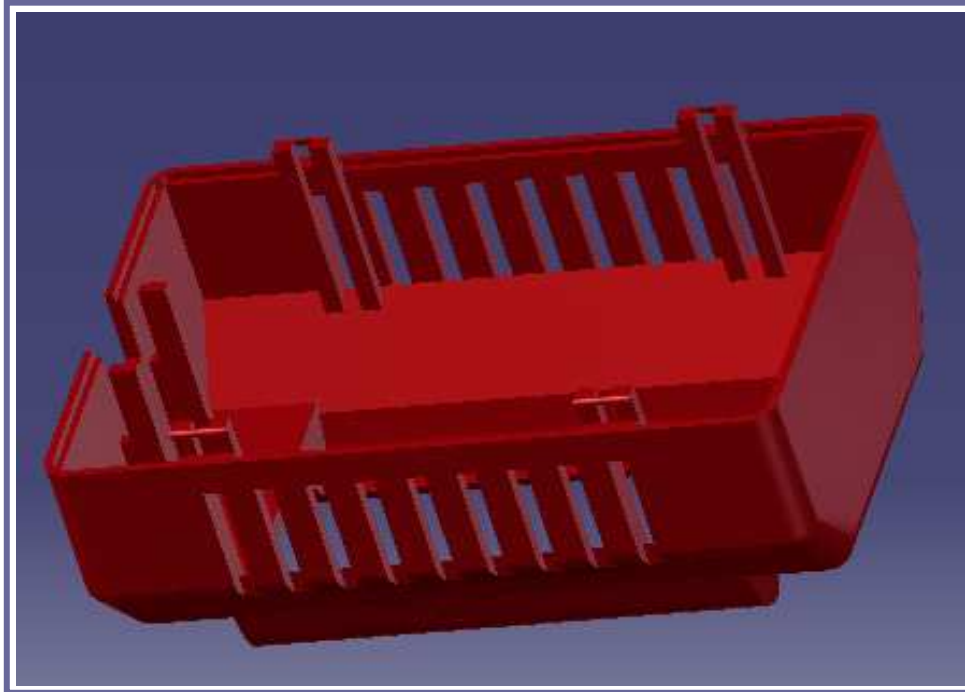
Ponem dir que el disseny final ha augmentat en mesures, degut a les restriccions que s'han tingut al llarg de tot el desenvolupament del producte per tal voler-lo fer ho més compacte possible.



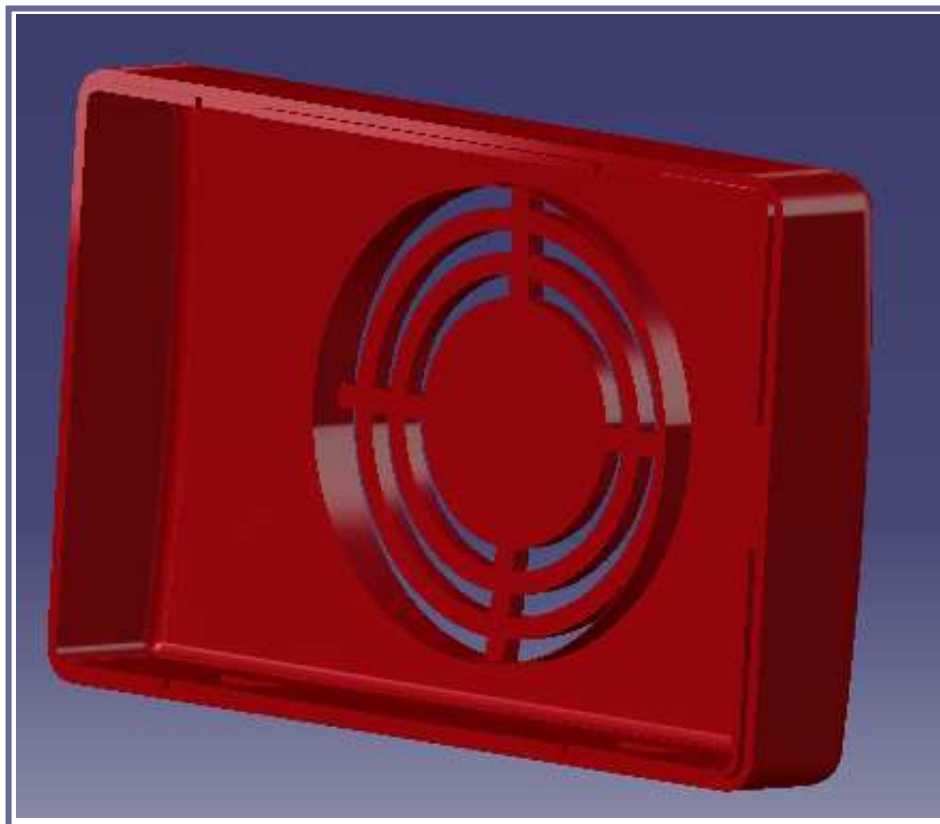
*Figura 5.25* Tercer disseny de la tapa exterior. Figura on s'observen les tapes exteriors muntades en el sistema.



*Figura 5.26* Tercer disseny de la tapa exterior on s'observa l'interior del conjunt en transparència.



**Figura 5.27** Tapa lateral interior. Es poden veure els nervis que fan la funció d'enclavament a la tapa superior.



**Figura 5.28** Disseny tapa superior interior. Podem observar el contorn circular per tal de redirigir l'aire entrant cap el ventilador.



### **5.3.3.- Conclusió sobre l'evolució dels diferents dissenys dels sòcols i les tapes**

Es pot observar que l'evolució del disseny del sòcol no és paral·lela a l'evolució de les tapes exteriors, no segueixen les mateixes línies.

La peça que major importància ha tingut en el disseny ha estat la del sòcol.

És aquesta peça la més important ja que com ja s'ha dit repetides vegades una de les premisses del disseny és la funcionalitat del conjunt. És per això doncs el perquè és aquesta peça la que ha tingut més estudis i més evolucions en el seu disseny.

El disseny de les tapes exteriors han estat supeditades al disseny del sòcol de la xeringa.

Podem dir que el sòcol ha estat el qui ha manat sobre el disseny de les tapes exteriors, encara que s'ha intentat aconseguir una gran compactat, aquesta s'ha aconseguit però no tant com s'hagués volgut, degut, com ja s'ha nomenat, als problemes de aireació de l'interior del dispositiu.

El finalitzar s'ha aconseguit els objectius a assolir, una bona funcionalitat, bona eficiència, disseny suau, i amb una protecció cap al dispositiu de l'interior molt acceptable.

### **5.4.- Enumeració i breu descripció dels components del sistema de regulació de temperatura de l'aliment per nadons d'incubadora**

Dintre del dispositiu trobem dos tipus de components. Uns són aquells que ha estat dissenyats i estudiats expropiats per aquest dispositiu, l'altre és aquell que s'ha agafat de la indústria estàndard. Ens referim a "indústria estàndard" aquella indústria que produeix diferents productes per a diferents dispositius que estan destinats per diverses indústries no relacionades amb les d'aquest component, és a dir, de la indústria estàndard hem escollit un ventilador que el farem utilitzar per un producte destinat per la indústria de sanitat.

En el primer grup trobem peces tal com, el Sòcol de subjecció de la xeringa, el Radiador, Les dos tapes exteriors ( la superior i l'inferior), Suport Peltier-Radiador-Ventilador, base anclatge Peltier, i el circuit imprès.

Descripció breu de les peces dissenyades específicament per el dispositiu.

#### *1.- Tapa Superior:*

Peça que la seva funció principal és la de salvaguardar els dispositius interiors del funcionament. Dissenyat amb una cavitat suficient com perquè permeti la bona dissipació de la calor generada pel radiador. Aquesta calor és impulsada per un ventilador cap a l'exterior.

Les obertures practicades per tal de permetre extreure la calor han de ser ho suficientment amples com per deixar sortir fàcilment la temperatura de l'exterior i ho suficientment petites com per impedir que elements extern entrin en contacte directe amb les aspes del ventilador, el radiador, o

qualsevol altre element del dispositiu que poguessin provocar un mal funcionament del dispositiu.

El gruix d'aquesta peça del dispositiu s'ha escollit un espessor que permeti donar solidesa al conjunt, salvaguardar tot el conjunt de cops i de diferents agents externs nocius per el dispositiu, però que al mateix cop permeti el desmuntatge del dispositiu amb facilitat.

Aquest gruix escollit és de 2.6 mil·límetres el que compleix els requisits esmentats anteriorment. Un cop havent assajat amb una peça impresa amb la màquina d'estelitografia i infiltrada vàrem comprovar que aquesta mesura era més que suficient per les funcions requerides.

Cal destacar que en l'elaboració del disseny es va tenir que fer patent l'empresa sobre la tapa com a motiu de marketing i publicitat.



**Figura 5.29** Representació en 3D de la tapa superior. Podem observar tant l'exterior com l'interior.



**Fotografia 5.21** Vista del disseny i foto finalitzada de la tapa superior.

El material amb el que s'ha fabricat aquesta peça es de plàstic, amb les peculiaritats que és lliure d'halògens i antialèrgic. Aquest tipus de plàstic es tracta de un polímer de propilè, s'ha escollit aquest tipus de plàstic per la seva gran resistència als cops, a més de ser altament resistent a productes corrossius. Cal destacar que es tracta de un material que pot aguantar altes temperatures, fins a uns 150 ° C.

Aquest tipus de polímer ha estat addicionat amb diferents substàncies per tal de millorar les seves característiques i aconseguir d'altres.

Els materials amb els que s'ha addicionat han estat:

- Dilatadors i extensors: Per tal d'aconseguir grans quantitats d'aquest polímer, I reduir el seu cost de producció. Els materials utilitzats com ha dilatadors o extensors solen ser el carbonat càlcic, el sílice i l'argila.
- Estabilitzadors: S'han afegit aquest tipus d'agent químic al polímer per tal de retardar el deteriorament del material, que solen ser deguts als efectes de l'entorn o de la convecció UV.
- Antioxidants: Per tal de protegir el material en contra del deteriorament per l'oxidació provocada pel calor de la llum i dispositius que són induïts químicament.
- Absorbents de la llum (UV): Estabilitza el color del polímer i prolonga la duració del producte.

Les característiques d'aquest material les podem observar en la següent taula.

PROPIETAT	UNITAT	NORMA	POLIPROPILÉ (PP)
Allargament fins al trencament	%	DIN 53455	650
Conductivitat tèrmica ( $\lambda$ )	W/mK	DIN 52612	0,22
Coeficient de dilatació tèrmica de 20°C a 50°C	m/m K		150·10-6
Coeficient de Fricció			0,4
Densitat	g/cm <sup>2</sup>	DIN 53479	0,91
Duresa a la bola	N/mm <sup>2</sup>	DIN 53456	
Duresa "Shore"		DIN 53505	D73
Mòdul d'elasticitat	N/mm <sup>2</sup>	DIN 53457	1.300
Punt de fusió	°C	ASTM D789	164
Resistència Superficial		DIN 53482	5·1013
Resistència al impacte	KJ/m <sup>2</sup>	DIN 53453	10
Resistència a la tracció	N/mm <sup>2</sup>	DIN 53455	33
Temperatura màxima d'utilització	°C	NORMAL	100
		CON	170
		PUNTAS	
Temperatura mínima d'utilització	°C		-10

**Taula 5.6** Taula descriptiva de les principals característiques del material amb el que s'han fabricat les dues tapes. *Tapa superior, tapa inferior i Suport Peltier-Radiador-Ventilador.*

## 2.- Tapa Inferior:

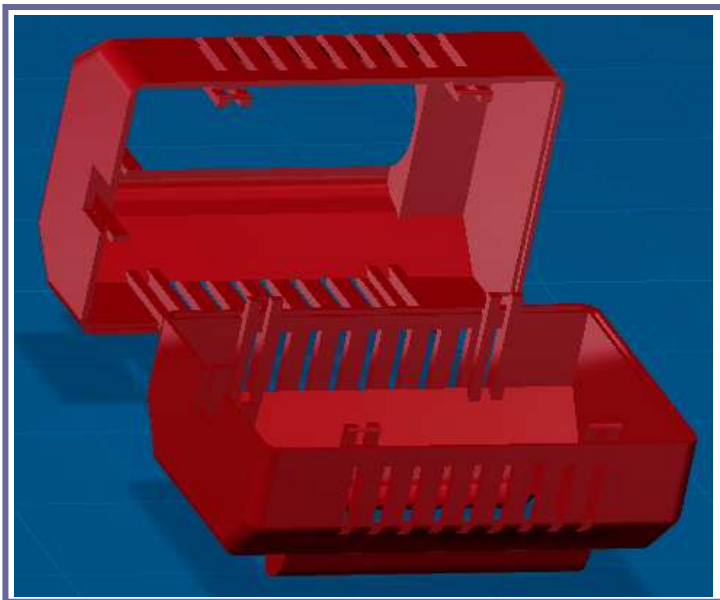
Peça que la seva funció principal és la de salvaguardar els dispositius interiors del funcionament.

Dissenyat amb una cavitat suficient com perquè permeti la bona dissipació de la calor generada pel radiador. L'aire fred provinent de l'exterior entra per les obertures laterals ajudant a la refrigeració del radiador.

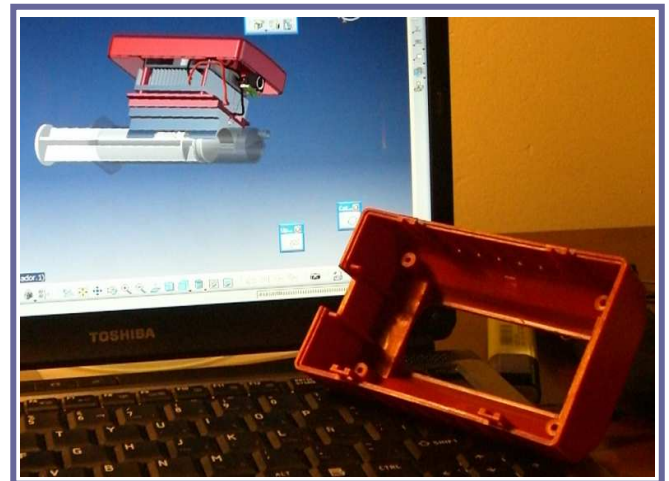
Les obertures practicades per tal de permetre refrigerar el radiador han de ser ho suficientment amples com per deixar entrar fàcilment la temperatura de l'exterior i ho suficientment petites com per impedir que elements extern entrin en contacte directe amb el radiador, o qualsevol altre element del dispositiu que poguessin provocar un mal funcionament del dispositiu.

El material amb el que s'ha fabricat aquesta peça es de plàstic, amb les peculiaritats que és lliure d'halògens i antialèrgic.

El material amb el que ha estat construït aquesta peça és el mateix que el de la tapa superior i el Suport Peltier-Radiador-Ventilador, per una banda per motius de cost, per altre banda per les necessitats estructurals de les peces, ja que les seves característiques estructurals eren semblants.



**Figura 5.30** Vista del disseny i foto finalitzada de Tapa Inferior.



**Fotografia 5.22** Fotografia de la realització física després de la digitalització del disseny.

### 3.- *Sòcol Xeringa*:

La funció d'aquesta peça és per un costat la de donar bona subjectió a la xeringa d'una manera simple i ferm.

Per l'altre banda té la funció de transmetre cap a la xeringa (recordem que la xeringa en el moment del seu funcionament ha d'estar plena d'aliment pel nadó) la temperatura generada per la Peltier.

El material utilitzat és una aleació d'alumini. El tipus d'alumini escollit és una aleació tal que té addicionants per tal que sigui més resistent a l'oxidació.

A continuació podem observar les característiques generals de l'alumini. L'alumini utilitzat per la creació de les peces *Sòcol Xeringa*, *Radiador* i *Sòcol de la Peltier* ha estat el mateix. Les seves característiques es diferencien una mica de les del alumini en general degut als addicionants utilitzats en el nostre alumini per tal de protegir aquest alumini en contra la corrosió i dels agents externs.

NOMBRE	ALUMINIO	Propiedades	Color	Blanco-plata	
Símbolo	Al		<b>E estructura cristalográfica</b>	Cúbica centrada en las caras	
Período	3		<b>Parámetro reticular a (25°C)</b>	0,40414 nm	
Grupo	13		<b>Densidad a 20°C</b>	2,699 g/cc	
Masa atómica	26,981538		<b>Cambio volumétrico durante la solidificación</b>	0,067	
Número atómico	13		<b>Calor de combustión</b>	200Kcal/at-gr	
Número de oxidación	3		<b>Punto de fusión</b>	660,2°C	
Estado de agregación	sólido		<b>Punto de ebullición</b>	2057°C / 2480°C	
Estructura electrónica	02,08/2003		<b>Calor específico (20°C)</b>	930 J/gr °C	
Electro-negatividad	1,61		<b>Coefficiente lineal de expansión térmico × 10<sup>6</sup></b>	23,0 (20-100°C)	
Energía de 1ª ionización (eV)	5,986		<b>Conductividad térmica a 0°C</b>	0,50 cal/s/cm2/cm°C	
Isótopos (abundancia %)	27 (100)		<b>Conductividad térmica a 100°C</b>	0,51 cal/s/cm2/cm°C	
			<b>Resistividad eléctrica a 20°C</b>	2,69 µΩcm	
			<b>Susceptibilidad magnética 18°C × 10<sup>6</sup></b>	0,63	
			<b>Temperatura de fusión °C</b>	658.7	
			<b>Lf · 10<sup>3</sup> (J/kg)</b>	322-394	
			<b>T ebullición °C</b>	2300	
		<b>Calor latente de fusión (10<sup>6</sup>J/kg)</b>	0,4		
		<b>Calor latente de ebullición (10<sup>6</sup>J/kg)</b>	12,3		

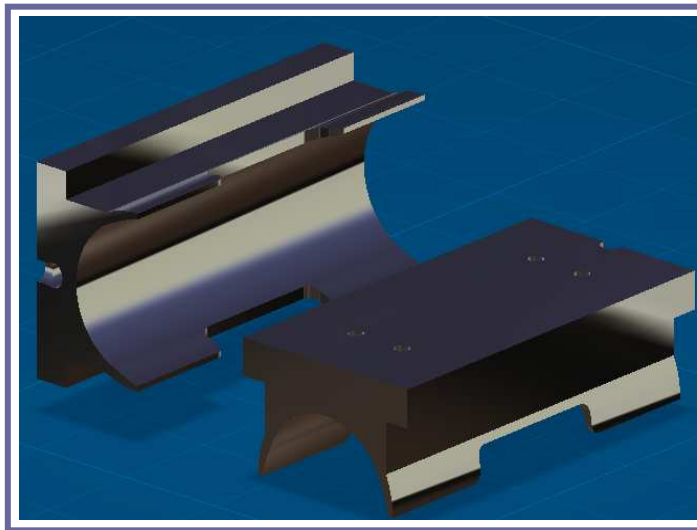
**Taula 5.7** Taula de les característiques generals de l'alumini. L'alumini utilitzat en la confecció de les peces del nostre alumini disten una mica de les característiques generals degut als addicionants per tal de protegir l'alumini de les nostres peces en contra la corrosió i dels agents externs.

S'han fet una sèrie de cargols femella per tal que a l'hora de muntar es creïn fixacions solides, i és per això que s'han creat aquest quatre cargols mascles.

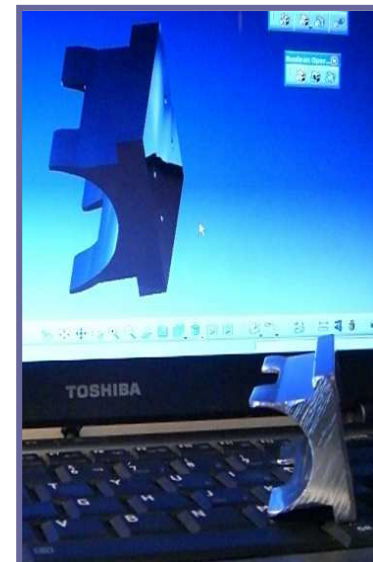
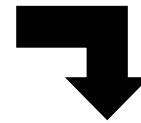
El sòcol xeringa s'ha dissenyat per tal d'acollir la major superfície de la Cel·la Peltier. Fins al punt de que aquesta superfície sigui encara més gran que la pròpia superfície de la Cel·la Peltier.

S'ha pensat de fer aquesta superfície major que la de la Peltier ja que en el cas que es precisés més potència, o no es disposés de una Peltier amb les mateixes mesures es pogués instal·lar un altre tipus de Cel·la Peltier en aquest sòcol, de manera provisional.

La Cel·la Peltier té unes mesures quadrades de 30x30 mil·límetres mentre que el sòcol les seves mesures són de 39x77.6 mil·límetres. Mesures més que suficients per tal que hi capigui un altre tipus de Peltier.



**Figura 5.31** Representació en 3D del sòcol de la xeringa. Podem observar tant la part interior com la seva part exterior.



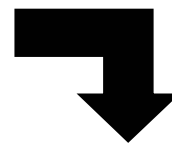
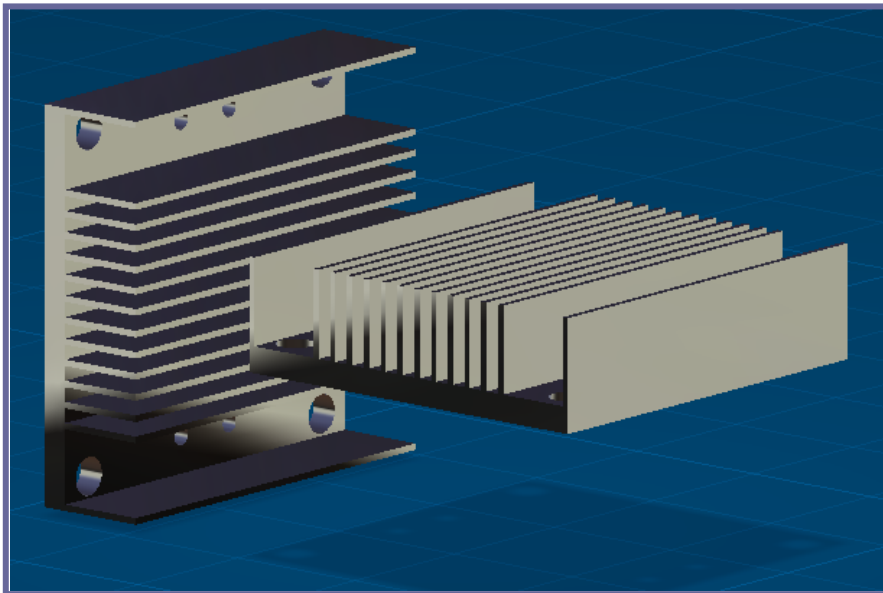
**Fotografia 5.23** Fotografia Xeringa finalitzada.

#### 4.- Radiador.

El radiador com element de dissipació de la temperatura generada per la Peltier ha estat construït amb la forma de les aletes simples.

La forma d'aquest radiador és rectangular, encara que entre cares n'hi ha poca diferència, això fa que a cop d'ull la seva forma sembli quadrada.

Les aletes són verticals i simples amb una simetria i amb una zona lliure d'aletes. Aquesta zona està lliure d'aletes degut a que és en aquesta zona on s'han creat una sèrie de forats per tal de deixar passar els cargols per poder tenir el muntatge ben fixat.



**Figura 5.32** Representació en 3D del radiador del sistema. Es pot observar les dues cares tant l'exterior com la interior.

**Fotografia 5.24** Fotografia de la peça radiador finalitzada.

S'ha escollit un tipus de radiador d'aletes simples per la facilitat de construcció d'aquest element, ja que encara que el poder de dissipació sigui menor que un radiador d'agulles amb l'ajuda del ventilador per tal de provocar la convecció forçada ja ens permet tenir la dissipació de la calor generada.

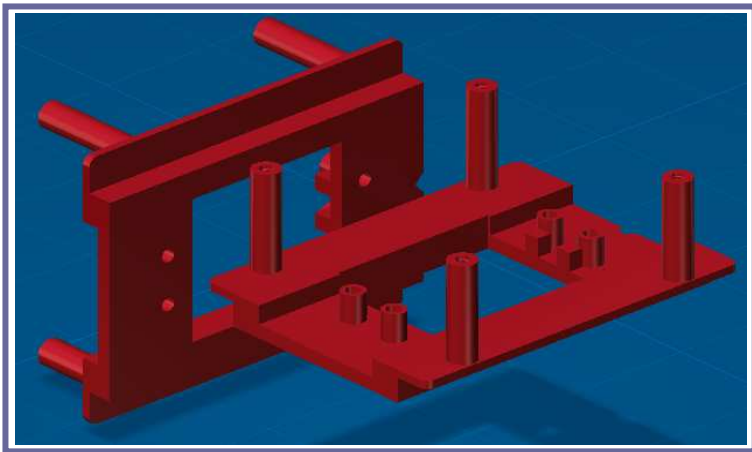
Com podem observar en les fotografies el procés d'elaboració de dit element és molt ràpid i simple necessitant poques operacions de la fresadora per elaborar les diferents aletes.

El tipus d'alumini utilitzat en la creació del radiador és el mateix que s'utilitza en el Sòcol Xeringa i el Sòcol de la Peltier

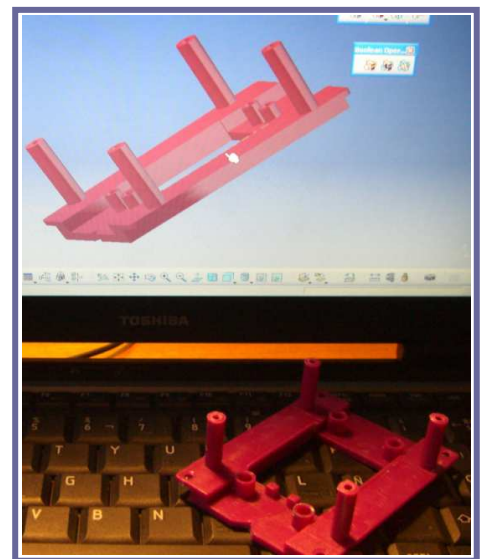
### 5.- Support Peltier-Radiador-Ventilador.

La funció d'aquesta peça és la de ser la unió entre totes es altres peces. Aquesta peça permet que el ventilador, el radiador, el sòcol la Peltier, i el sòcol de la Peltier estiguin estretament unides, aconseguint una fixació rígida.

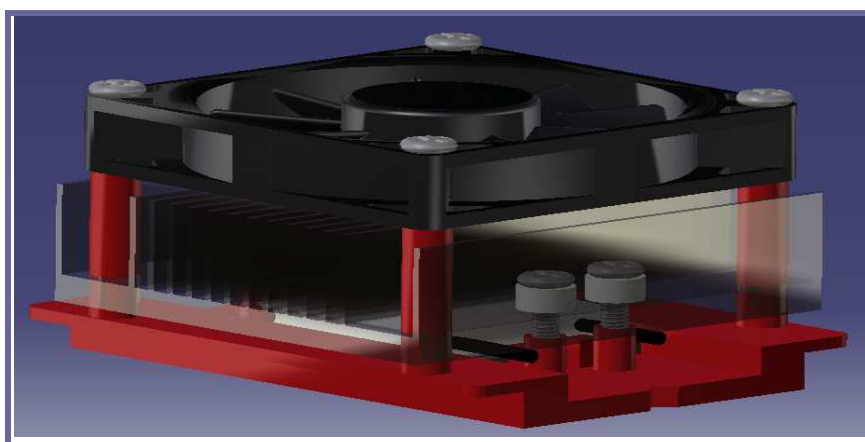
La peça ha estat fabricada amb plàstic. Utilitzant el mateix tipus que el que s'ha construït la tapa superior i la tapa inferior.



**Figura 5.33** Representació en 3D de la peça Suport Peltier-Radiador. S'observar les parts interiors com les parts exteriors.



**Fotografia 5.25** Fotografia de la peça Suport Peltier-Radiador Ventilador finalitzada.



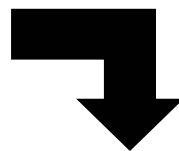
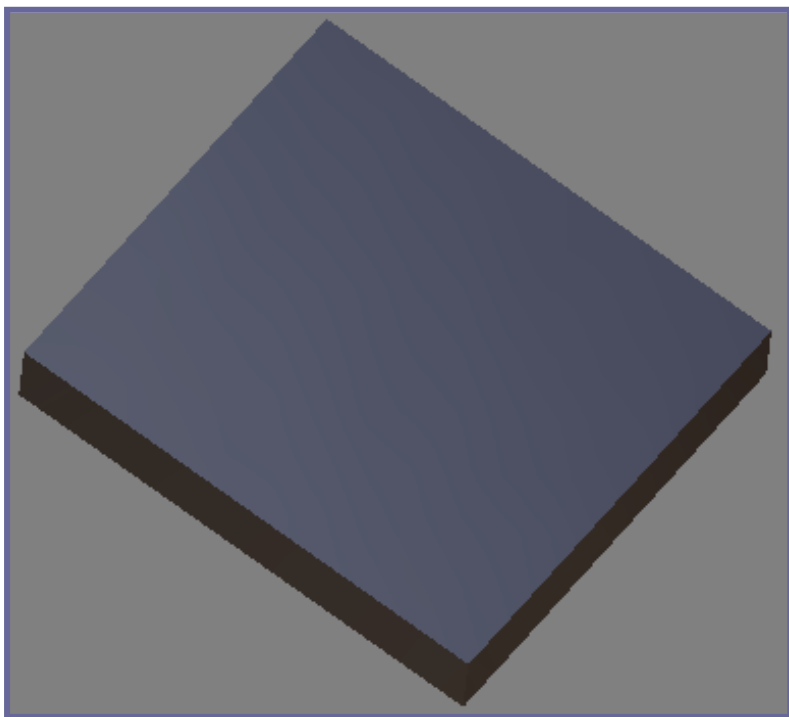
**Figura 5.34** Representació en 3D de el muntatge de Suport Peltier-Radiador-Ventilador. Podem observar la transparència com transcorren els elements muntats en el dispositiu per dintre d'aquest.



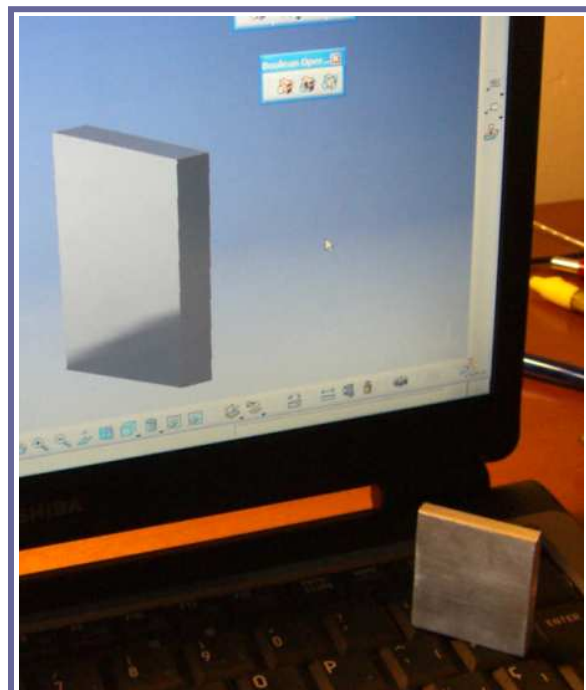
6.- Sòcol de la Peltier.

Peça quadrada amb la mateixa grandària que la pròpia Peltier que té com a funció la de impedir que la transmissió de la temperatura entre la Peltier i el radiador sigui directe.

El material de construcció és Alumini. El tipus d'alumini utilitzat en la creació del Sòcol de la Peltier. és el mateix que s'utilitza en el Sòcol Xeringa i el Radiador.



**Figura 5.35** Representació en 3D de el sòcol Peltier.



**Fotografia 5.26** Fotografia de sòcol Peltier finalitzat.

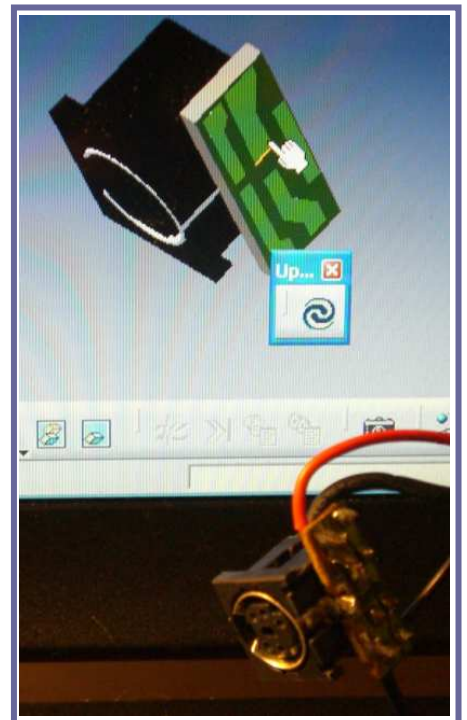
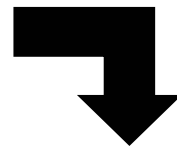
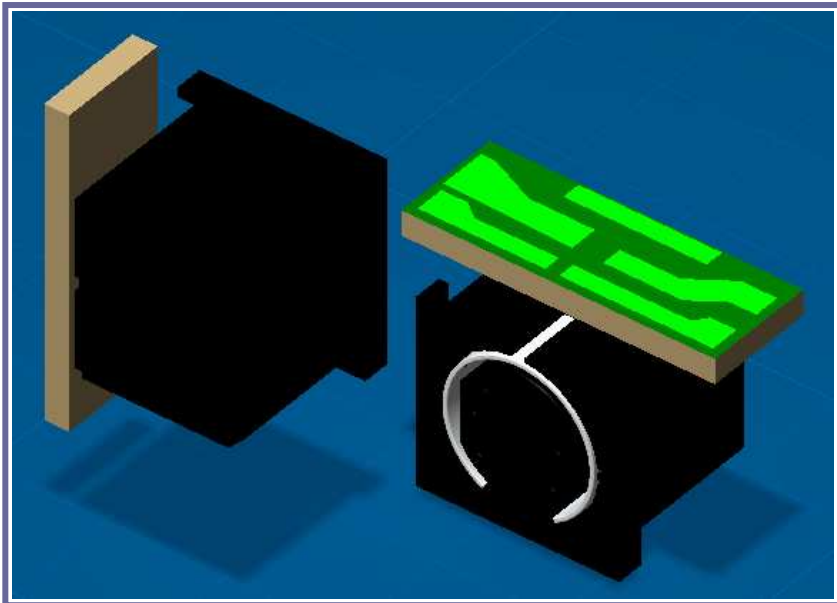
### 7.- Circuit imprès.

És una part elèctrica importat. És des de aquí on es comanda les dades que rep a través dels termòstats.

En el circuit imprès hi ha una programació per la qual s'indica a quines temperatures la Peltier ha de començar a funcionar i a quines temperatures el ventilador ha de augmentar el seu cabal d'aire.

La seva grandària és ho més reduït possible per tal de no fer augmentar en gran mesura la grandària de tot el conjunt.

Unit directament a ell esta l'endoll. Aquest endoll s'enganxa directament al transformador de corrent.



**Figura 5.36** Representació en 3D de el circuit imprès. Podem observar com el circuit imprès està muntat junt a l'endoll del sistema elèctric.

**Fotografia 5.27** Fotografia de el muntatge del sistema elèctric i del circuit imprès finalitzada la seva instal·lació.

Les peces que s'han agafat de la indústria estàndard són:

### 1.- Ventilador.

Es tracta de un ventilador, semblant a aquells que se sol posar en els ordinadors, alimentador elèctrics...

Les seves mesures son de 60x60x11.5. El material de construcció es de plàstic en tota la seva totalitat, exceptuant el minúscul motor elèctric i els cables d'electricitat.

Les seves característiques són:

Model	Frame size	RPM (min)	Voltage (V)	dBa	Current (A)	Power (W)	CFM (m <sup>3</sup> /h)
· NB-UltraSilentFan S1 Rev.1.2	120x120x40	1500	12	11	0.23	2.00	22.5 (38)
· NB-UltraSilentFan S2 Rev.1.2	120x120x40	2000	12	19	0.18	2.20	29.4 (50)
· NB-UltraSilentFan S3 Rev.1.2	100x100x30	2600	12	26	0.12	1.40	38.2 (65)
· NB-UltraSilentFan S4 Rev.1.2	80x80x25	3200	12	32	0.10	1.50	44.1 (75)
· NB-UltraSilentFan SC1 Rev.1.2	80x80x25	1700	12	16	0.08	0.98	17.6 (30)
· NB-UltraSilentFan SE1 Rev.1.2	60x60x11.7	1500	12	19	0.23	2.00	29.4 (50)
· NB-UltraSilentFan SE2 Rev.1.2	50x50x13	1850	12	22	0.12	1.40	38.2 (65)
· NB-UltraSilentFan SX1 Rev.1.2	40x40x11.5	1200	12	17	0.09	1.10	38.2 (65)
· NB-UltraSilentFan SX2 Rev.1.2	40x40x11.5	1850	12	31	0.07	0.96	74.1 (126)

**Taula 5.8** Taula amb les característiques de diferents ventiladors. Dintre d'aquestes característiques hi trobem les característiques del model utilitzat al projecte. El ventilador utilitzat és de la grandària de 60x60x11,5

### 2.- Termòstat Sòcol.

Peça que permet donar la informació al circuit imprès per tal d'obtenir el òptim funcionament de la Cel·la Peltier.

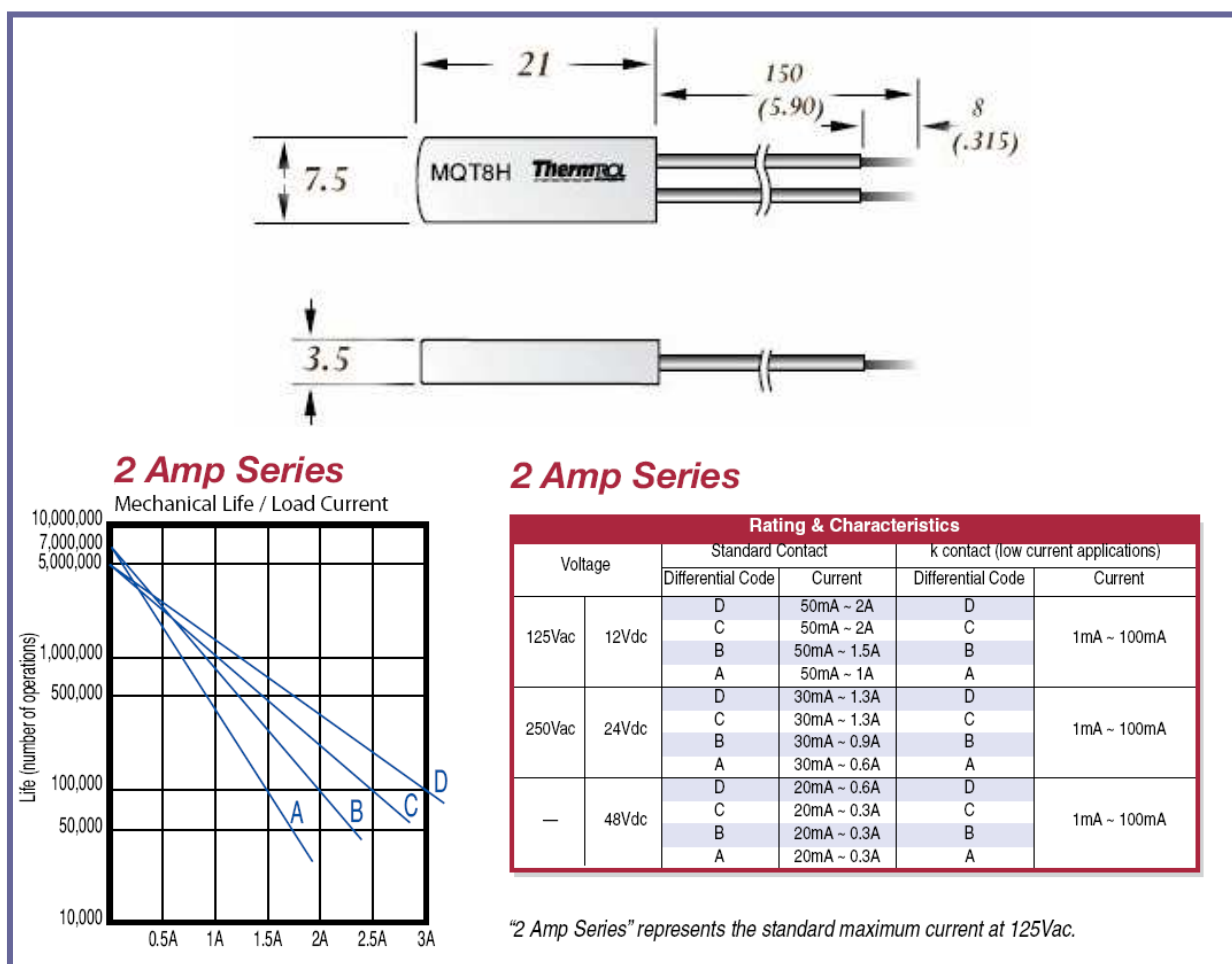
La seva construcció és de plàstic tèrmic i coure en el seu interior, cal destacar la seva grandària.

### 3.- Termòstat Radiador.

Termòstat situat entre dues aletes del radiador de refrigeració de la Peltier. La seva grandària petita li permet estar encaixat i fixat entre les aletes del radiador.

La seva funció és la de comunicar al circuit imprès la temperatura del radiador per que d'aquesta manera el circuit augmenti o disminueixi la velocitat del cabal del ventilador en funció de la temperatura del radiador.

El material de fabricació d'aquest radiador és d'alumini.



**Figura 5.37** Figura amb les característiques del termòstat del radiador. Podem observar com hi ha descrit un gràfic amb la corba característica del seu funcionament. [19]

A continuació observem un termòstat elèctric molt semblant a l'utilitzat en la realització del projecte.

Aquest radiador ha estat fabricat amb material plàstic. Tal i com ja s'ha dit el nostre termòstat ha estat fabricat amb material metàl·lic (alumini), ja que al estat empresonat entre les aletes, aquest termòstat esta sotmès a molta pressió per part de les aletes i en el cas que s'escollís un termòstat de material plàstic o ceràmic podria donar-se el cas que el termòstat s'escardés o fins i tot arribés a trencar-se.




**Fotografia 5.28** Fotografia de un termòstat destinat a situar-se en radiadors i zones on poden haver altes temperatures. *Aquest termòstat és molt semblant a l'utilitzat al sistema.* [19]

#### 4.- Cable elèctric.

Cable elèctric amb dues mesures en quant al seu diàmetre. Els dos diàmetres que hi ha al sistema són de 2.5mm. i de 3mm. Les seves funcions són les d'abastir la corrent elèctrica a tot el dispositiu.

Les característiques d'aquest tipus de cable les trobem tot seguit a la taula següent:

 <b>DADOS TÉCNICOS</b>			
CARACTERÍSTICAS DIMENSIONAIS E ELÉTRICAS			
Composição do cabo nº cond. x secção (mm <sup>2</sup> )	Diâmetro exterior aprox. (mm)	Peso aprox. (kg / km)	Corrente máxima admissível, T=30°C Instalação ao ar, 2 ou 3 condutores carregados
<b>H05V-U</b>			
1 x 0,5	2,5	10	3
1 x 0,75	2,5	13	6
1 x 1	3,0	15	10
<b>H05V-K</b>			
1 x 0,5	2,5	10	3
1 x 0,75	3,0	13	6
1 x 1	3,0	15	10
CARACTERÍSTICAS GERAIS			
Normas construtivas e de ensaios	NP 2356-3 HD 21.3 UNE 21031-3		
Tensão estipulada U <sub>0</sub> /U	300/500V		
Tensão de ensaio	2000V ac., 5 minutos		
Temp. máx. do cond. em regime permanente	70°C		
Temp. máx. do cond. em regime curto-circuito	160°C (t ≤ 5s)		
Raio mín. de curvatura para instalações fixas (mm)	H05V-U 4xd se d ≤ 8; 5xd se 8 < d ≤ 12; 6xd se d > 12 H05V-K 3xd se d ≤ 12; 4xd se d > 12		
Esforço máximo de tracção (N)	H05V-U 50 x S H05V-K 15 x S em que: S - secção dos condutores (mm <sup>2</sup> ) ; d - diâmetro exterior do cabo (mm)		
Não propagador da chama	CEI/EN 60332-1-2 / UNE EN 50265-2-1 (cabo vertical, chama a 750°C, comp. cabo carbonizado ≤ 540mm)		
Fléxivel para o cabo H05V-K			
Extra deslizante			

**Taula 5.9** Taula amb les característiques generals del cable Cabelte utilitzat en l'elaboració del projecte.[24]

5.- Connector transformador.

Connector elèctric precís per el tipus de transformador utilitzat en el dispositiu.



**Fotografia 5.29** Gamma de connectors de l'empresa Omega, a on es troba el propi connector del dispositiu.

### 6.- Transformador elèctric.

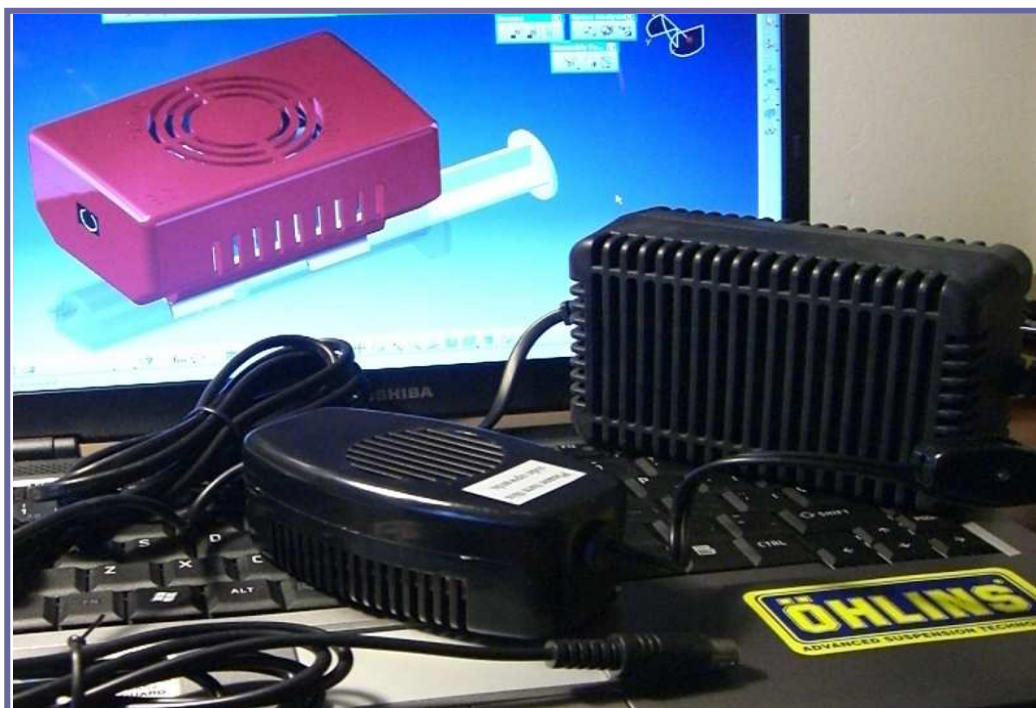
Transformador elèctric precís per el funcionament del dispositiu.

Les seves característiques les podem veure tot seguit en la següent fotografia on es a la vista a través d'un adhesiu les seves característiques.

Aquest adhesiu es troba al revers del propi transformador elèctric.



*Fotografia 5.30* Fotografia on observem les característiques del transformador elèctric. Aquestes característiques queden mostrades en el revers del propi transformador mitjançant un adhesiu plàstic.



*Fotografia 5.31* Fotografia del transformador elèctric. Observem que consta de dos compartiments un és el propi transformador i l'altre és el modulador de potència. Tots dos ocupen un volum considerable, però va ser impossible d'aconseguir una gran compacitat fins i tot en aquest component.



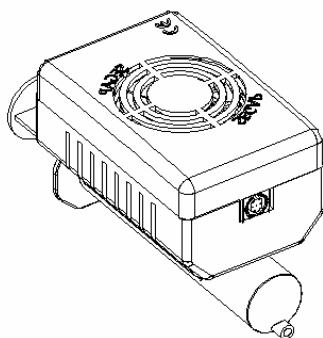
## 5.5.- Fases del muntatge de tot el dispositiu pel manteniment de la temperatura de l'aliment de xeringues dissenyat

A continuació es descriurà breument mitjançant una sèrie d'esquemes del muntatge de la totalitat del dispositiu per l'escalfament de xeringues dissenyat, per una correcta posada a punt per part de l'operari de muntatge, no per part de la persona especialitzada a la qui va dirigir el producte, ja que el producte es comercialitza totalment muntat i verificat.

En el muntatge totes les peces han de encaixar sense haver de fer força, i sense risc de trencar cap dels components que integren el sistema.

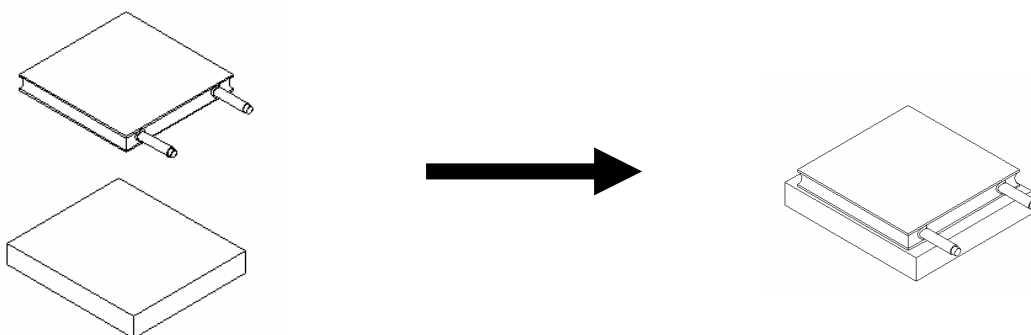
De la mateixa manera que en el muntatge no han d'haver impediments d'espai entre peces entre si.

En aquesta esquema observem el dispositiu acabat de muntar. A la qual arribarem seguint els passos pertinents descrits a continuació:



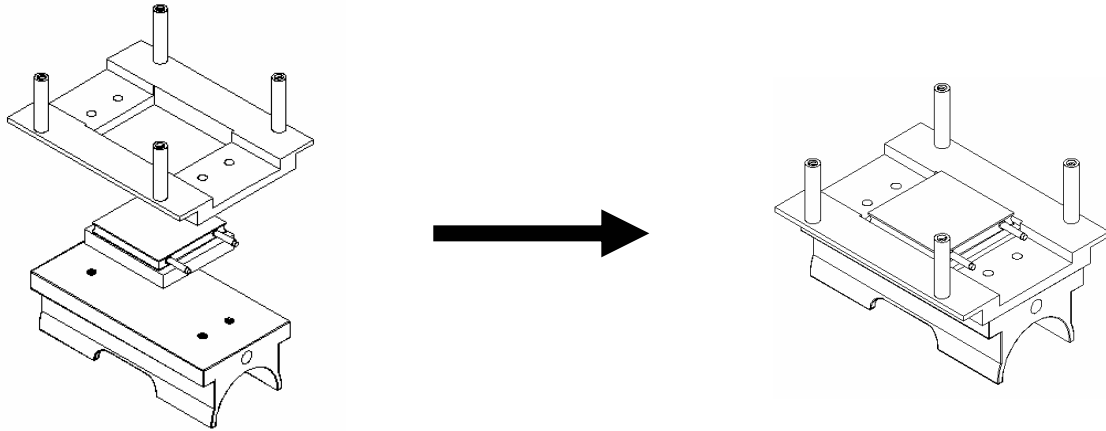
**Figura 5.38** Figura del conjunt del dispositiu de regulació de temperatura de xeringues dissenyat, un cop tot muntat

1<sup>er</sup>- En la primera fase del muntatge muntarem la Peltier amb el sòcol, aplicant ambdues cares que seran en contacte pasta tèrmica per tal de millorar la seva transmissió del calor.



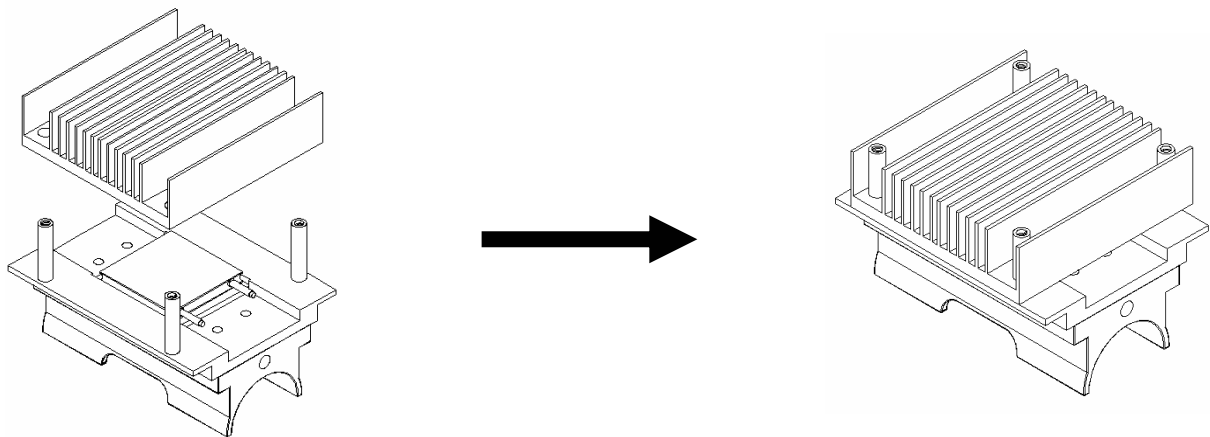
**Figura 5.39** Muntatge entre el sòcol propi de la Peltier i la pròpia Peltier.

2<sup>on</sup> - Seguidament muntarem les peces “Base Acoples” i “Base agarradera Jeringa” tal i com es mostra en l'esquema següent.



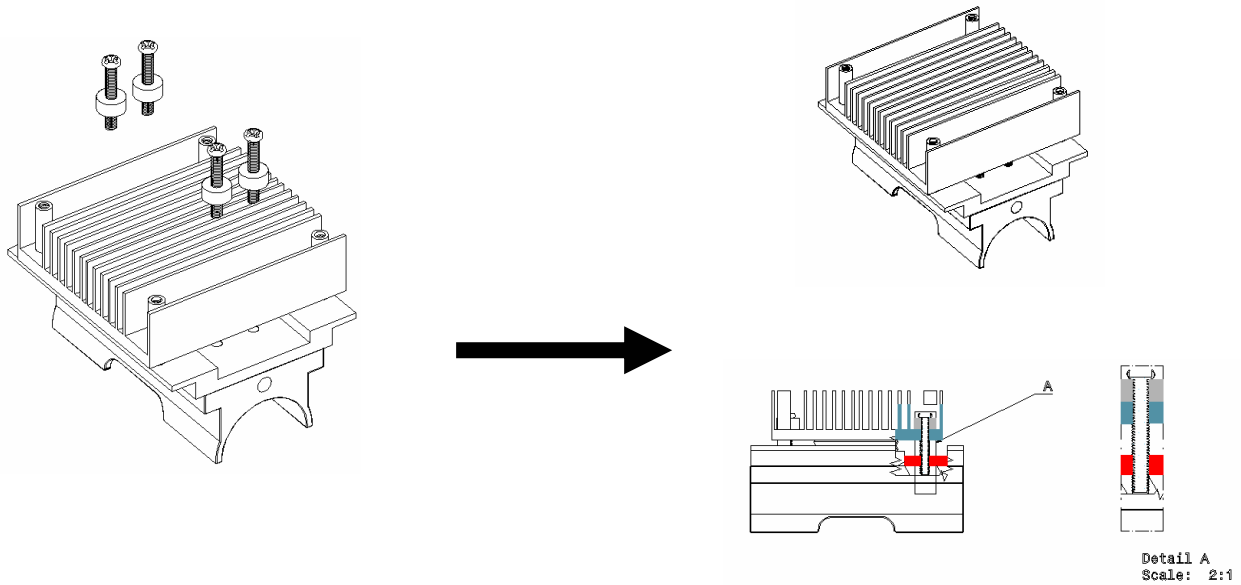
**Figura 5.40** Muntatge entre la base acoblament, el sòcol Peltier, la pròpia Peltier i la “base agarradera Jeringa”

3<sup>er</sup> - En aquesta part del muntatge simplement col·locarem el radiador introduint els forats creats en el radiador amb les seves corresponents formes cilíndriques. Observem que el muntatge va aconseguint poc a poc rigidesa, aconseguint cada cop una fixació de cada un dels elements que es van afegint al muntatge del dispositiu.



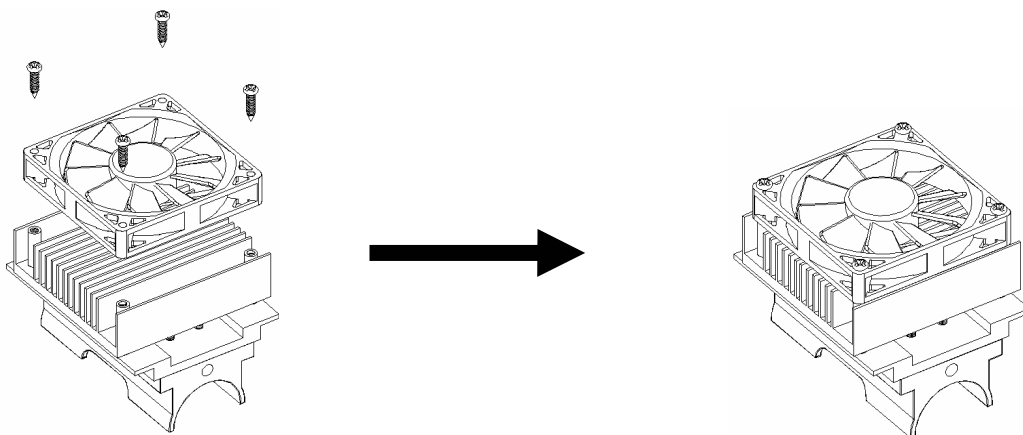
**Figura 5.41** Muntatge entre components fase 2 muntatge i el radiador del sistema.

4<sup>rt</sup> - Per tal d'aconseguir un muntatge fix de l'anterior pas, col·locarem quatre casquets amb els seus corresponents cargols els quals fixaran tot el dispositiu fins ara muntat d'una manera fixa, hem d'observar que el dispositiu hagi guanyat rigidesa, la qual cosa es verifica mitjançant d'una manera visual i manual.



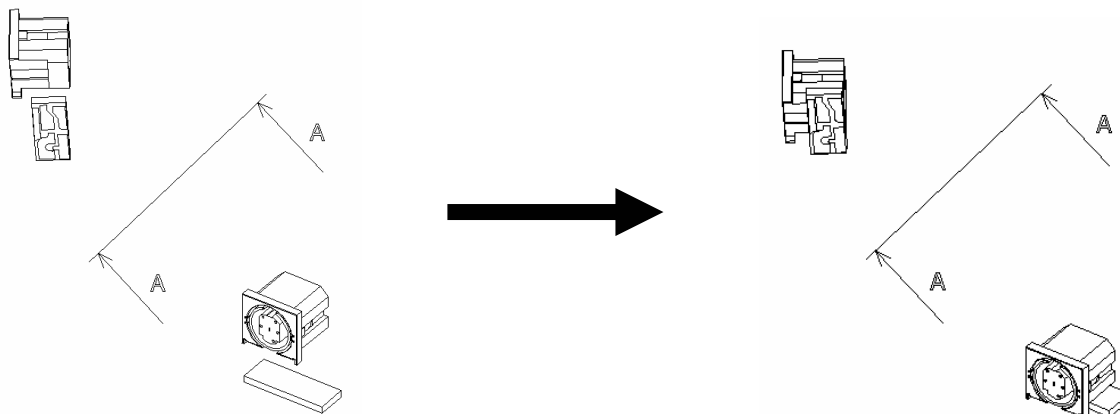
*Figura 5.42* Muntatge del dispositiu i el radiador de dissipació de calor.

5<sup>e</sup> - A continuació fixarem el ventilador d'ajuda per la convecció pel ventilador, convecció forçada. I fixarem tot aquest conjunt amb quatre cargols.



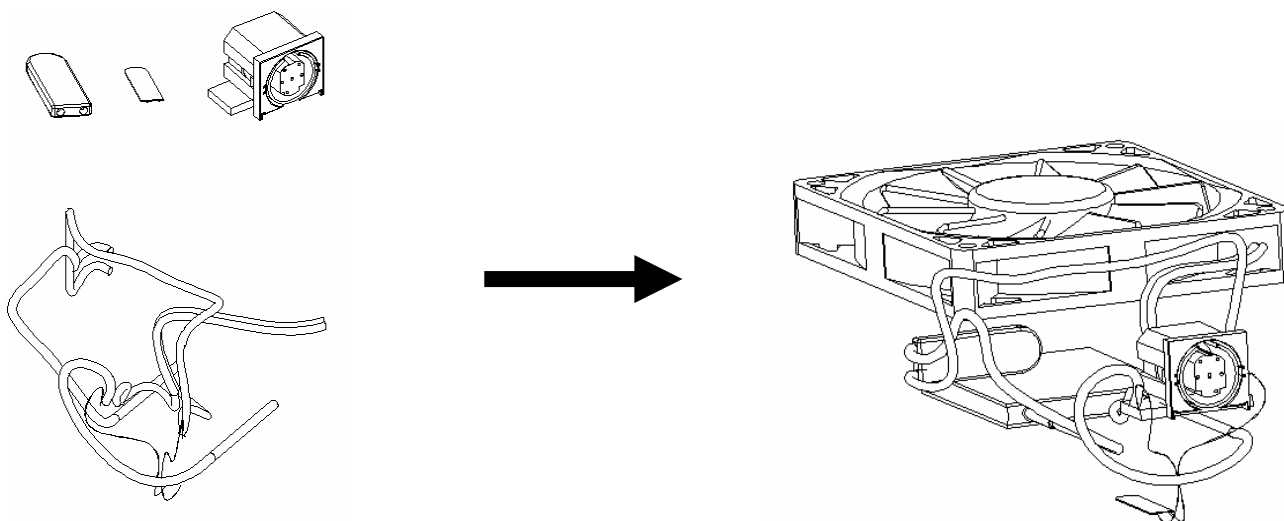
*Figura 5.43* Instal·lació al dispositiu de el ventilador amb els cargols de subjecció al sistema

6<sup>è</sup> - A continuació farem les connexions entre el circuit imprès i l'endoll al transformador de corrent.



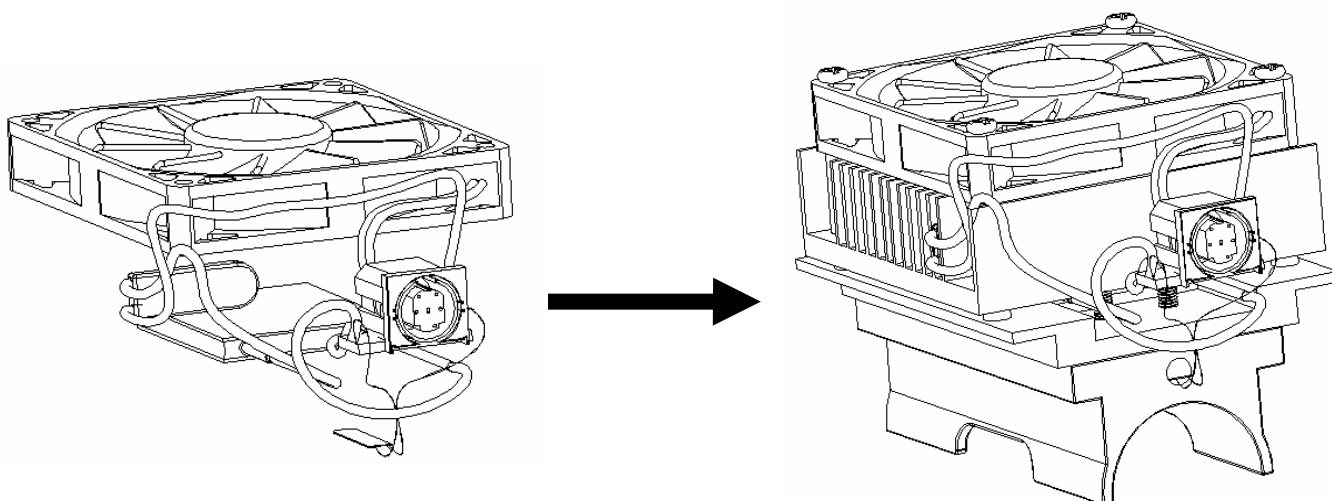
**Figura 5.44** Muntatge de l'endoll i el circuit imprès de comandament del sistema

7<sup>è</sup> - A continuació realitzarem les connexions dels diferents dispositius elèctrics (termòstat radiador, termòstat sòcol, cables alimentació ventilador, cables alimentació Peltier)



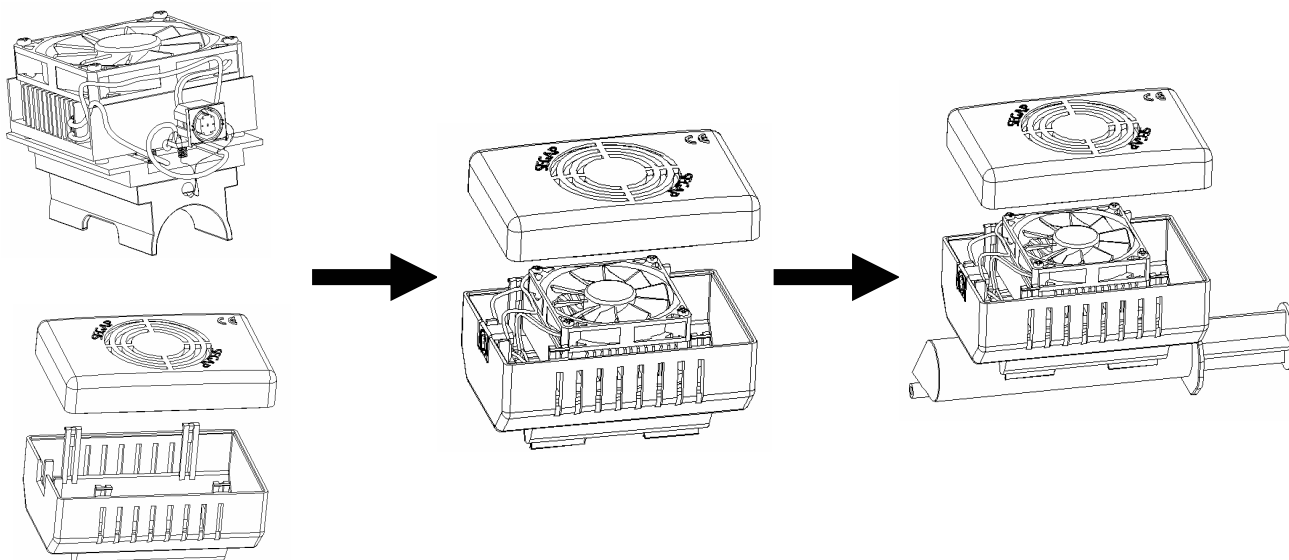
**Figura 5.45** Muntatge del sistema elèctric del dispositiu. Instal·lació de termòstats, ventilador i Peltier.

8<sup>e</sup> - Un cop tenim tot el sistema elèctric muntat ens disposem a posicionar els diferents elements elèctrics dins del dispositiu.



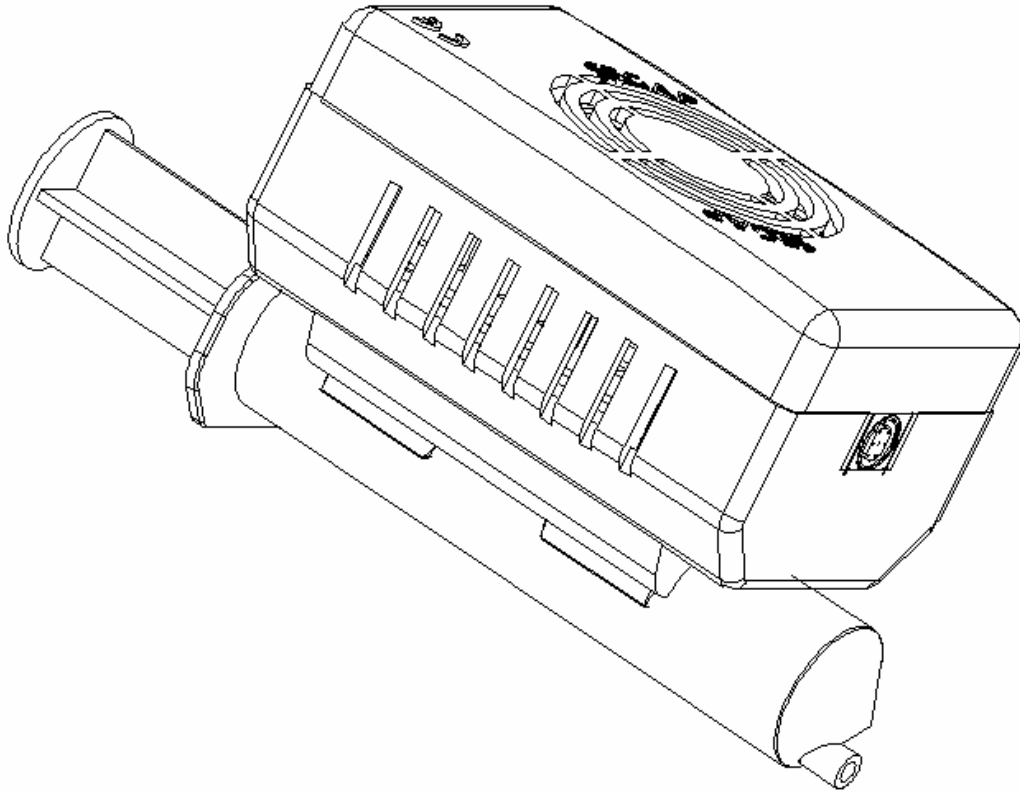
*Figura 5.46* Instal·lació del sistema elèctric dintre del dispositiu d'escalfament.

9<sup>e</sup> - Un cop realitzat tots els passos anteriors simplement hem de instal·lar les tapes exteriors i el disseny ens quedarà totalment muntat.



*Figura 5.47* Instal·lació de les tapes exteriors d'embolcall al sistema d'escalfament.

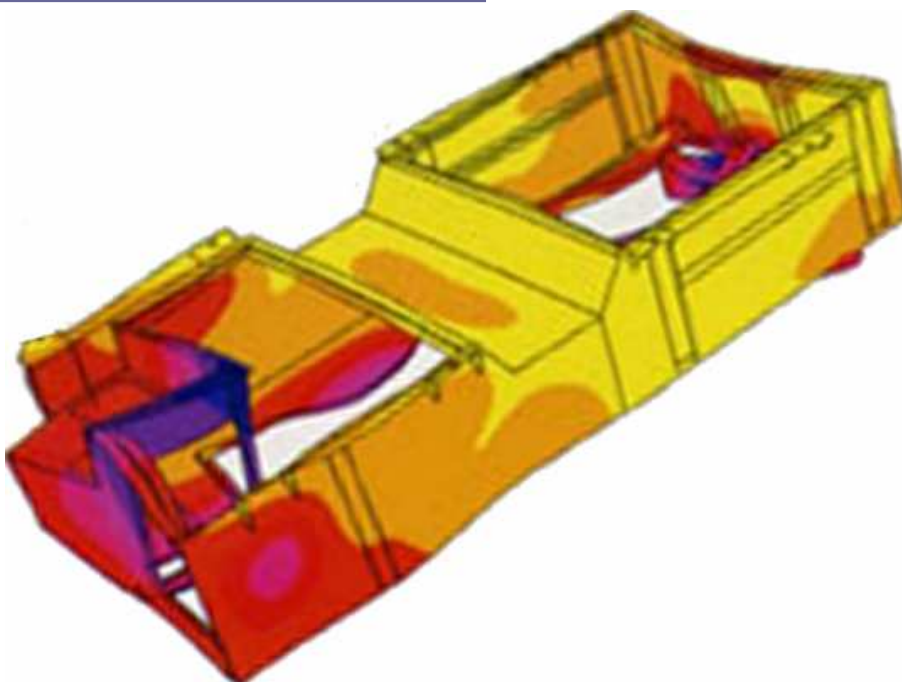
10<sup>è</sup> - Finalment disposarem del dispositiu de escalfament de xeringues per a nadons preparat per la seva posada en marxa i verificació final.



**Figura 5.48** Finalització del muntatge del dispositiu per la regulació de la temperatura de les de xeringues dissenyat.

---

## **6.- FUNCIONAMENT DEL DISPOSITIU DE REGULACIÓ DE LA LA TEMPERATURA DE L'ALIMENT: EXPERIMENTACIÓ I ASSAIGS**







## **6.- FUNCIONAMENT DEL DISPOSITIU DE REGULACIÓ DE LA TEMPERATURA DE L'ALIMENT: EXPERIMENTACIÓ I ASSAIGS**

El funcionament del dispositiu d'escalfament de l'aliment dels nadons d'incubadora és molt senzill. El dispositiu dissenyat simplement s'ha d'endollar al transformador de la xarxa elèctrica del lloc on es trobi la màquina a la que complementa. Havent endollat el transformador al dispositiu el dispositiu esta preparat pel seu funcionament i tot el mecanisme es posa en funcionament automàticament..

Un cop s'ha fet aquesta operació el dispositiu funcionarà de manera autònoma fins el seu posterior desendollament de la xarxa elèctrica.

El dispositiu té incorporats els dispositius necessaris per la seva autorregulació, amb les mesures d'emergència que s'han considerat les necessàries per evitar perills en el seu funcionament i en la seva manipulació.

### **6.1.- Aturada i posada en marxa. Control**

S'ha pensat que per tal de posar en marxa l'aparell fos ho més fàcil i simple possible.

Aquesta aturada i posada en marxa es donarà un cop l'aparell s'hagi connectat a la red elèctrica tal i com s'ha especificat anteriorment.

El dispositiu disposa de diferents dispositius d'autorregulació de la temperatura ( termòstat pel sòcol i termòstat del radiador) els quals indiquen als sistema, dirigit per un circuit elèctric, la intensitat amb la que els diferents components han de treballar (ventilador, Peltier).

Com a mesura de control hi trobem la autorregulació, ajudada pels termòstats, que cuiden que no es produeixi cap sobre-escalfament de la Peltier, el que podria provocar que el sistema es cremés, un curtcircuit, etc...

Un altre mesura de control que disposa el dispositiu és la del transformador, el qual té un sistema per vigilar les pujades de tensió de la red elèctrica.

Com a mesura cautelar, no essent un sistema de seguretat elèctric, ho trobem com els components exteriors del dispositiu han estat fabricats amb un tipus de plàstic lliure d'halògens. Aquesta mesura de seguretat la englobem com a mesura de seguretat en contra incendis, ja que aquest tipus de plàstic no provoquen flama, simplement el plàstic es va deformant, però en cap moment s'aconsegueix que el plàstic s'incendiï, el plàstic és ignufug.

Una altre mesura cautelar és el tipus de plàstic utilitzat, essent aquest anti-al·lèrgic.

Per tal d'evitar al·lèrgies amb els nadons la fabricació de les peces de plàstic del dispositiu es faran amb un plàstic que és antial·lèrgic.

De la mateixa , manera aquest plàstic estarà lliure d'halògens per tal d'evitar incendis indesitjats.

## **6.2.- Experimentació: Temperatures a les quals arriba l'aliment als nadons**

Partint de la xeringa, on l'aliment es troba controlat a 10 °C, i després de circular pel tub de 1,5 m de llargària i 1,5 mm de diàmetre intern, l'aliment arriba a la sonda naso-gràstrica. Pel cas d'una xeringa de 80 ml de capacitat i uns temps de nutrició del nadó compresos entre 35 i 45 minuts, la temperatura que arriba l'aliment a la sonda naso-gràstrica està compresa entre 17 °C i 18 °C. Aquestes temperatures són les adients d'arribada de l'aliment al nadó. A més des del punt de vista de proliferació dels bacteris presents en l'aliment, també són idònees. El requeriment de la temperatura de l'aliment de 10 °C (o bé 11 °C) en la xeringa, ha estat programada al laboratori, i està d'acord amb les necessitats del client.

Amb aquest tipus d'assaigs hem comprovat, que des de la xeringa fins a la sonda naso-gràstrica, passant pel tub de 1,5 m (on l'aliment circula a una velocitat molt baixa degut als temps de nutrició entre 35 – 45 minuts) l'aliment s'escalfa entre 7 i 8 °C per una temperatura ambient de 21 °C.

En el Capítol 7, apartat 7.8, es fa una simulació de la temperatura que arriba l'aliment al nadó (partint de la xeringa a 10 °C i passant pel tub de 1,5 m fins a la sonda naso-gràstrica), i s'observa valors semblants de l'augment de la temperatura de l'aliment (es a dir entre 7 i 8 °C).

## **6.3.- Assaigs de resistència a l'impacte i de durabilitat de l'aparell dissenyat**

Per tal de comprovar la fiabilitat i duració del sistema es va decidir de fer al dispositiu dos tipus d'assaigs, encaminats a portar al límit el sistema.

Un dels tipus d'assaigs va estar el de mantenir el dispositiu en funcionament durant un llarg espai de temps.

Cal remarcar que aquest tipus d'assaig es va fer amb l'aparell carregat amb la xeringa i sense que aquesta xeringa estigués acoblada.

Taula amb els resultats dels assaigs de durada de funcionament de l'aparell, és la que es presenta a continuació..

Assajos de durada Mecanisme per a nadons.		
Durada	Amb xeringa	Sense xeringa
5 minuts	Correcte	Correcte
10 minuts	Correcte	Correcte
20 minuts	Correcte	Correcte
30 minuts	Correcte	Correcte
50 minuts	Correcte	Lleu olor a plàstic cremat
1 hora 30 minuts	Correcte	Correcte
2 hores	Correcte	Correcte
3 hores	Lleu olor a plàstic cremat	Correcte
8 hores	Correcte	Correcte
12 hores (finalització assaig)	Control Visual de components	Control Visual de components

*Taula 6.1* Resultats dels assaigs de llarga durada de funcionament. Observem com els únics problemes que es varen tindre en la comptabilització de les hores de funcionament varen ser l'olor del plàstic cremat dels cables elèctrics, pel resta tot correcte.

Els resultats dels assaigs de llarga duració varen ser molt bons. Solament un aparell no va poder passar l'examen, degut a una Cel·la Peltier en mal estat, no se sap si mal fabricada o pel propi transport.

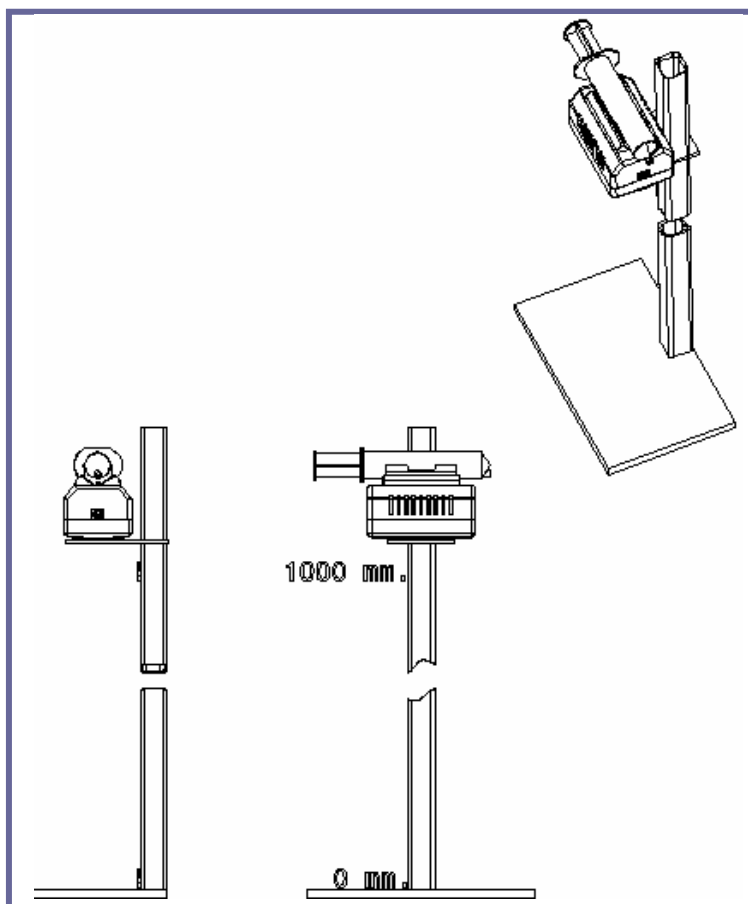
L'únic cas que no va passar l'aparell es va aturar com a mesura cautelar, tal i com s'havia estudiat que fes en casos semblants aquests.

Cal destacar que en els casos en que l'assaig es va produir sense la xeringa l'única anomalia va ser la de un olor de plàstic cremat.

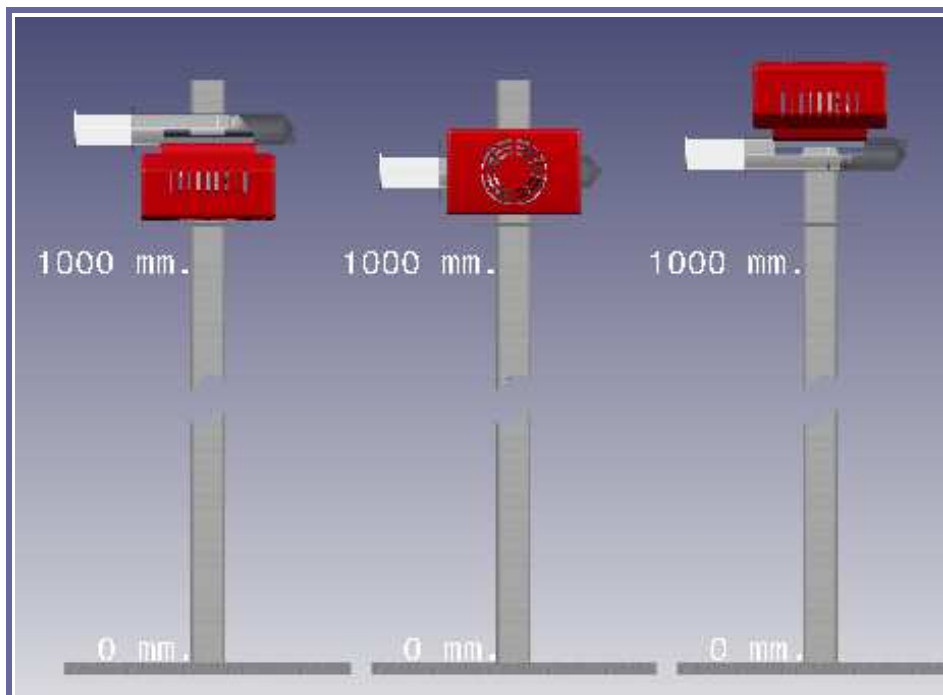
En un primer moment es va pensar que fos degut a un sobreescalfament, però després d'una inspecció rigorosa vàrem observar com els cables elèctrics estaven una mica més fosc que ho normal, però sense símptomes de que els cables s'haguessin cremat, i estaven lluny de semblar que poguessin ocasionar problemes de curtcircuit, ignició, etc...

L'altre tipus de assaig realitzar va estar el de xoc. Fent caure l'aparell des de una alçada de 1 metre fins a 1.5 metres i es varen observar les conseqüències d'aquestes caigudes.

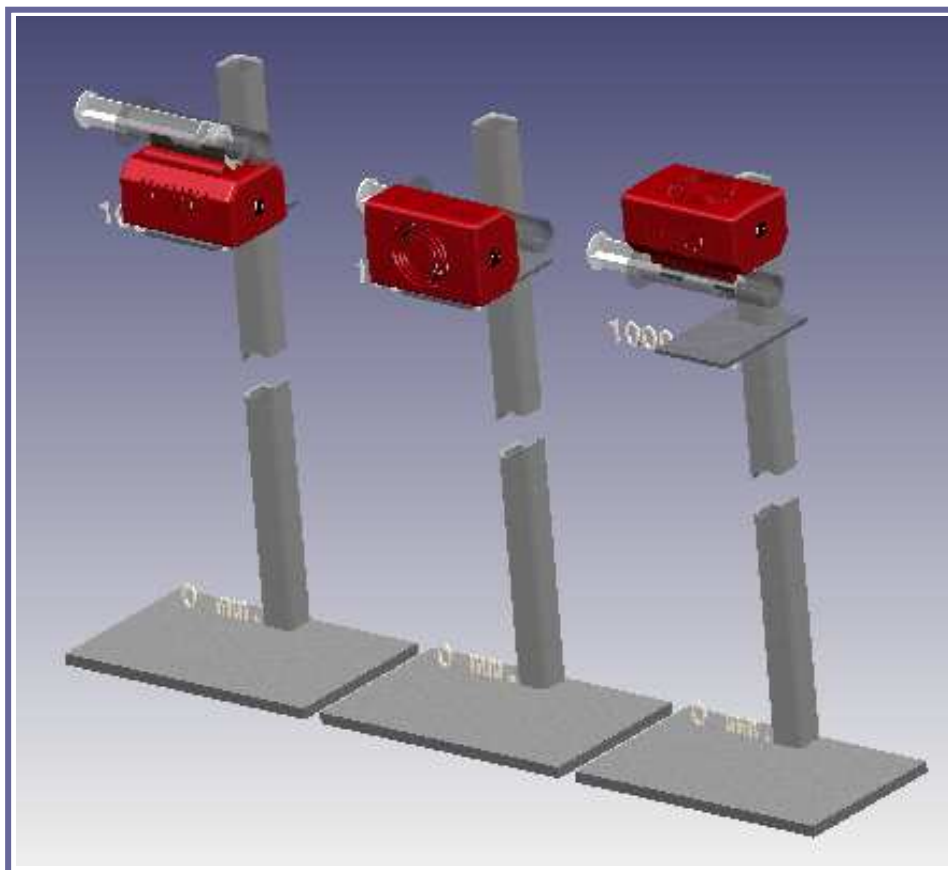
Es varen fer aquestes caigudes situant els diferents aparells dels assaigs en diferents posicions de caiguda per tal d'assegurar-nos la veracitat de l'assaig.



**Figura 6.1** Esquema de la disposició del dispositiu d'escalfament de xeringues en el banc d'assaigs.



**Figura 6.2** Figura frontal representativa de les diferents situacions del dispositiu d'escalfament de xeringues a l'hora de fer l'assaig.



**Figura 6.3** Figura en perspectiva representativa de les diferents situacions del dispositiu d'escalfament de xeringues a l'hora de fer l'assaig.

Assajos de xoc Mecanisme per a nadons.		
Alçada	Amb xeringa	Sense xeringa
100 mil·límetres	Correcte	Correcte
200 mil·límetres	Correcte	Correcte
400 mil·límetres	Ja després de varies caigudes les tapes es van començar a deformar-se	Correcte
800 mil·límetres	La deformació de les tapes és encara major	Ja després de varies caigudes les tapes es van començar a deformar-se
1000 mil·límetres	Comencen a trencar-se lleument les tapes La xeringa es desacobla degut al xoc	Les tapes presenten una deformació més gran que en la caiguda de 800 mm
1500 mil·límetres	Es desacobla la xeringa S'obre el mecanisme deixa al descobert els components interiors	S'obre el mecanisme i deixa al descobert els mecanismes ventilador i radiador

**Taula 6.2** Resultats dels assajos de xoc del dispositiu d'escalfament de xeringues.

Com es pot observar en la taula superior les fallides en aquest assaig varen ser les típiques de un lleu trencament de les tapes, les quals es varen anar malmetent successivament amb els successius assaigs.

Les fallides greus es varen efectuar el alçades elevades, en el que el dispositiu va arribar a obrir-se i la xeringa desacoblar-se del sistema.

Havent succeït això es va tornar a muntar el dispositiu i es va comprovar com aquest seguia funcionant correctament.



The background features a hand-drawn technical sketch of a mechanical assembly, possibly a syringe or a similar device, with various components and dimensions. The drawing is done in pencil and includes handwritten notes in Spanish. A cartoon character, a man with a large nose and a white shirt, is drawn in the lower right corner. The title '7.- CÀLCULS TÈRMICS. ELECCIÓ DE LA CEL·LA PELTIER I VERIFICACIÓ DEL RADIADOR' is centered in a black box over the drawing.

## 7.- CÀLCULS TÈRMICS. ELECCIÓ DE LA CEL·LA PELTIER I VERIFICACIÓ DEL RADIADOR





## **7.- CÀLCULS TÈRMICS. ELECCIÓ DE LA CEL·LA PELTIER I VERIFICACIÓ DEL RADIADOR**

### **7.1.- Introducció**

En l'apartat d'aquesta mateixa memòria (3.4.- Modelització del funcionament d'una Cel·la Peltier), s'ha introduït a un model matemàtic de les Cel·les Peltiers, en el qual tenia en compte la calor que absorbia, la que s'extreia, la que es generava al seu interior.

En el nostre cas concret, i seguint un procediment pràctic, i degut a que molts paràmetres que es necessitaven en aquest model esmentat (3.4.- Modelització del funcionament d'una Cel·la Peltier) no els disposavem, s'ha decidit fer un plantejament en el que ens basarem en que pel càlcul de la Cel·la Peltier on es faran servir uns gràfics universals, en el qual obtindrem una calor, que serà la que s'haurà d'extreure per la cara calenta de la Peltier. Es veurà llavors si la Cel·la Peltier pot extreure per si sola aquesta calor per convecció natural (+ radiació). En cas contrari es mirarà de col·locar un radiador sense i amb ventilador per verificar que el sistema respongui correctament al seu funcionament.

### **7.2 Càlculs pertinents a realitzar pel dimensionament d'alguns elements del dispositiu que regula la temperatura de les xeringues de l'aliment de nadons d'incubadora**

Els punts sobre els quals s'han d'efectuar càlculs són:

#### *1. Càlcul i elecció de la Cel·la Peltier*

Per tal de fer el dimensionament correcte de la Cel·la Peltier haurem d'efectuar els càlculs necessaris per tal de saber quina és la calor que s'ha d'extreure a l'aliment.

Es realitzaran els càlculs analítics per tal d'esbrinar aquesta calor, i serà aquesta mateixa calor la que haurà d'absorbir la Cel·la Peltier. I serà la referència al dimensionament de la Cel·la Peltier.

Els càlculs es realitzaran amb l'ajut de les corbes universals de les Cel·les Peltier, i corroborades amb el software de càlcul provist de l'empresa Melcor.

Es contrastaran aquests càlculs amb un programa de software informàtic com ajuda pel càlcul de Cel·les Peltier.

El software de càlcul del Peltier es tracta de un programa específic pel càlcul del dimensionament de la Cel·la Peltier. Es calcularan les diferents possibilitats de Cel·les Peltiers que es puguin incorporar en el dispositiu .

## *2. Càlcul de la calor dissipada per la Cel·la Peltier en situació de convecció natural.*

Es realitzaran els càlculs necessaris per tal de saber la calor que la Cel·la Peltier és capaç de dissipar per si sola en la part calenta per convecció natural (+radiació). D'aquesta manera podrem deduir si al sistema compost per la Cel·la Peltier cal l'adopció d'un radiador pel seu bon funcionament.

## *3. Càlcul i verificació de la correcta elecció del radiador*

Per tal de escollir el radiador més adient pel conjunt es faran els càlculs pertinents per radiadors d'aletes rectes, ja que prèviament s'ha escollit la utilització d'aquest tipus de radiador.

Aquest tipus de càlcul es realitzarà mitjançant l'ajut de un sistema de software de càlcul d'elements finits.

A través de software d'elements finits, inclosos en programes com **Catia V5R18**, **SolidWorks**, o **ANSYS** podrem contrastar si els càlculs analítics realitzats en el projecte emprant el mètode de les resistències tèrmiques per simular el comportament del radiador són correctes. El software escollit d'elements finits en aquest projecte ha estat ANSYS [Annex A4.1].

Per tal d'escollir el tipus de radiador més adient pel nostre sistema es faran simulacions amb els nostres sistemes informàtics d'elements finits per tal d'avaluar la conveniència d'utilitzar els radiadors que es disposen a les pròpies instal·lacions de l'empresa i veure si s'adapten a les necessitats de dissipació del nostre sistema per regular la temperatura de les xeringues de l'aliment per a nadons d'incubadora.

El radiador escollit es tindrà premisses com ara que sigui un tipus de radiador molt fàcil de fabricar, amb una gran simplicitat en el seu disseny, ja que a l'hora d'elaborar la producció del conjunt els costos baixen gràcies a com s'ha comentat la seva simplicitat.

Previ estudi amb els programes informàtics d'elements finits es faran els càlculs pertinents per tal d'avaluar la calor necessària a dissipar pel radiador, de la mateixa manera que es veurà si el conjunt del sistema necessita l'adaptació de un ventilador per tal de dissipar la calor produïda per la Cel·la Peltier.

## *4. Elecció del ventilador.*

L'elecció del ventilador ve determinada per tal d'ajudar a la funció de la convecció forçada. La grandària d'aquests ventilador és semblant al de el radiador al qual ventila.

De tal manera que el ventilador es veu sotmès, per una banda a les restriccions que té el radiador en quant a les seves dimensions, i per altra al seu gruix. No intessa un ventilador excessivament gruixut ja que no cabria dins de les tapes del dispositiu dissenyat.

La potència utilitzada així com el cabal d'aire dependran del tipus d'aspes utilitzades (o àleps utilitzats) i del motor incorporat al ventilador. De totes maneres la gran majoria de ventiladors existents al mercat són versemblants.

### 7.3.- Dimensionament i elecció de la Cel·la Peltier

#### 7.3.1.- Càlcul del flux de calor que la Cel·la Peltier ha d'extreure de l'aliment de la xeringa

La hipòtesi que ens hi trobem és la següent referida al esquema que a continuació es mostra.

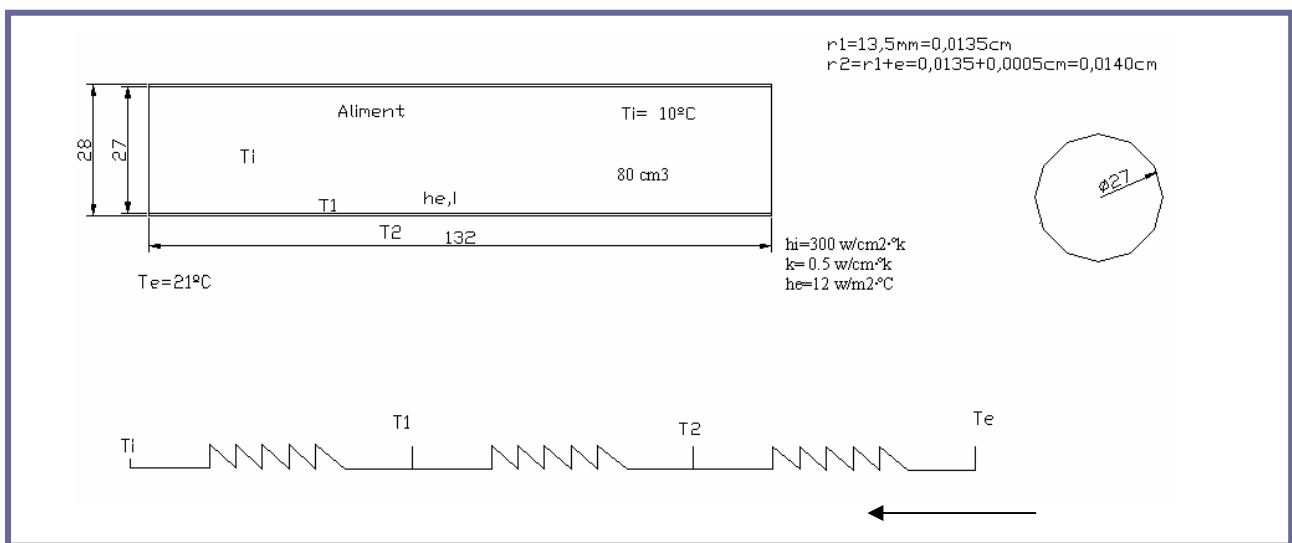


Figura 7.1 Figura esquemàtic per la realització dels càlculs de el calor necessària per la Cel·la Peltier.

$r_1$ (m)	$r_2$ (m)	L (m)	$h_i$ (W/m <sup>2</sup> ·°C)	k (W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> )	$h_e$ (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$T_e$ (K)	$T_i$ (K)	e (m)
0,0135	0,014	0,132	400	0,22	11	294,2	283,2	5·10 <sup>-4</sup>

Taula 7.1 Taula amb les dades importants a tenir en compte a l'hora de realitzar els càlculs pertinents per tal d'esbrinar la calor necessària que ha de extreure de l'aliment la Cel·la Peltier.

En les dades superiors descrites cal fer una menció especial als coeficients  $h_i$  (convecció dintre de l'aliment) i al coeficient k (de la xeringa).

Pel que respecta al coeficient de convecció natural dintre de l'aliment,  $h_i$ , la dada amb la que es treballa, 400 W/m<sup>2</sup>·°C, ha estat escollida de la següent manera:

Degut a que no surt en taules una dada amb exacte amb la que es pugui treballar, hem decidit treballar per tal de l'elecció d'aquest coeficient de convecció dintre de l'aliment de la següent manera.

Coneixem el rang en que es dona el coeficient de convecció natural de l'aigua en l'interior de recipinets. Aquest oscil·la entre  $100 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$  i  $850 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ . La mitjana estaria situada en  $475 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ . En el nostre cas, l'aliment té una textura semblant a la llet, la qual té un contingut en aigua del 85 %, Finalment escolim un valor de hi per l'aliment en l'interior de la xeringa de  $400 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ . De totes forme s'ha comprovat que si s'escollís un valor de 200 ó  $300 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ , el flux de calor calculat varia molt poc, respecte al valor que s'ha escollit.

En quant al valor de la conductivitat termica del material de la xeringa, s'han extret de taules tenint en compte que la xeringa està composta de un tipus de **Polipropilè homopolimer de qualitat mèdica**, el que en taules trobem amb un valor de  $k = 0,22 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{°C}^{-1}$ . (ó  $0,22 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ).

A la taula següent podem veure reflexada les dades genrèriques de la conductivitat tèrmica del polipropilè, la qual oscil·la entre  $k = 0,10 - 0,22 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Pel nostre cas, poliprepilè homopolimer de qualitat mèdica, el valor que s'ha agafat és:  $k = 0,22 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ , tal com s'ha dit anteriorment.

Material	Formula	Coefficient of thermal expansion $\times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	Heat-deflection temperature - 0.45MPa C	Heat-deflection temperature - 1.8MPa C	Lower working temperature C	Specific heat $\text{J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$	Thermal conductivity $\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$	Upper working temperature C
Polyimide	PI	30-60	-	360	-270	1090	0.10-0.35 @23C	250-320
Polymethylmethacrylate	PMMA, Acrylic	70-77	105	95	-40	1400 - 1500	0.17-0.19 @23C	50 to 90
Polymethylpentene	TPX®	117	100	40	-20 to -40	2000	0.17 @23C	75-115
Polyoxymethylene - Copolymer	Acetal - Copolymer POMC	80-120	160	110	-40	1500	0.23-0.3 @23C	80-120
Polyoxymethylene - Homopolymer	Acetal - Homopolymer POMH	122	170	135	-	1500	0.22-0.24 @23C	80-120
Polyphenyleneoxide	PPO (modified), PPE (modified)	60	137	125	-40	-	0.22 @23C	80-120
Polyphenyleneoxide (modified), 30% Glass Fiber Reinforced	PPO 30% GFR	25-30	165	135	-	-	0.28 @23C	90-160
Polyphenylenesulfide - 40% Glass Fiber Reinforced	PPS - 40% GFR	22-35	>260	240	-	-	0.29-0.45 @23C	200-260
Polyphenylsulfone	PPSu	55	-	200	-	-	0.35	180-210
Polypropylene	PP	100-180	100-105	60-65	-10 to -60	1700 - 1900	0.1-0.22 @23C	90-120
Polystyrene	PS	30-210	90	80	-	1200	0.1-0.13 @23C	50-95
Polystyrene - Cross-linked	PS - X - Linked	70-90	-	-	-	-	0.17 @23C	93
Polysulphone	PSu	56	-	174	-	-	0.26	150-180
Polytetrafluoroethylene	PTFE	100-160	120	54	-260	1000	0.25 @23C	180-260
Polytetrafluoroethylene filled with Glass	PTFE 25% GF	75-100	-	-	-	-	0.33-0.42 @23C	260

**Taula 7.2** Taula on ve reflexat el material de la xeringa, el polipropilè homopolimer de qualitat mèdica.

Aquest càlcul es farà tenint en compte que es tracta d'un estudi amb superfícies cilíndriques o de tubs horitzontals, i tenint tot en compte que el càlcul es comptabilitzarà com si s'estigués a l'interior d'edificis.

A continuació començarem a fer els càlculs pertinents per tal de trobar el flux de calor que entra a la xeringa.

Primerament ens disposem a fer el càlcul del coeficient de convecció exterior en l'aire  $h_c$ :

$$h_c = 1,317 \cdot \sqrt[4]{\frac{\Delta T}{D}} \quad \left( \begin{array}{l} \text{Convecció Natural} \\ \text{Flux La min ar} \\ 10^3 < Gr_r \cdot Pr < 10^9 \end{array} \right) \quad [7.1]$$

Els paràmetres que fan que es compleixin aquesta correlació són:

$$10^3 < Gr_{LC} \cdot Pr < 10^9$$

on el nombre de Grashoff és:

$$Gr_{LC} = \frac{\beta \cdot g \cdot D^3 \cdot \rho^2 \cdot \Delta T}{\mu^2} \quad [7.2]$$

on els valors de:

$$\beta, \rho, \mu \text{ s'avaluen a } T_m = \frac{T_s + T_f}{2} = \frac{21 + 10}{2} = 15,5^\circ C$$

Les dades necessàries que hem d'utilitzar es troben en la següent taula:

T (°C)	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\mu$ (kg/m·s)	Pr
10	1,2467	$17,69 \cdot 10^{-6}$	0,716
20	1,2042	$17,17 \cdot 10^{-6}$	0,713
15,5	1,2233	$17,95 \cdot 10^{-6}$	0,714

**Taula 7.3** Taula amb les propietats necessàries per poder calcular el Gr i el Pr per verificar la veracitat de la fórmula anterior de la  $h_c$

Per tal d'esbrinar el valor de  $\beta$  (Coeficient de dilatació tèrmica), partim de la seva definició:

$$\beta = \frac{1}{v} \cdot \left( \frac{\partial v}{\partial t} \right)_p \quad [7.3]$$

Ja que  $\beta$  s'ha d'avaluar pel cas de l'aire, el qual considerem que es comporta com un gas ideal, tenim:

$$P \cdot v = R \cdot T \quad [7.4]$$

$$v = \frac{R \cdot T}{P} \rightarrow \frac{P \cdot v}{R} = T$$

$$\left( \frac{\partial v}{\partial T} \right)_p = \frac{R}{P}$$

$$\beta = \frac{1}{v} \cdot \frac{R}{P} = \frac{R}{v \cdot P} = \frac{1}{T}$$

Finalment queda:

$$\beta = \frac{1}{T} \quad [7.5]$$

Per tant, pel nostre cas a  $T_m = 15,5^\circ\text{C} = 288,7 \text{ K}$  :

$$\beta = \frac{1}{T_m (K)} = \frac{1}{288,7 \text{ K}} = 3,46 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

D'altra banda, a partir de les taules de les propietats termofísiques de l'aire a  $T_m = 15,5^\circ\text{C}$  (Veure [Annex A5]), tenim:

$$\rho = 1,2233 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$\mu = 17,95 \cdot 10^{-6} \text{ kg} / \text{m} \cdot \text{s}$$

$$\text{Pr} = 0,714$$

Verifiquem que la correlació sigui la correcta

$$Gr_{LC} = \frac{\beta \cdot g \cdot D^3 \cdot \rho^2 \cdot \Delta T}{\mu^2} = \frac{3,46 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8 \cdot 0,028^3 \cdot 1,2233^2 \cdot 11}{(17,95 \cdot 10^{-6})^2} = 38028,22$$

$$Gr_{LC} \cdot \text{Pr} = 27152,159$$

$$10^3 < Gr \cdot \text{Pr} < 10^9$$

$$10^3 < 27152,159 < 10^9$$

Com podem veure els càlculs verifiquen la utilització de la fórmula de la  $h_c$

El càlcul es realitzarà tenint en compte les següents premisses:

$$T_s = 21^\circ\text{C}$$

$$T_f = 10^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 11^\circ\text{C}$$

$$D = 0,028$$

$$h_c = 1,317 \cdot 4 \sqrt{\frac{11}{0,028}} = 5,86 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

La  $h_e$  que està representada al requadre principal de les unitats surt de efectuar les següents operacions:

$$h_e = h_c + h_r$$

[7.6]

Tant mateix és necessari el càlcul de la  $h_r$  (es tracta del coeficient de radiació) per tal de fer el càlcul de la  $h_e$

$$h_r = \sigma \cdot \varepsilon \cdot (T_f^2 + T_s^2) \cdot (T_f + T_s) =$$

[7.7]

$$= 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot \varepsilon \cdot (294,2^2 + 283,2^2) \cdot (294,2 + 283,2) = 5,459 \cdot \varepsilon$$

Agafarem com  $\varepsilon = 0,94$  pel plàstic [Annex A5].

$$h_r = 5,459 \cdot 0,94 = 5,13 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K}$$

$$h_e = h_c + h_r = 5,863 + 5,13 = 10,994 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K}$$

$$h_e = 10,994 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K} \approx 11 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K}$$

Un cop havent esbrinat el valor de  $h_e$  estem ja preparats per tal de calcular la calor generada en el dispositiu que serà precisament aquesta la que la Cel·la Peltier haurà d'absorbir.

$$\boxed{\dot{Q}_{total} = \dot{Q}_{interior} + \dot{Q}_{tapas} =} \quad [7.8]$$

$$\boxed{\dot{Q}_{interior} = \frac{T_e - T_i}{R_T} =} \quad [7.9]$$

$$\boxed{R_T = R_i + R_1 + R_2 =} \quad [7.10]$$

$$\boxed{R_i = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot L \cdot h_i} = 0,223} \quad [7.11]$$



$$R_1 = \frac{l_n\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2 \cdot \pi \cdot K \cdot L} = 0,199 \quad [7.12]$$

$$R_2 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot r_2 \cdot L \cdot h_e} = 7,829 \quad [7.13]$$

$$\begin{aligned} R_T &= R_i + R_1 + R_2 = \\ &= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot L \cdot h_i} + \frac{l_n\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2 \cdot \pi \cdot K \cdot L} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot r_2 \cdot L \cdot h_e} = \\ &= 0,223 + 0,199 + 7,829 = 8,251 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{interior} &= \frac{T_e - T_i}{R_T} = \\ &= \frac{21 - 10}{8,215} = 1,211 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\dot{Q}_{tapas} = 2 \cdot \frac{T_e - T_i}{R_T} = \quad [7.14]$$

$$R_T = R_i + R_1 + R_2 =$$

$$R_i = \frac{1}{\pi \cdot r_1^2 \cdot h_i} = 4,366 \quad [7.15]$$

$$R_1 = \frac{e}{\pi \cdot k \cdot r_1} = 0,041 \quad [7.16]$$

$$R_2 = \frac{1}{\pi \cdot r_1^2 \cdot h_e} = 158,777 \quad [7.17]$$

$$\begin{aligned} R_T &= R_i + R_1 + R_2 = \\ &= \frac{1}{\pi \cdot r_1^2 \cdot h_i} + \frac{e}{\pi \cdot k \cdot r_1} + \frac{1}{\pi \cdot r_1^2 \cdot h_e} = \\ &= 4,366 + 0,041 + 158,777 = 163,185 \end{aligned}$$

$$\dot{Q}_{tapas} = 2 \cdot \frac{T_e - T_i}{R_T} = \quad [7.18]$$

$$= 2 \cdot \frac{21 - 10}{163,185} = 0,122 \text{ W}$$

Efectuant les operacions corresponents obtenim que, la  $Q_{total}$  resulta:

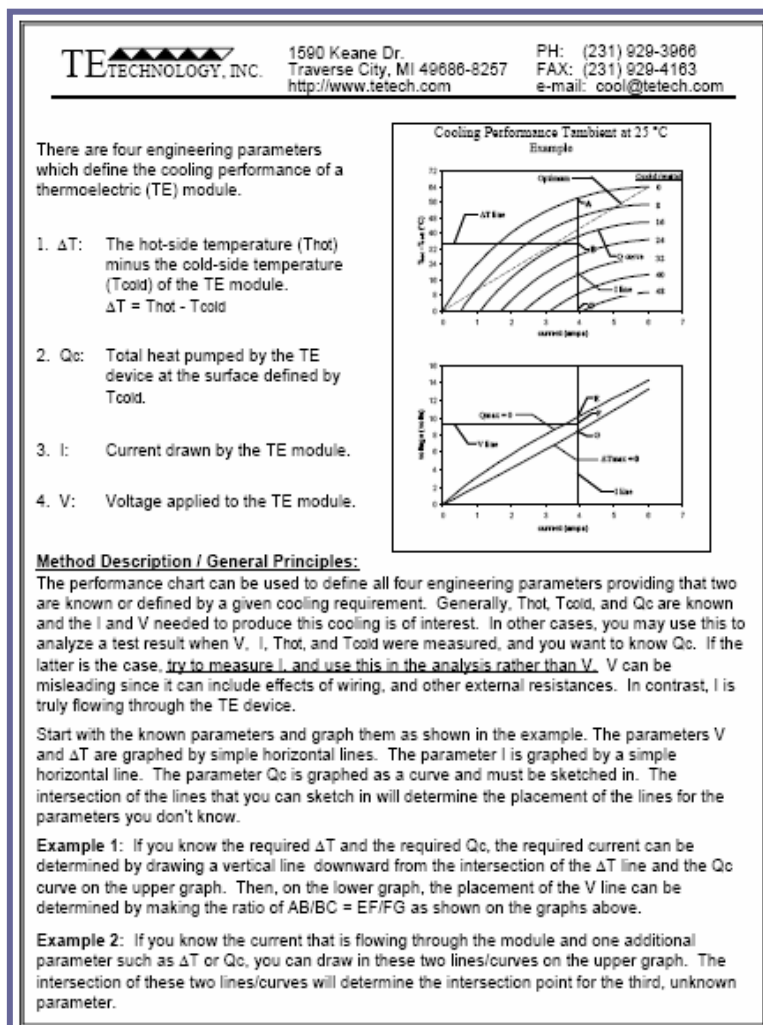
$$\dot{Q}_{total} = \dot{Q}_{interior} + \dot{Q}_{tapas} = 1,211 + 0,122 = 1,334 \text{ W}$$

### 7.3.2.- Càlcul del dimensionament de la Cel·la Peltier a utilitzar

Un cop havent trobat la calor que la part freda de la nostra Cel·la Peltier ha de dissipar ens disposarem a fer el dimensionalment del tipus de Cel·la Peltier necessària per que el nostre sistema assoleixi les dades trobades

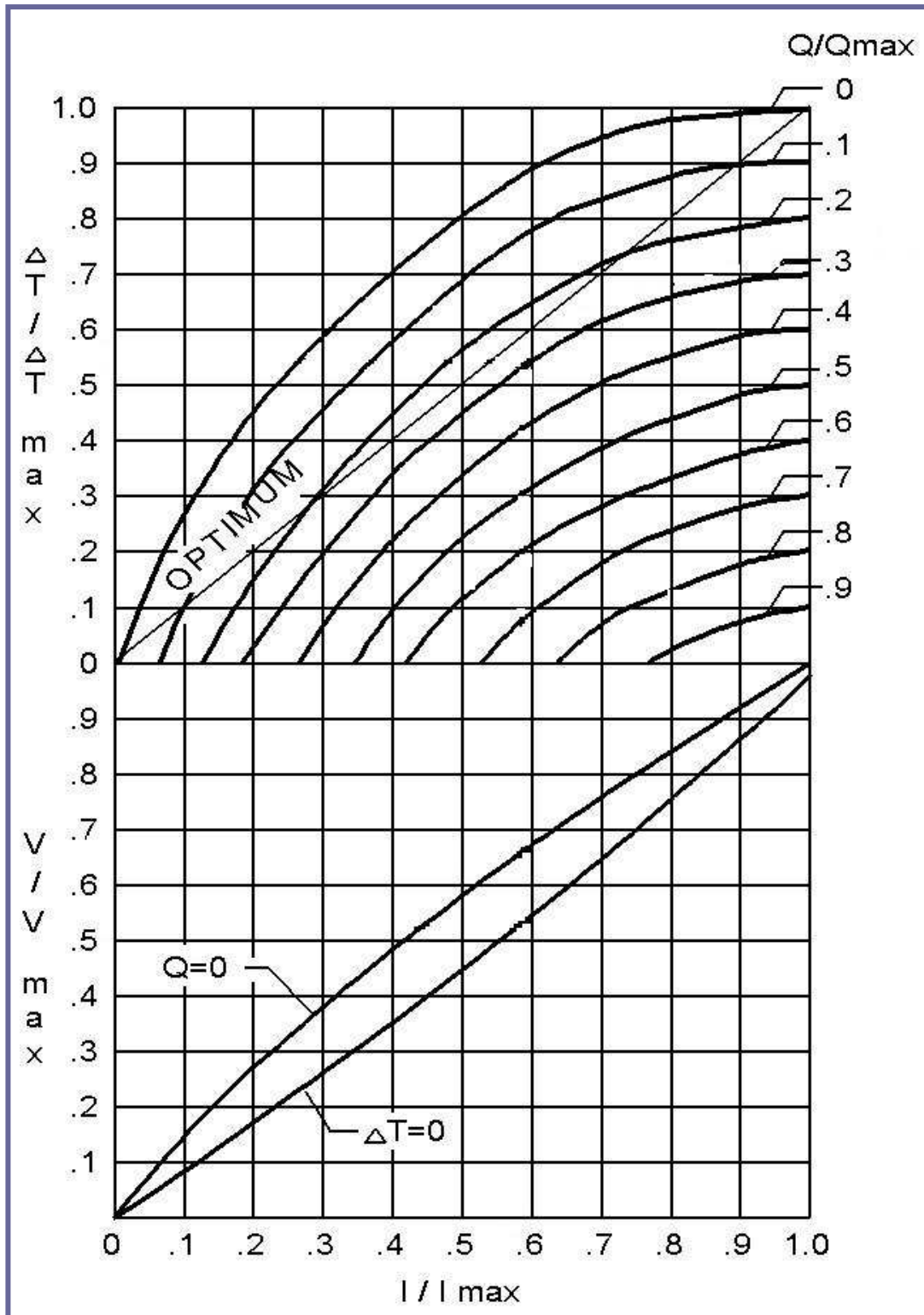
Per tal de realitzar el dimensionalment de la Cel·la Peltier i escollir dintre del ventall disponible la més adient ens ajudarem amb les corbes característiques de les Cel·les Peltier, unes corbes que com ja s'ha comentat anteriorment es tracta d'unes corbes universals en les que hi surten els seus funcionament normalitzats, igualment cada Cel·la Peltier té la seva pròpia corba de funcionament, que esdevé de la corba universal estandarditzada avans comentada.

Aquest tipus de gràfiques tenen representades la diferencia de temperatura, la calor absorvida i la tensió d'entrada respecte a la corrent d'entrada a la Cel·la Peltier del sistema.



Gràfic 7.1 Gràfic de la corba característica de la cel la Peltier de l'empresa Tetech. Cada Cel·la Peltier té la seva corba característica de funcionament.

La taula sobre la qual realitzarem els càlculs mitjançant l'extracció de dades és la següent:



Gràfic 7.2 Gràfic de rendiment universal. Aquesta taula serà amb la que ens ajudarem a la realització del dimensionament de la Cel·la Peltier.

Degut a que la diferència màxima que volem assolir entre la temperatura ambient i l'aliment pel nadó és de 11°C, en una primera instància podem observar que amb un dispositiu que disposi d'una Cel·la Peltier n'hi haurà prou com per aconseguir-ho. Si darrera del càlcul efectuat s'observa que no es disposa de una Cel·la Peltier que compleixi les característiques necessàries, s'optarà per afegir-hi una altre Cel·la Peltier addicional.

$$\Delta T = T_{\text{exterior}} - T_{\text{assolir}} \quad [7.19]$$

$$\Delta T = 21^{\circ}C - 10^{\circ}C = 11^{\circ}C$$

Les gràfiques amb les que treballarem estan normalitzades per una diferència de temperatura entre les dues cares de  $\Delta T_{\text{max}} = 64^{\circ}C$ . Això vol dir que haurem de trobar les relacions  $\Delta T / \Delta T_{\text{max}}$ ,  $Q / Q_{\text{max}}$  i  $V / V_{\text{max}}$ , que correspondran a les nostres necessitats d'utilització.

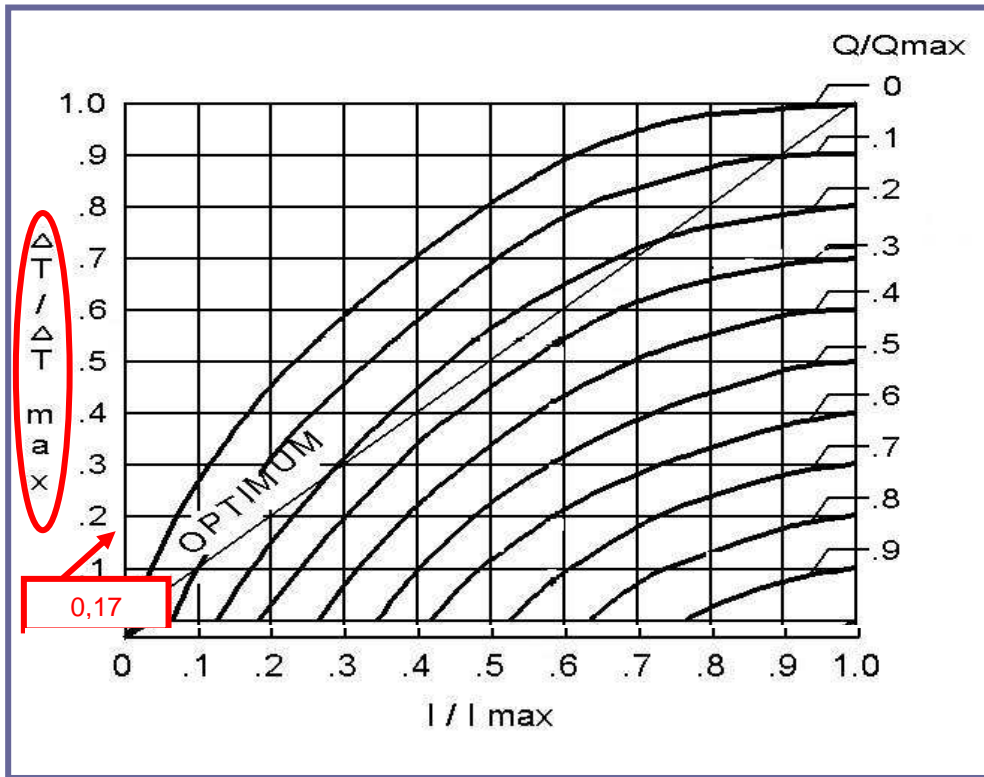
El cas que ens aconsegueix i havent efectuat la relació més desfavorable respecte a la temperatura exterior (21°C), recordem que aquesta temperatura fa referència a la temperatura normalitzada per a un laboratori, d'aquesta manera la relació entre la diferència de temperatura a treballar i la diferència de temperatura màxima serà de:

$$\frac{\Delta T}{\Delta T_{\text{max}}} \quad [7.20]$$

$$\frac{\Delta T}{\Delta T_{\text{max}}} = \frac{11}{64} = 0,17$$

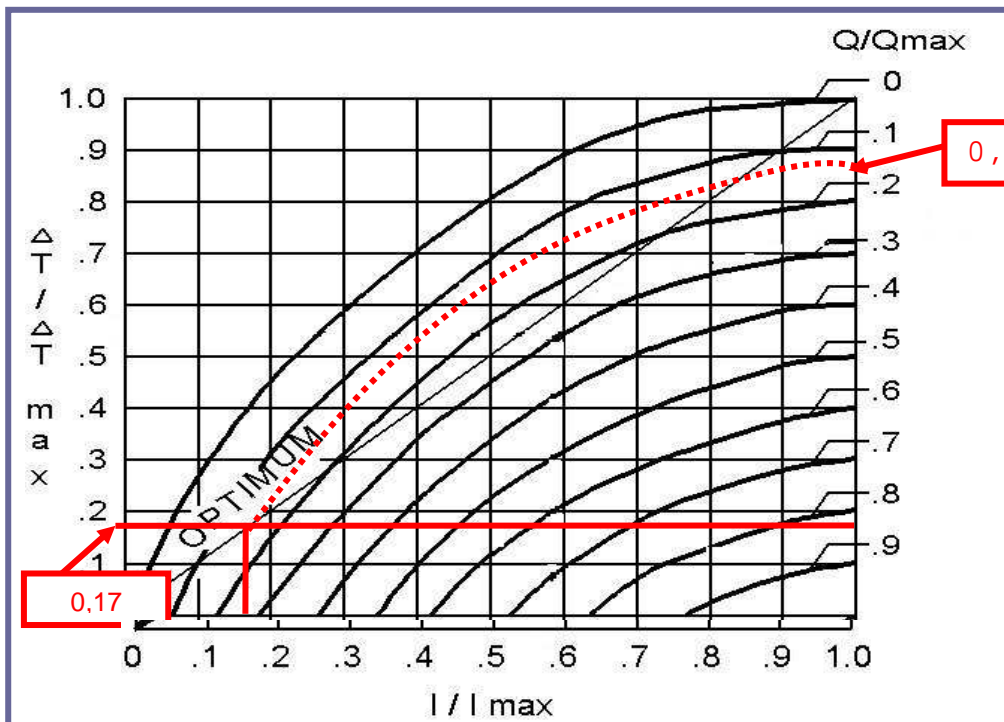
A la gràfica anterior observem con hi ha una diagonal que creua tota la gràfica. Aquesta diagonal ens marca el valor òptim de la relació existent entre  $Q / Q_{\text{max}}$  que hauria de tenir la nostre Cel·la Peltier per tal d'assolir igualment un rendiment òptim.

Com ja hem calculat la diferència de temperatura en el pitjor dels casos respecte a la diferència de temperatura màxima, realitzarem una traçada en el nostre gràfic a l'alçada del valor calculat per tal de calcular gràficament el valor òptim.



Gràfic 7.3 Gràfic amb els càlculs inicials. Observem en la taula següent les traçades inicials per tal de trobar la calor màxima produïda per la nostra Cel·la Peltier.

En quant la recta es creua amb la diagonal que ens marca el valor òptim de  $Q / Q_{max}$  obtindrem el punt pel que haurem de traçar una corba que ens donarà el màxim rendiment.



Gràfic 7.4 Gràfic amb els càlculs del valor de la calor generada òptima.

Gràficament trobem que la relació entre  $Q$  i  $Q_{\max}$  (òptim) és igual al valor de 0,16

$$\frac{Q}{Q_{\max \text{ òptim}}} = \text{Valor al Gràfic} \quad [7.21]$$

$$\frac{Q}{Q_{\max \text{ òptim}}} = 0,16$$

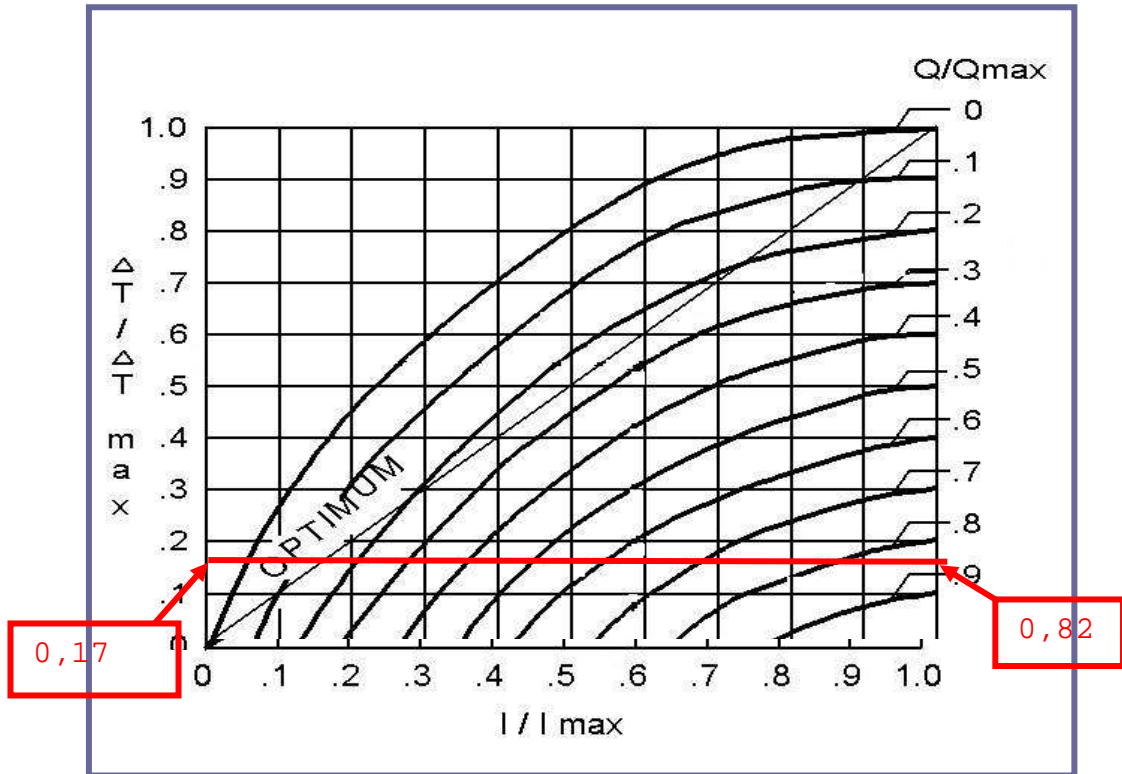
I per tant podem extreure que:

$$Q_{\max \text{ òptim}} = \frac{Q}{0,16} = \frac{1,334}{0,16} = 8,33 \text{ W}$$

El valor màxim òptim tal i com hem observat ha estat el de 8,33 W, però encara hauríem de calcular el valor suficient pel seu funcionament.

Tot seguit farem el càlcul per aquest paràmetre.

El càlcul d'aquest últim paràmetre esmentat, el de la calor suficient, es farà tal i com s'ha fet per la calor màxima òptima amb l'ajut de les taules de les corbes universals del funcionament de les Cel·les Peltier.



Gràfic 7.5 Gràfic amb els càlculs del valor de la calor generada suficient

$$\frac{Q}{Q_{\max \text{ suficient}}} = \text{Valor al Gràfic}$$

[7.22]

$$\frac{Q}{Q_{\max \text{ suficient}}} = 0,82$$

$$Q_{\max \text{ suficient}} = \frac{Q}{0,82} = \frac{1,334}{0,82} = 1,63 \text{ W}$$



### 7.3.3.- Conclusions sobre l'elecció del tipus de Cel·la Peltier a escollir en el nostre cas

Com s'ha pogut calcular anteriorment hem pogut calcular els marges sobre els quals hauria de treballar la nostra Cel·la Peltier en el nostre sistema.

Els valors trobats estan entre 8,33 W i 1,63 W.

Model	Test: T ambient = 27°C				Size
	Pares	I max	V max	Q max	L x W x H mm
<b>TEC1-00703T200</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>0,8</b>	<b>1,6</b>	<b>10x10x5,4</b>
<b>TEC1-00704T200</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>0,8</b>	<b>2,1</b>	<b>10x10x4,7</b>
<b>TEC1-00705T200</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>0,8</b>	<b>2,6</b>	<b>10x10x4,2</b>
<b>TEC1-00706T200</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>0,8</b>	<b>3,1</b>	<b>10x10x3,9</b>
<b>TEC1-00707T200</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>0,8</b>	<b>3,6</b>	<b>10x10x3,7</b>
<b>TEC1-00710T200</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>0,8</b>	<b>5,2</b>	<b>10x10x3,3</b>
<b>TEC1-00712T200</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>0,8</b>	<b>6,2</b>	<b>10x10x3,2</b>
<b>TEC1-01703T200</b>	<b>17</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3,8</b>	<b>15x15x5,4</b>
<b>TEC1-01704T200</b>	<b>17</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>15x15x4,7</b>
<b>TEC1-01705T200</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>6,3</b>	<b>15x15x4,2</b>
<b>TEC1-01706T200</b>	<b>17</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>7,6</b>	<b>15x15x3,9</b>
<b>TEC1-01707T200</b>	<b>17</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>8,8</b>	<b>15x15x3,7</b>
<b>TEC1-01710T200</b>	<b>17</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>12,6</b>	<b>15x15x3,3</b>
<b>TEC1-01712T200</b>	<b>17</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>15,1</b>	<b>15x15x3,2</b>
<b>TEC1-02303T200</b>	<b>23</b>	<b>3</b>	<b>2,8</b>	<b>5,1</b>	<b>15x20x5,4</b>
<b>TEC1-02304T200</b>	<b>23</b>	<b>4</b>	<b>2,8</b>	<b>6,8</b>	<b>15x20x4,7</b>
<b>TEC1-02305T200</b>	<b>23</b>	<b>5</b>	<b>2,8</b>	<b>8,5</b>	<b>15x20x4,2</b>
<b>TEC1-02306T200</b>	<b>23</b>	<b>6</b>	<b>2,8</b>	<b>10,2</b>	<b>15x20x3,9</b>
<b>TEC1-02307T200</b>	<b>23</b>	<b>7</b>	<b>2,8</b>	<b>11,9</b>	<b>15x20x3,7</b>
<b>TEC1-02310T200</b>	<b>23</b>	<b>10</b>	<b>2,8</b>	<b>17,1</b>	<b>15x20x3,3</b>

*Taula 7.4* Taula amb les Cel·les Peltiers dimensionables pel nostre sistema de Cel·la Peltier. Observem el ventall de potències calorífiques que es poden escollir.

Havent obtingut uns resultats el valor ideal s'hauria de trobar entre els valors trobats òptim i el suficient. El valor de la Peltier a escollir es podria ben bé trobar entre una Peltier que tingués un poder calorífic comprès entre 4,5 W i 5 W. Les Cel·les Peltiers a escollir en el ventall del quadre anterior estaria entre una Peltier de una potència calorífica de 3,6 W i una de 5,2 W segons les estimacions anteriorment esmentades, ens estem referint doncs a les Cel·les Peltiers anomenades TEC1-00707T200 i TEC1-00710T200.

Les Cel·les Peltiers avans esmentades serien les idònies, però no són les que s'han escollit per aquest projecte.

La Cel·la Peltier escollida té una potència màxima de 18,8 W. La raó d'aquest gran sobredimensionament de la elecció de la Cel·la Peltier ha estat degut a la elecció de una Cel·la Peltier de baixa qualitat.

S'ha decidit escollir una Cel·la Peltier, (concretament la Tes1-12702T200, amb una potència de 18,8 W i unes mesures de 30 mmx30 mmx4,4 mm ) de baixa qualitat degut a que el preu era prou baix com per tal d'optar a una Cel·la Peltier de gran potència. I d'aquesta manera utilitzar una Cel·la Peltier de baixa qualitat, la qual no s'arribarà pas en cap moment a assolir en aquesta el 100% del seu rendiment i com a molt se la farà treballar a un 50% del seu rendiment. El motiu d'això ha estat prou clar, ja que al treballar amb una Cel·la Peltier de baixa qualitat no es volia forçar el sistema de la pròpia Cel·la Peltier i d'aquesta manera prolongar la seva vida i evitar que la pròpia Cel·la Peltier es malmetés produint fallides en el sistema el que produiria una inutilització total del propi sistema.

Un altre motiu important a destacar és que a l'empresa treballa amb aquest tipus de Cel·les Peltier i es fan grans comandes amb el que el preu unitari per cada Cel·la Peltier baixa degut al gran nombre de d'unitats per comanda.

Les característiques de la Cel·la Peltier que es s'utilitzarà en el nostre sistema esta referenciat a la següent taula:

Model	Test: T ambient = 27°C				Size
	Pares	I max	V max	Q max	L x W x H mm
TEC1-12703T200	127	3	15,2	28,3	40X40x5,4
TEC1-12704T200	127	4	15,2	37,7	40X40x4,7
TEC1-12705T200	127	5	15,2	47,1	40X40x4,2
TEC1-12706T200	127	6	15,2	56,6	40X40x3,9
TEC1-12708T200	127	8	15,2	65,9	40X40x3,7
TEC1-12710T200	127	10	15,2	94,2	40X40x3,3
TEC1-12712T200	127	12	15,2	113	40X40x3,2
TES1-07102T200	71	2	8,5	10,5	23X23x4,4
TES1-07103T200	71	3	8,5	15,8	23X23x3,5
TES1-07104T200	71	4	8,5	21,1	23X23x3,1
TES1-07105T200	71	5	8,5	26,3	23X23x2,9
TES1-12702T200	127	2	15,2	18,8	30X30x4,4
TES1-12703T200	127	3	15,2	28,3	30X30x3,5
TES1-12704T200	127	4	15,2	37,7	30X30x3,1
TEC1-07108T200	71	8	8,5	42,1	38X38x4,6
TEC1-07110T200	71	10	8,5	52,7	38X38x4,2
TEC1-07112T200	71	12	8,5	63,2	38X38x3,9
TEC1-07115T200	71	15	8,5	79,0	38X38x3,6
TEC1-07118T200	71	18	8,5	94,8	38X38x3,4
TEC1-07124T200	71	24	8,5	126,4	38X38x3,1

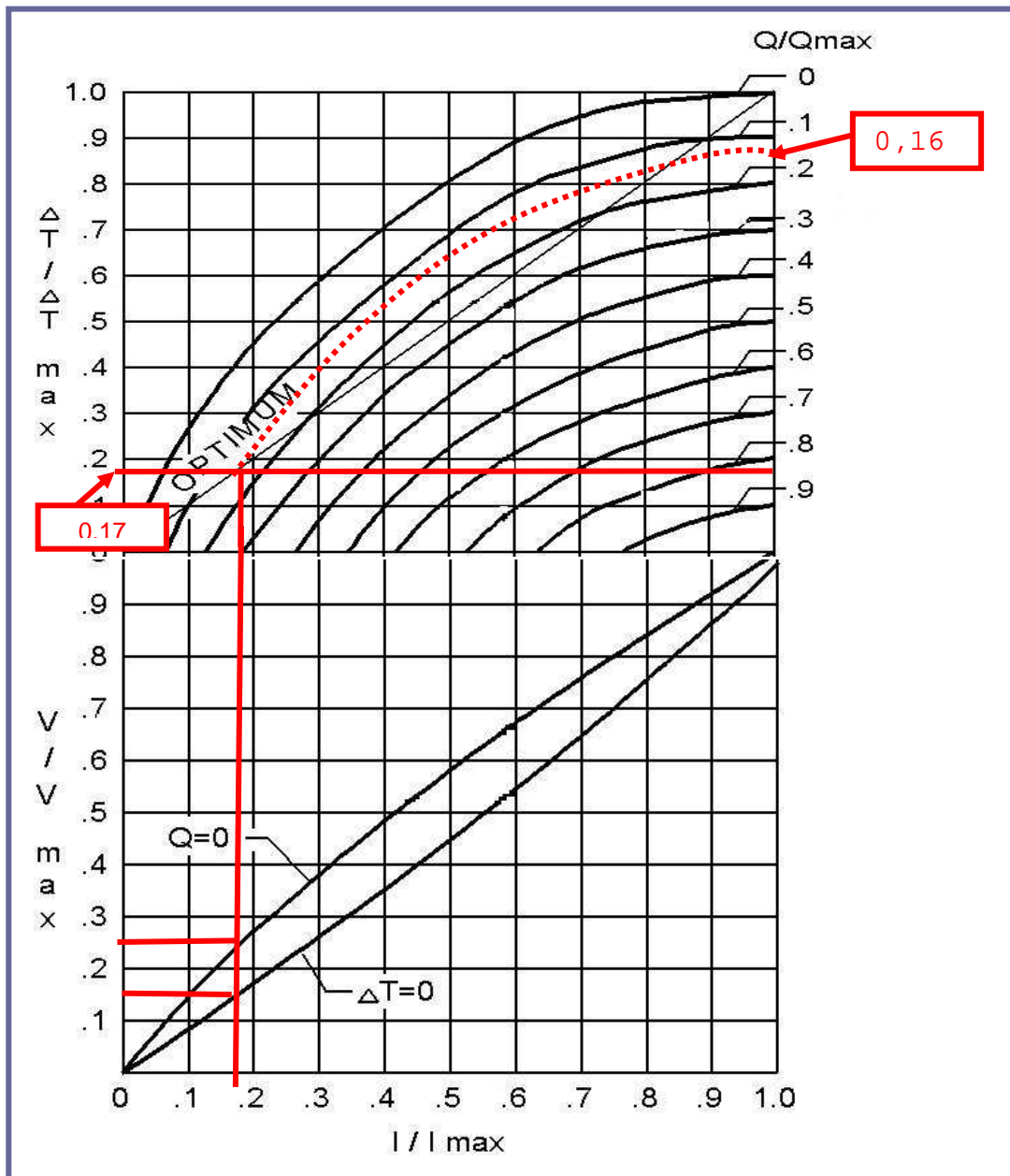
Taula 7.5 Taula de les propietats de les Cel·les Peltier a escollir.

Si agafem la columna on ens indica la  $Q_{max}$  obtenim un valor de 18,8 W, però d'aquest valor treballarem al 44 % d'aquest, així que aquest restarà ser 8,3 W.

Llavors podem calcular:

$$\frac{Q}{Q_{max}} \text{ "optim"} = \frac{1,334}{8,33} = 0,160 \quad [7.23]$$

Per lo tant treballarem en la corba de  $Q/Q_{\max} = 0,16$ . En el punt on la corba talla la recta  $\Delta T/\Delta T_{\max} = 0,17$ , aquí farem un traç amb una línia vertical per tal de conèixer els nivells de tensió i corrents necessaris per seu correcte funcionament.



Gràfic 7.6 Gràfic amb els càlculs gràfics de  $V/V_{\max}$  i  $I/I_{\max}$ .

Amb l'ajut de la gràfica obtenim dos valors aproximats de  $V/V_{\max}$  ( $V/V_{\max} = 0,255$  i  $V/V_{\max} = 0,145$ ), també obtenim un valor de  $I/I_{\max} = 0,175$ . Aquests valors, els de  $V/V_{\max}$ , són deguts a a que la resistència d'entrada del mòdul Peltier varia en funció de la diferència de la temperatura de les dues cares, cara calenta i cara freda, de forma que la relació entre la corrent i la tensió d'entrada no es lineal.

D'aquesta forma tenim dues gràfiques de tensió depenent de si la diferencia de temperatura entre cares es zero, o si bé si la diferencia de temperatura entre cares es màxima ( $Q=0$ ).

Si el mòdul es troba en repòs utilitzarem llavors la corba corresponent a  $\Delta T=0$ , en canvi mitjançant vagi augmentant la diferencia de temperatura entre les dues cares, es començarà a moure sobre altres corbes. Tot això provocarà que si mantenim la tensió d'entrada la corrent variarà.

De tal manera per que aquest fenomen no succeeixi, s'haurà d'instal·lar un circuit que s'encarregui de controlar la tensió d'entrada entre els dos valors màxim i el mínim ( $V/V_{\max} = 0,255$  i  $V/V_{\max} = 0,145$ ).

El valor de la corrent d'entrada al sistema Peltier per tal d'assolir la diferencia de temperatura desitjada es formularà:

$$I = I_{\max} \cdot \left( \text{Valor de } \frac{I}{I_{\max}} \right) \quad [7.24]$$

$$I = I_{\max} \cdot 0,19 = 2 \cdot 0,175 = 0,35 \text{ A}$$

La tensió necessària per tal d'assolir el valor de corrent depenent de la diferencia de temperatura entre cares es:

$$V_{\text{sup}} = V_{\max} \cdot \left( \text{Valor de } \frac{V}{V_{\max}} \right) \quad [7.25]$$

$$V_{\text{sup}} = 15,2 \cdot 0,255 = 3,88 \text{ V}$$

$$V_{\text{inf}} = V_{\max} \cdot \left( \text{Valor de } \frac{V}{V_{\max}} \right) \quad [7.26]$$

$$V_{\text{inf}} = 15,2 \cdot 0,145 = 2,20 \text{ V}$$

El control electrònic de corrent haurà de variar la tensió entre els valors trobats anteriorment que es troben entre, 3,88 V i 2,20 V, i mantenir una corrent d'entrada a la Cel·la Peltier de 0,35 A.

Amb les dades calculades i recollides anteriorment podem calcular la potència màxima que generarà la Cel·la Peltier del mode següent:

$$P_{e \max} = V_{\text{sup}} \cdot I \quad [7.27]$$

$$P_{e \max} = 3,88 \cdot 0,35 = 1,358 \text{ W}$$

Com es pot observar en els càlculs anteriors la potència generada per la Cel·la Peltier es veu semblant a la potència que aquest sistema Peltier ha de bombejar al sistema, tot això fa que la potència calorífica que ha de dissipar, o sigui la calor total de la cara calent esdevingui la suma de les dues calors, la generada per la pròpia Cel·la Peltier i la calor que ha d'absorbir la Cel·la Peltier.

$$Q_h = Q_{\text{generada per la Peltier}} + Q_{\text{absorvida per la Peltier}} \quad [7.28]$$

$$Q_h = 1,358 + 1,334 = 2,69 \text{ W}$$

Aquí hem trobat la quantitat de calor a dissipar per la pròpia Cel·la Peltier, i si fos necessari afegint-li un radiador per efectuar la dissipació del radiador.

Amb aquests càlculs podem escollir una Cel·la Peltier que sigui la més adient pel nostre disseny.

#### 7.3.4.- Software de càlcul pel dimensionament de cel·les Peltier

Per tal de realitzar el càlcul de la Peltier i el seu bon dimensionatge hi ha softwares de càlcul que ajuden a que el dimensionatge de la Cel·la Peltier sigui més fàcil i senzill.

S'ha utilitzat el software de l'empresa Melcor [34]. Amb aquest programa s'han d'introduir les dades necessàries i el programa dona la Cel·la Peltier més adient pel nostre sistema.

Les dades a introduir són la temperatura ambient, la temperatura a la que es vol refredar (en el nostre cas serà la cara freda), i els wats estimats necessaris que necessita el nostre sistema pel seu correcte funcionament.

Com ja hem comentat anteriorment la calor necessària a bombejar pel sistema esta comprés entre els valors trobats, els quals estan entre 8,33 W i 1,63 W. Introduïrem al programa de selecció de Peltiers (de l'emmpresa Melcor) el valor de 4,5 W, el qual és aproximadament el valor mitjà de les potències abans assenyalades. També s'introduïex el valor de la temperatura ambient de 21°C i la temperatura a refredar 10°C.

En virtut dels resultats obtinguts pel software escollirem la Cel·la Peltier de 8,8 W, per tal de obtenir bons resultats, segons les taules aquesta Cel·la Peltier té la denominació de TEC1-01707T200 i amb unes mesures físiques de 15x15x3,7, y és la assenyalada en la taula següent:

<b>TEC1-01703T200</b>	<b>17</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3,8</b>	<b>15x15x5,4</b>
<b>TEC1-01704T200</b>	<b>17</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>15x15x4,7</b>
<b>TEC1-01705T200</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>6,3</b>	<b>15x15x4,2</b>
<b>TEC1-01706T200</b>	<b>17</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>7,6</b>	<b>15x15x3,9</b>
<b>TEC1-01707T200</b>	<b>17</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>8,8</b>	<b>15x15x3,7</b>
<b>TEC1-01710T200</b>	<b>17</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>12,6</b>	<b>15x15x3,3</b>
<b>TEC1-01712T200</b>	<b>17</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>15,1</b>	<b>15x15x3,2</b>

*Taula 7.6* Taula refint-se a la Cel·la Peltier idònia.

El propi software ens donarà les possibles Cel·les Peltier que més s'adaptin tant en característiques com en grandària al nostre problema

En el nostre cas no ens ha estat de molta ajuda degut al sobredimensionament que s'ha realitzat al sistema.

A continuació podem obsrevar una figura extreta d'una instantania del software d'elecció de Cel·les Peltier de l'empresa Melcor. En aquesta instantania es pot observar el software programat i treballant havent donat una serie de resultats que tot seguit es comentaran.

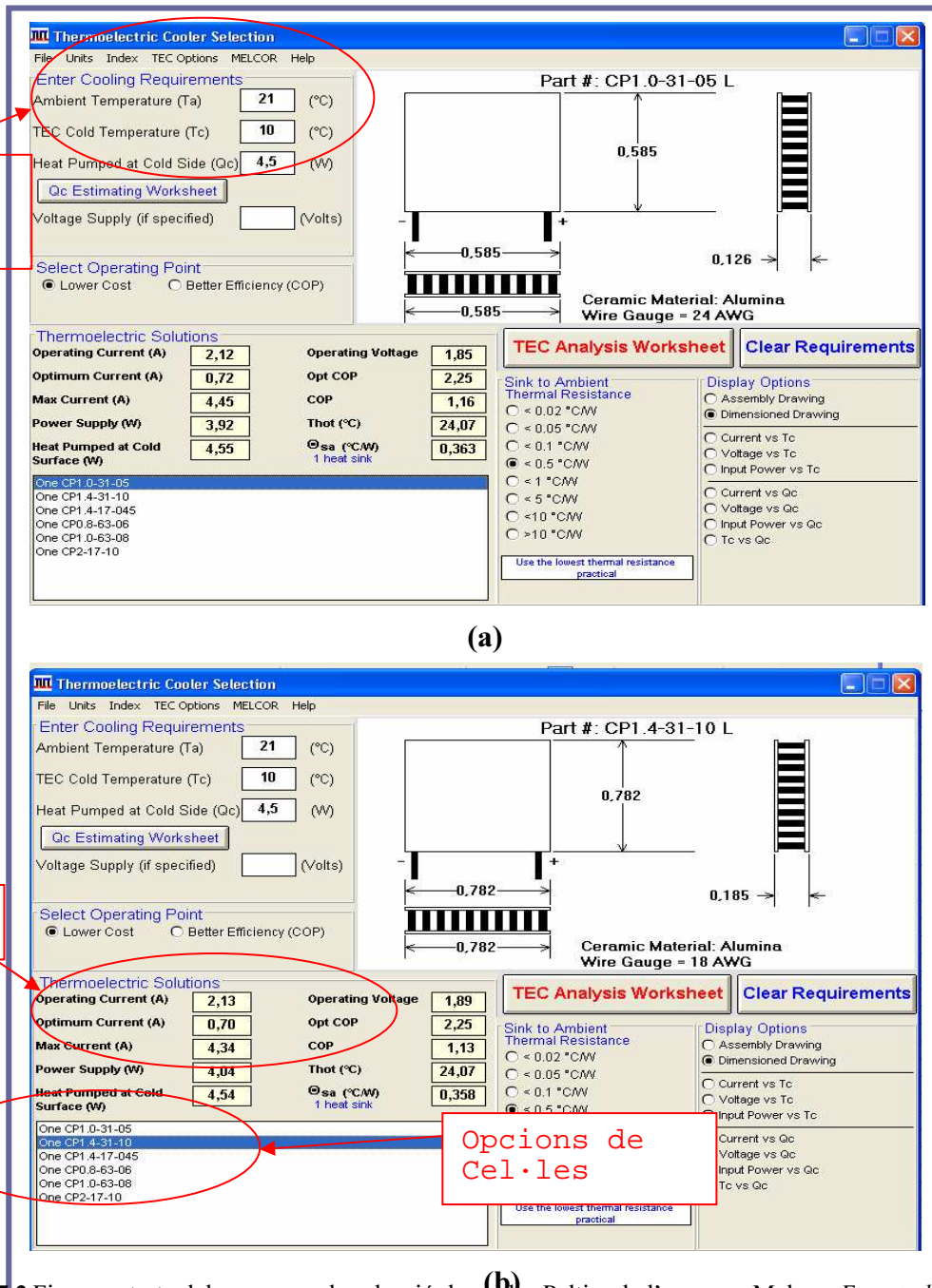


Figura 7.2 Figura extreta del programa de selecció de cel·les Peltier de l'empresa Melcor. Es pot observar com el propi programa dona diferents possibilitats de Cel·les Peltiers útils per el sistema proposat amb la introducció de les dades que se li faciliten al programa. (a) resultat per una potència de 4,45 W i (b) resultat per una potència de 4,34 W

Model	Test: T ambient = 27°C				Size
	Pares	I max	V max	Q max	L x W x H mm
<b>TEC1-00703T200</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>0,8</b>	<b>1,6</b>	<b>10x10x5,4</b>
<b>TEC1-00704T200</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>0,8</b>	<b>2,1</b>	<b>10x10x4,7</b>
<b>TEC1-00705T200</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>0,8</b>	<b>2,6</b>	<b>10x10x4,2</b>
<b>TEC1-00706T200</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>0,8</b>	<b>3,1</b>	<b>10x10x3,9</b>
<b>TEC1-00707T200</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>0,8</b>	<b>3,6</b>	<b>10x10x3,7</b>
<b>TEC1-00710T200</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>0,8</b>	<b>5,2</b>	<b>10x10x3,3</b>
<b>TEC1-00712T200</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>0,8</b>	<b>6,2</b>	<b>10x10x3,2</b>
<b>TEC1-01703T200</b>	<b>17</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3,8</b>	<b>15x15x5,4</b>
<b>TEC1-01704T200</b>	<b>17</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>15x15x4,7</b>
<b>TEC1-01705T200</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>6,3</b>	<b>15x15x4,2</b>
<b>TEC1-01706T200</b>	<b>17</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>7,6</b>	<b>15x15x3,9</b>
<b>TEC1-01707T200</b>	<b>17</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>8,8</b>	<b>15x15x3,7</b>
<b>TEC1-01710T200</b>	<b>17</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>12,6</b>	<b>15x15x3,3</b>
<b>TEC1-01712T200</b>	<b>17</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>15,1</b>	<b>15x15x3,2</b>
<b>TEC1-02303T200</b>	<b>23</b>	<b>3</b>	<b>2,8</b>	<b>5,1</b>	<b>15x20x5,4</b>
<b>TEC1-02304T200</b>	<b>23</b>	<b>4</b>	<b>2,8</b>	<b>6,8</b>	<b>15x20x4,7</b>
<b>TEC1-02305T200</b>	<b>23</b>	<b>5</b>	<b>2,8</b>	<b>8,5</b>	<b>15x20x4,2</b>
<b>TEC1-02306T200</b>	<b>23</b>	<b>6</b>	<b>2,8</b>	<b>10,2</b>	<b>15x20x3,9</b>
<b>TEC1-02307T200</b>	<b>23</b>	<b>7</b>	<b>2,8</b>	<b>11,9</b>	<b>15x20x3,7</b>
<b>TEC1-02310T200</b>	<b>23</b>	<b>10</b>	<b>2,8</b>	<b>17,1</b>	<b>15x20x3,3</b>

*Taula 7.7* Taula amb les Cel·les Peltiers dimensionables pel nostre sistema de Cel·la Peltier. Observem el ventall de potències calorífiques que es poden escollir.

Com podem observar les Cel·les escollides no resten gaire diferents entre els càlculs matemàtics i els càlculs amb el software Melcor. Cal destacar que la elecció amb el software és molt més senzill, ja que entrant les dades ens mostra les Cel·les Peltiers adients i sols hauríem de trobar la més adient per les nostres condicions, ja sigui de rendiment, com de grandària.

El ventall de fer el càlcul analíticament és més ampli degut a que es poden jugar amb diverses taules dels diferents proveïdors de Cel·les Peltier, cosa que en el software solament estan disponibles les que es venen per l'empresa programadora del software que és AZTEC.

En tot cas la Cel·la Peltier utilitzada en el dispositiu es tracta una Cel·la del tipus Tes1-12702T200, amb una potència de 18,8 W i unes mesures de 30 mmx30 mmx4,4 mm.

Com ja s'ha dit anteriorment l'elecció d'aquesta Cel·la Peltier ha estat per una qüestió econòmica, escollint una Cel·la Peltier amb una bona potència i una baixa qualitat, ja que s'ha decidit que el sobrecost respecte els radiadors i els ventiladors que es puguin adaptar al dispositiu és prou baix com per fer una inversió més gran en una Cel·la Peltier de millors qualitat i menor potència, això si en aquest últim cas el cost de la Cel·la Peltier seria més elevat.

S'ha decidit treballar sobre el radiador que fer-ho sobre la pròpia Cel·la Peltier.



## 7.4.- Càlculs de la dissipació de la calor produïda per la Cel·la Peltier

Ara trobarem d'esbrinar si la pròpia Cel·la Peltier en la seva cara superior és capaç de dissipar la seva pròpia calor pel mecanisme de convecció natural + radiació.

Recordem que la calor de la Cel·la Peltier és la suma de diferents calors, entre elles està la generada internament per la Peltier (per la transformació d'electricitat en calor, conducció tèrmica de la cara freda a la calenta), i l'extreta de l'aliment de la xeringa.

Exactament els valors que ha de dissipar la pròpia Cel·la Peltier, i tenint en bona compte la  $Q_{\text{absorbida per la Peltier}}=Q_{\text{total}}$  que han de ser:

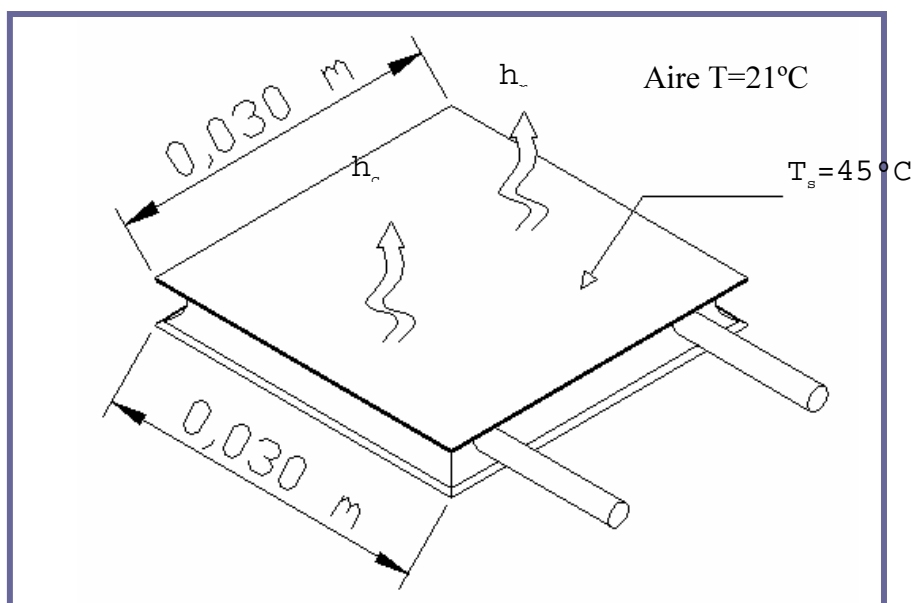
$$\dot{Q}_{\text{total}} = \dot{Q}_{\text{interior}} + \dot{Q}_{\text{tapas}} =$$

$$= 1,212 + 0,122 = 1,334 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_h = \dot{Q}_{\text{generada per la Peltier}} + \dot{Q}_{\text{absorbida per la Peltier}}$$

$$\dot{Q}_h = 1,358 + 1,334 = 2,69 \text{ W}$$

Els càlculs que hem de realitzar per tal veure si la cara superior de la Cel·la Peltier es capaç de dissipar per convecció natural i radiació la calor  $\dot{Q}_h$  són els següents:



Gràfic 7.7 Gràfic explicatiu de la hipòtesis plantejada pel càlcul de la dissipació de la calor per part de la pròpia Cel·la Peltier.

El coeficient de transmissió de calor superficial ( $h_e$ ) de la part superior de la Cel·la Peltier és el resultat de sumar el coeficient de transmissió de calor per convecció natural en aire ( $h_{c,e}$ ) i el coeficient de transmissió de calor per radiació ( $h_{r,e}$ ), segons l'equació:

$$h_e = h_{c,e} + h_{r,e}$$

$$h_{c,e} = 1,317 \cdot \sqrt[4]{\frac{\Delta T}{L_c}} \quad \left( \begin{array}{l} \text{Convecció Natural en aire} \\ \text{Flux La min ar} \\ 10^3 < Gr_r \cdot Pr < 10^9 \end{array} \right) \quad [7.29]$$

Els paràmetres que fan que es compleixin aquesta correlació són:

$$10^3 < Gr_{LC} \cdot Pr < 10^9$$

on el nombre de Grashoff és:

$$Gr_{LC} = \frac{\beta \cdot g \cdot L_c^3 \cdot \rho^2 \cdot \Delta T}{\mu^2} \quad [7.30]$$

on els valors de:

$$\beta, \rho, \mu \text{ s'avaluen a } T_m = \frac{T_s + T_f}{2} = \frac{45 + 21}{2} = 33^\circ C$$

Les dades necessàries que hem d'utilitzar es troben en la següent taula:

T (°C)	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\mu$ (kg/m·s)	Pr
30	1,1644	$18,65 \cdot 10^{-6}$	0,712
40	1,1273	$19,11 \cdot 10^{-6}$	0,71
33	1,15327	$18,788 \cdot 10^{-6}$	0,714

**Taula 7.8** Taula amb les propietats necessàries per poder calcular el Gr i el Pr per verificar la veracitat de la fórmula anterior de la  $h_c$

Per tal d'esbrinar el valor de  $\beta$  (Coeficient de dilatació tèrmica), partim de la seva definició:

$$\beta = \frac{1}{v} \cdot \left( \frac{\partial v}{\partial t} \right)_p \quad [7.31]$$

Ja que  $\beta$  s'ha d'avaluar pel cas de l'aire, el qual considerem que es comporta com un gas ideal, tenim:

$$P \cdot v = R \cdot T \quad [7.32]$$

$$v = \frac{R \cdot T}{P} \rightarrow \frac{P \cdot v}{R} = T$$

$$\left( \frac{\partial v}{\partial T} \right)_p = \frac{R}{P}$$

$$\beta = \frac{1}{v} \cdot \frac{R}{P} = \frac{R}{v \cdot P} = \frac{1}{T}$$

Finalment queda:

$$\beta = \frac{1}{T} \quad [7.33]$$

Per tant, pel nostre cas a  $T_m = 33 \text{ }^\circ\text{C} = 306,2 \text{ K}$  :

$$\beta = \frac{1}{T_m (K)} = \frac{1}{306,2 \text{ K}} = 3,266 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

D'altra banda, a partir de les taules de les propietats termofísiques de l'aire a  $T_m = 33 \text{ }^\circ\text{C}$  (Veure Annex A5), tenim:

$$\rho = 1,15327 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$\mu = 18,788 \cdot 10^{-6} \text{ kg / m}\cdot\text{s}$$

$$\text{Pr} = 0,714$$

$$L_c = \frac{\text{Àrea Superfície de la placa}}{\text{Perímetre placa}} = \frac{L^2}{4 \cdot L} = \frac{L}{4} \quad [7.34]$$

$$L_c = \frac{\text{Àrea Superfície de la placa}}{\text{Perímetre placa}} = \frac{L}{4} = \frac{0,030}{4} = 0,00750 \text{ m}$$

Verifiquem que la correlació sigui la correcta

$$Gr_{LC} = \frac{\beta \cdot g \cdot L_c^3 \cdot \rho^2 \cdot \Delta T}{\mu^2} = \frac{3,266 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8 \cdot 0,00750^3 \cdot 1,15327^2 \cdot 24}{(18,788 \cdot 10^{-6})^2} = 1221,1$$

$$Gr_{LC} \cdot \text{Pr} = 871,8$$

Al donar un nombre tan aprop del limit inferior que és 1000, es pot donar com a acceptable la comprovació

Les operacions a efectuar amb respecte a  $h_c$  són:

$$h_c = 1,317 \cdot \sqrt[4]{\frac{\Delta T}{L_c}} = 1,317 \cdot \sqrt[4]{\frac{24}{0,0075}} = 9,905$$

Tant mateix és necessari el càlcul de la  $h_r$  (es tracta del coeficient de radiació) per tal de fer el càlcul de la  $h_e$

$$h_r = \sigma \cdot \varepsilon \cdot (T_s^2 + T_f^2) \cdot (T_s + T_f) =$$

Prenent com a  $\sigma=5,67\cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\cdot\text{K}^4$  (Constant de Stefan-Boltzmann), tenim:

$$h_r = 5,67\cdot 10^{-8} \cdot \varepsilon \cdot (318,2^2 + 294,2^2) \cdot (318,2 + 294,2) = 6,521 \cdot \varepsilon$$

$$h_r = 6,521 \cdot 0,92 = 5,999 \approx 6,000 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$$

$$h_e = h_{c,e} + h_{r,e} = 9,905 + 6,00 = 15,905 \text{ W / m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$h_e = 15,905 \text{ W / m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Per tal de calcular la calor que necessita dissipar la Cel·la Peltier per esbrinar si aquesta pot funcionar sense l'ajuda de un radiador és la següent:

$$\dot{Q} = h_e \cdot A \cdot (T_s - T_f) = (h_{c,e} + h_{r,e}) \cdot A \cdot (T_s - T_f) \quad [7.35]$$

$$\begin{aligned} \dot{Q} &= (h_{c,e} + h_{r,e}) \cdot A \cdot (T_s - T_f) = (9,905 + 6,000) \cdot 0,03^2 (45 - 21) = \\ &= 0,34 \end{aligned}$$

$$\dot{Q} = 0,34 \text{ W}$$

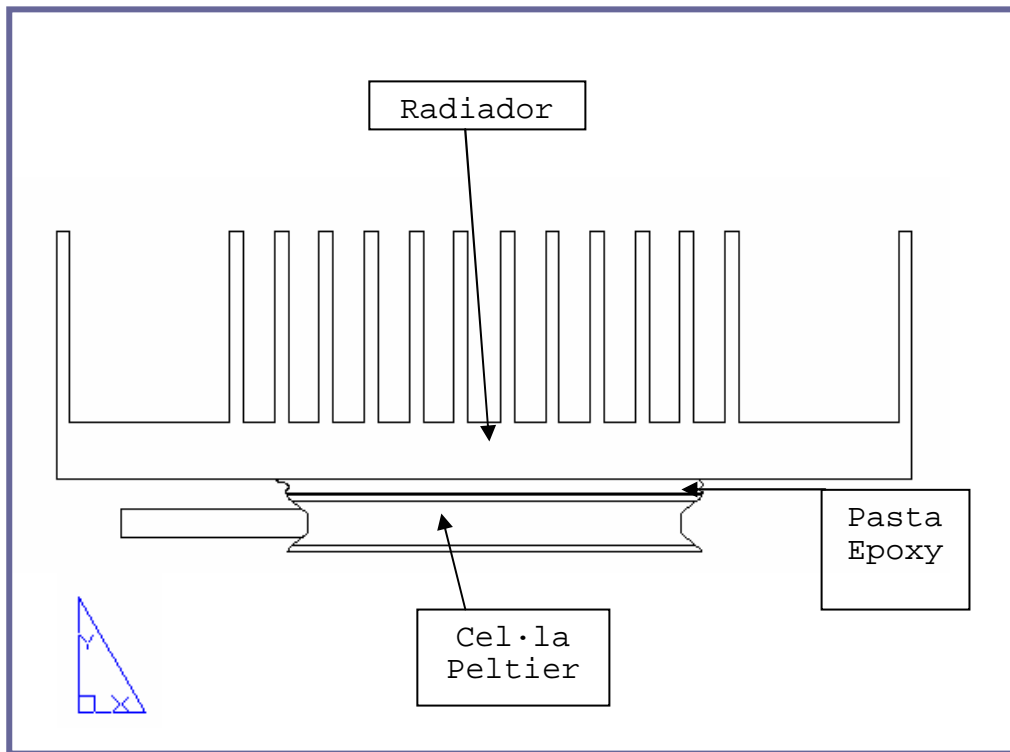
Tal com hem calculat anteriorment, i si ens fixem només en la calor absorbida per part de la cara freda de la Cel·la Peltier procedent de l'aliment de la xeringa (el qual té un valor de 1,334 W), es pot veure que la cara calenta de la Peltier ja es incapaç de dissipar aquesta calor pel convecció natural i radiació (ja que sols pot dissipar 0,34 W). Això implica que a la Cel·la Peltier se li ha d'incorporar un dissipador o un radiador en la seva part calenta.

Amb tot això podem concloure que la Cel·la Peltier no te la capacitat com per a dissipar la calor requerida pel seu bon funcionament i en el cas que es fes treballar a la Cel·la Peltier sense l'ajuda de un dissipador, un radiador, aquesta arribaria, sens dubte, a cremar-se en el desenvolupament del seu funcionament.

## 7.5.- Càlcul del radiador

### 7.5.1.- Càlcul de la calor que arriba des de la Cel·la Peltier al radiador

En una primera instància hem de comprovar quina és la temperatura que incideix directament al radiador provenint de la Cel·la Peltier. Destacarem que la temperatura es transmet des de la Cel·la Peltier, passant per una capa de pasta Epoxy i arribant finalment a la base del radiador, tal i com es mostra en la figura següent.



**Figura 7.3** Figura representativa dels punts importants en la transmissió de la calor en el radiador. Observem que la transmissió de la calor es dona des de la Cel·la Peltier, cap al Radiador passant per la fina pel·licula del material compost de pasta epoxy.

Aquest conjunt de càlculs que es mostren a continuació es realitzen mitjançant una iteració amb un conjunt de fórmules matemàtiques, i la iteració es realitzarà amb un programa informàtic específic per tal de treballar amb iteracions, el programa es traca de Engineering Equation Solver.

En aquest conjunt de càlculs realitzats aconseguirem esbrinar no sols la temperatura que incideix sobre la superfície del radiador sinó que també esbrinarem la temperatura a la part més allunyada del radiador respecte a la Cel·la Peltier (és a dir a la punta superior de una de les aletes, sapiguent la temperatura de la part superior de una de les aletes en sabrem la de totes i la de tot el conjunt).

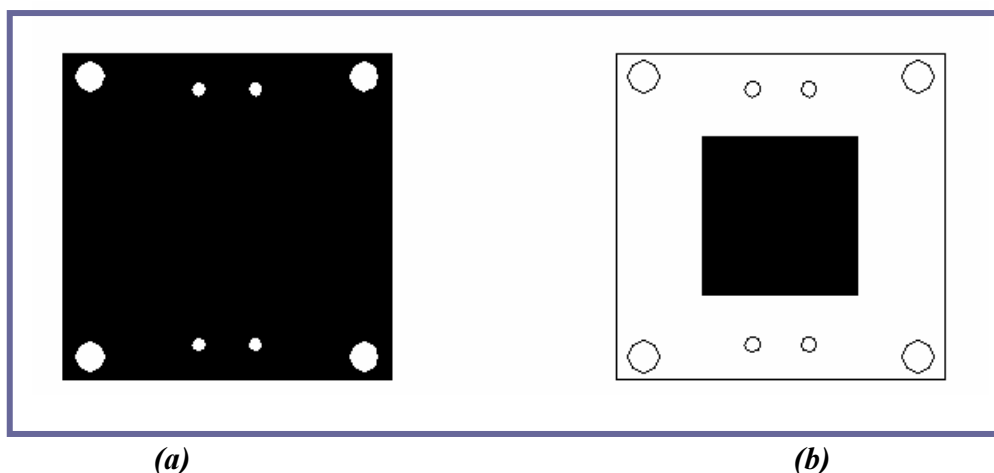
Aquest conjunt de càlculs els compararem amb els càlculs extrets de l'assaig efectuat amb el programa d'elements finits Ansys, ajudats de la temperatura esbrinada en el pas anterior del procés iteratiu, en el que haurem extret la temperatura que incideix sobre la base del radiador.

Cal destacar que hi trobarem una sèrie de diferències en els resultats extret del procés iteratiu i en el estudi d'elements finits efectuats en Ansys.

Una d'aquestes diferències radiquen en la superfície en la que fem incidir la temperatura transmesa des de la Cel·la Peltier.

En el cas del procés iteratiu aquesta superfície la hem contemplat com en tota la base inferior del radiador, part de la base que no esta aletejada. En canvi en el software d'elements finits aquesta superfície ha estat reduïda a la superfície que pertany a la superfície de la pròpia Cel·la Peltier.

A continuació observem una figura representativa referent a les diferències entre les superfícies escollides en el procés iteratiu i en els càlculs d'elements finits efectuats amb ANSYS.



**Figura 7.4** Esquema de les dues eleccions de superfícies amb temperatures uniformes (a) superfície a temperatura uniforme escollida pel càlcul amb el procés iteratiu amb EES, (b) superfície a temperatura uniforme escollida pel càlcul d'elements finits amb ANSYS.

L'altra diferència la trobem en quant al programa d'elements finits treballaren una dispersió de la temperatura en la direcció x del pla, en el estudi iteratiu aquesta dispersió de la temperatura no es contempla.

La dispersió de la temperatura, tant en el procés iteratiu com en el software d'elements finits, si que es contempla en la direcció del pla y.

Són aquestes dues diferències les que provoquen que els càlculs s'hagin efectuat per excés per part del procés iteratiu amb el que els càlculs del procés iteratiu i del software d'elements finits no concloguin en el mateix resultat degut aquestes diferències esmentades, encara i això si que els resultats són versemblants i permeten extreure conclusions, tal i com veurem més endavant.

És important fer menció que tant els càlculs realitzats amb el procés iteratiu (amb l'ajut del software específic), com amb el software d'elements finits, Ansys, s'han de realitzar tant amb els càlculs per convecció natural i per convecció forçada per part de les aletes del radiador. És d'aquesta manera per la qual podem decidir si el conjunt de la Cel·la Peltier i el radiador té la necessitat de l'adopció de un radiador (treballar amb convecció forçada) per la correcta evacuació de la calor o si sense el radiador (convecció natural) el dispositiu compleix els requisits amb seguretat.

Efectuant els càlculs per la convecció forçada esbrinarem com afecta al radiador l'adopció de un ventilador per tot el conjunt.

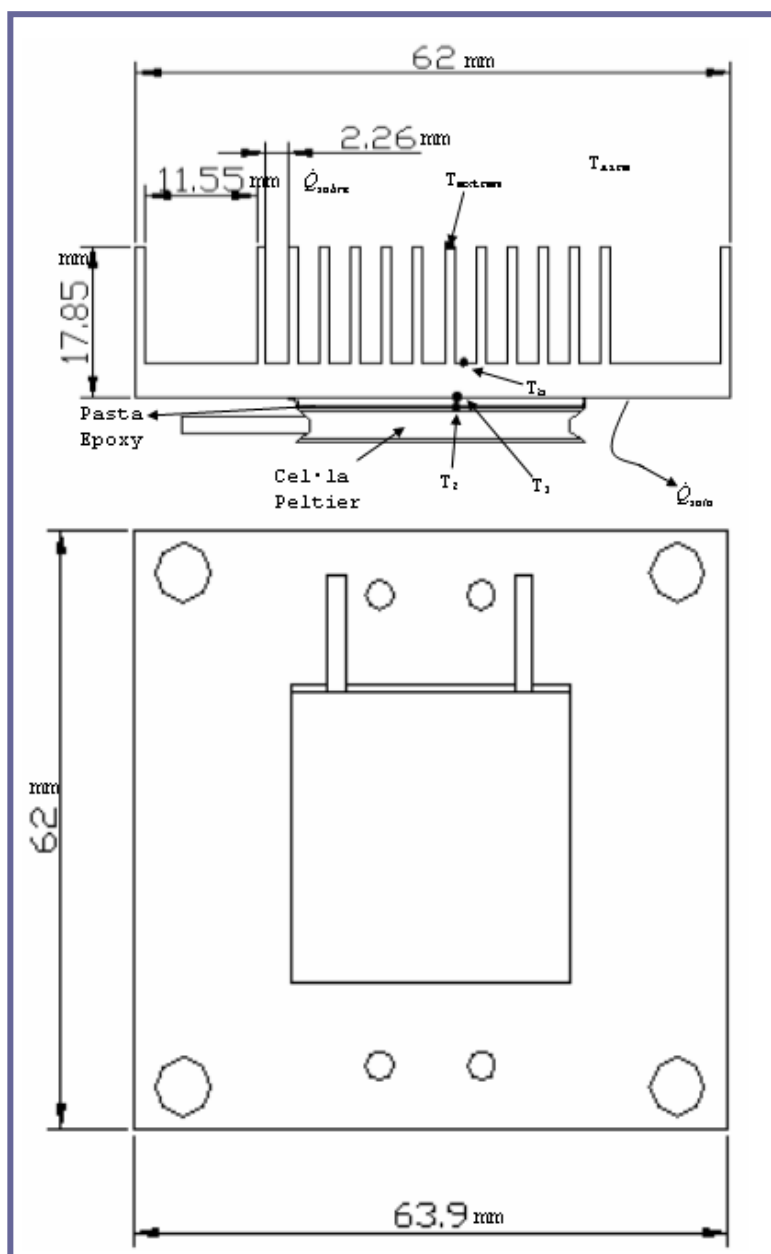
### 7.5.2.- Càlcul de la dissipació de la calor del radiador amb convecció natural

#### Càlcul amb el procés iteratiu utilitzant el software EES (veure Annex A.6.2)

És important remarcar que en els càlculs efectuats amb el procés iteratiu no solament es trobarà si és necessari l'adopció de un radiador en el dispositiu sinó que s'establiran els perfils de temperatura, i la calor dissipada pel propi radiador.

A continuació exposarem les dades amb les que es treballarà, les fórmules a utilitzar per tal d'establir el model del procés matemàtic iteratiu.

En el següent gràfic es representaran les diferents temperatures, d'aquest grup n'extraurem el perfil de resistències que ens ajudarà a fer el càlcul pertinent pel que fa a la transmissió de calor que ens durà al càlcul de la transmissió de calor.



**Gràfic 7.8** Gràfic de les dades amb les que es treballarà a l'hora de fer els càlculs a través del procés iteratiu.



Per part del procés iteratiu es plantegen les següents hipòtesis de treball i juntament amb aquestes tenim les seves corresponents correlacions matemàtiques per treballar-hi.

Pel càlcul de la convecció natural + radiació es considerarà un gruix de l'alumini de 4,15 mm, situat per sota de les aletes. Alguns dels paràmetres importants del càlcul són (veure el llistat del programa EES en l'annex XX):

$k_{Al} = 237 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  (Conductivitat tèrmica de l'alumini)

$L = 0,0137 \text{ m}$  (alçada de l'aleta)

$t = 0,001 \text{ m}$  (gruix de l'una aleta individual)

$N_{fin} = 14$  (número d'aletes)

$H = 0,0639 \text{ m}$  (amplada)

$B = 0,062 \text{ m}$  (alçada)

$s_1 = 0,002264 \text{ m}$  (Distància entre aletes interiors)

$s_2 = 0,01155 \text{ m}$  (Distància entre les dues aletes dels costats)

$T_2 = 45 \text{ }^\circ\text{C}$  (Temperatura de la base del radiador)

$T_{air} = 21 \text{ }^\circ\text{C}$  (Temperatura de l'aire)

$\varepsilon = 0,4$  (Emissivitat de l'alumini de les aletes)

$\sigma = 5,67E^{-8} \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  (Constant de Stefan-Boltzmann)

$L_{epoxy} = 0,0001 \text{ m}$

$K_{epoxy} = 2 \text{ W/m}\cdot^\circ\text{C}$

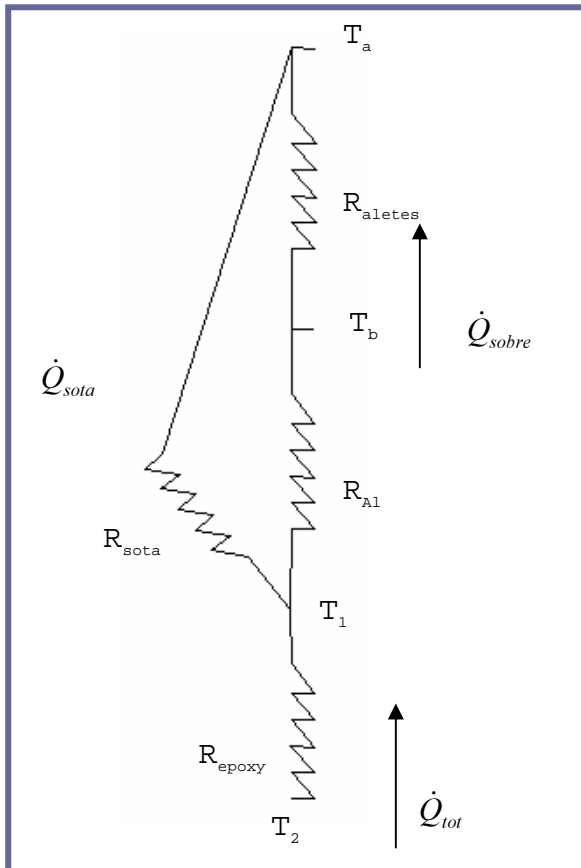
$L_{cor} = L + t/2 \text{ m}$  (longitud corregida de les aletes)

$A_{fin} = N_{fin} * 2 * L_{cor} * H \text{ m}^2$  (àrea aletejada)

$A_{nofin} = (2 * s_2 + 11 * s_1) * H \text{ m}^2$  (àrea de la superfície primària no aletejada)

$A_{tot} = A_{fin} + A_{nofin} \text{ m}^2$  (àrea total de la superfície de transferència de calor)

Amb aquestes dades ens podem disposar a realitzar el càlcul de la transmissió de la calor a través del circuit de resistències elèctriques que es mostren a continuació, les quals simulen el comportament del radiador en contacte amb la Cel·la Peltier a través de la pasta epoxy:



**Figura 7.5** Figura representativa del circuit de resistències elèctriques pel càlcul de la transmissió de la calor en la convecció natural.+ radiació

Per la realització dels càlculs hem utilitzat les següents equacions del model descrites a continuació. Havent programat el conjunt d'equacions en l'entorn EES, aquest software les resol emprant internament un procediment iteratiu.

La següent equació relaciona les temperatures de la Cel·la Peltier ( $T_2$ ) i la de la base del radiador d'alumini ( $T_1$ ) a través de la pasta epoxy:

$$T_1 = T_2 - \dot{Q}_{total} \cdot R_{epoxy} \quad [7.36]$$

Amb aquesta equació esbrinarem la temperatura que s'ha d'aplicar sobre la base del radiador, tant mateix aqueta dada trobada és la que aplicarem en el programa d'elements finits.

$$\dot{Q}_{total} = \frac{T_2 - T_{aire}}{R_T} \quad [7.37]$$

$$R_T = R_{epoxy} + \frac{R_{sota} \cdot (R_{AL} + R_{aleta})}{R_{sota} + R_{Al} + R_{aletes}} \quad [7.38]$$

$$R_{epoxy} = \frac{L_{epoxy}}{k_{epoxy} \cdot A_{peltier}} \quad [7.39]$$

$$R_{AL} = \frac{L_{Al}}{k_{Al} \cdot A_{Base radiador}} \quad [7.30]$$

$$R_{fins} = \frac{1}{\eta_t \cdot h_{t1} \cdot A_{tot}} \quad [7.40]$$

$\eta_t$  És l'efectivitat superficial total de la superfície amb un conjunt d'aletes

$$\eta_t = 1 - \frac{A_{fin}}{A_{tot}} \cdot (1 - \eta_f)$$

$\eta_f$  = És l'efectivitat d'una aleta individual de perfil rectangular.

$$\eta_f = \frac{\tanh(m \cdot L^*)}{m \cdot L^*} \quad [7.41]$$

$$m = \sqrt{\frac{h \cdot P}{k \cdot A}} = \sqrt{\frac{2 \cdot h_{t1}}{k_{Al} \cdot t}} \quad [7.42]$$

$$L^* = L_{cor} = L + \frac{t}{2} \quad [7.43]$$

$h_{t1}$ =Coeficient de transmissió de calor superficial total de la part de sobre de les aletes

$$\boxed{h_{t1} = h_{c,1} + h_{r,1}} \quad [7.44]$$

$$\boxed{h_{c,1} = 1,415 \cdot \left( \frac{T_b - T_a}{L} \right)^{\frac{1}{4}}}$$

$$\boxed{h_{r,1} = \sigma \cdot \varepsilon \cdot (T_b^2 + T_{air}^2) \cdot (T_b + T_{air})}$$

$$\boxed{\dot{Q}_{sota} = \frac{1}{h_{t2} \cdot A_{sota}}} \quad [7.45]$$

$h_{t2}$ = Coeficient de transmissió de calor superficial total de la part de sota de la base del radiador

$$\boxed{h_{t2} = h_{c,2} + h_{r,2}} \quad [7.46]$$

$$h_{c,2} = 1,317 \cdot \sqrt[4]{\frac{\Delta T}{L_{c,2}}} \quad \text{on: } \Delta T = T_1 - T_{air}$$

$$h_{r,2} = \sigma \cdot \varepsilon \cdot (T_1^2 + T_{air}^2) \cdot (T_1 + T_{air})$$

$$R_{sota} = \frac{1}{h_{t2} \cdot A_{sota}}$$

De les dades i formules expressades a continuació no es realitzaran els càlculs matemàtics pertinents. Els càlculs estan realitzats en el programa i els resultats estan especificats en els annexes de resultats.

Dels càlculs efectuats en el programa EES hem extret la següent informació:

$$\varepsilon = 0,40 \quad \rightarrow \quad h_{c1} = 1,415 \left( \frac{T_b - T_{air}}{L} \right)^{\frac{1}{4}} = 9,11 W / m^2 \cdot ^\circ C$$

$$h_{t1} (\leftarrow h_{c1}) + h_{r,1} = 9,11 + 2,6 = 11,7$$

$$h_{t2} = h_{c,2} + h_{r,2} = 3,97 + 2,60 = 6,57$$

$$T_2 = 45^\circ C; T_1 = 44,54^\circ C; T_b = 44,51^\circ C; T_{air} = 21^\circ C$$

$$T_{extremaleta} = 44,27^\circ C$$

$$\left. \begin{array}{l} \dot{Q}_{sobre} = 7,79 W \\ \dot{Q}_{sota} = 0,47 W \end{array} \right\} \Rightarrow \dot{Q}_{tot} = 8,62 W$$

$$L = 0,0137 m (\text{alçada aleta})$$

$$L_{epoxy} = 0,0001 m$$

$$k_{epoxy} = 2 W / m^2 \cdot ^\circ C$$

$$\varepsilon = 0,40$$

$$h_{t1} = 9,09 + 2,60 = 11,68$$

$$h_{t2} = 3,97 + 2,60 = 6,57$$

$$T_2 = 45^\circ C; T_1 = 44,34^\circ C; T_b = 44,31^\circ C; T_{air} = 21^\circ C$$

$$T_{extremaleta} = 44,08^\circ C$$

$$\left. \begin{array}{l} \dot{Q}_{sobre} = 7,71 W \\ \dot{Q}_{sota} = 0,47 W \end{array} \right\} \Rightarrow \dot{Q}_{tot} = 8,18 W$$

$$L = 0,0137 m (\text{alçada aleta})$$

$$L_{epoxy} = 0,00013 m$$

$$k_{epoxy} = 1,8 W / m^2 \cdot ^\circ C$$

Dels dos càlculs efectuats amb diferents coeficients de transmissió de el calor i diferents gruixos hem obtingut que la temperatura de la base esta a 44,54 °C i 44,34 °C el calor dissipada per cada un dels radiadors ha estat de 8,62 W i de 8,18 W.

Per tal de fer iterar el conjunt de formules avans descrites el programa té uns passos a seguir en el procés de càlcul. Aquest procés és el següent:

1. Establir les unitats de càlcul.
2. Càlcul de les 4 resistències tèrmiques:  $R_{Epoxy}$ ,  $R_{fins}$ ,  $R_{Al}$  i  $R_{sota}$ . Càlcul de la resistència tèrmica total:  $R_T$ .
3. Càlcul del coeficient de transmissió de calor per convecció natural en les aletes: Superfícies planes verticals.
4. Càlcul del flux de calor total.
5. Càlcul de la temperatura  $T_1$  en la base de la superfície d'Alumini.
6. Càlcul flux calor dissipat per sota: convecció natural + radiació.
7. Càlcul del flux de calor per la part superior (aletes + superfície sense aletes) per convecció forçada i radiació.
8. Càlcul de la temperatura en la base de les aletes.
9. Càlcul estimatiu de la temperatura en l'extrem de l'aleta.

Tot aquest procés s'ha d'iterar per tal que quedin les temperatures les calors i els coeficients de radiació fins al punt en que les temperatures arribin a una convergència.

El llistat d'operacions es pot trobar en l'annex de resultats.

Els resultats en els que ens basarem per tal de fer l'estudi comparatiu amb el programa d'element finits serà el primer resultat obtingut essent aquell que té de  $L_{epoxy}=0,0001$  m, i de  $k_{epoxy}=2$  w/m<sup>2</sup>·°C.

Observem com a quadre resum i comparatiu amb diferents emissivitats i diferents gruixos del material epoxy.

Resultats estrets del càlcul amb el procés iteratiu amb convecció natural								
$K_{epoxy}$	$L_{epoxy}$ (m)	$\epsilon$	$T_1$ (°C)	$T_b$ (°C)	$T_{extrem}$ (°C)	$Q_{sobre}$ (W)	$Q_{sota}$ (W)	$Q_{total}$ (W)
2	0,0001	0,04	44,63	44,61	44,42	6,27	0,3	6,58
2	0,0001	0,2	44,59	44,56	44,35	6,95	0,38	7,33
2	0,0001	0,4	44,54	44,51	44,27	7,79	0,47	8,26
2	0,0001	0,8	44,44	44,4	44,11	9,46	0,65	10,11

**Taula 7.9** Taula resum comparativa amb diferents resultats estrets dels assajos amb el procés iteratiu amb convecció natural amb diferents emissivitats i mateix gruix de material epoxy.

Resultats estrets del càlcul amb el procés iteratiu amb convecció natural								
$K_{\text{epoxy}}$	$L_{\text{epoxy}}$ (m)	$\epsilon$	$T_1$ (°C)	$T_b$ (°C)	$T_{\text{extrem}}$ (°C)	$Q_{\text{sobre}}$ (W)	$Q_{\text{sota}}$ (W)	$Q_{\text{total}}$ (W)
2	0,00013	0,04	44,48	44,45	44,26	6,22	0,3	6,52
2	0,00013	0,2	44,42	44,39	44,18	6,89	0,37	7,26
2	0,00013	0,4	44,34	44,31	44,08	7,71	0,46	8,18
2	0,00013	0,8	44,2	44,16	43,88	9,34	0,65	9,99

**Taula 7.10** Taula resum comparativa amb diferents resultats extrets dels assajpos amb el procés iteratiu amb convecció natural amb diferents emissivitats i mateix gruix de material epoxy.

Resultats estrets del càlcul amb el procés iteratiu amb convecció natural								
$K_{\text{epoxy}}$	$L_{\text{epoxy}}$ (m)	$\epsilon$	$T_1$ (°C)	$T_b$ (°C)	$T_{\text{extrem}}$ (°C)	$Q_{\text{sobre}}$ (W)	$Q_{\text{sota}}$ (W)	$Q_{\text{total}}$ (W)
2	0,0001	0,4	44,54	44,51	44,27	7,79	0,47	8,26
2	0,00013	0,4	44,34	44,31	44,08	7,71	0,46	8,18
2	0,00015	0,4	44,32	44,29	44,06	7,7	0,46	8,17
2	0,00018	0,4	44,19	44,16	43,93	7,65	0,46	8,11

**Taula 7.11** Taula resum comparativa amb diferents resultats extrets dels assajpos amb el procés iteratiu amb convecció natural amb un tipus d'emissivitat emissivitats i un gruix de material epoxy que el fem variar.

### Càlcul amb el programa d'elements finits (ANSYS)

Per la realització dels càlculs pertinents avans hem calculat els seus respectius coeficients de convecció natural per tal de poder introduir dites dades al software d'elements finits i obtenir els resultats.

S'ha de fer el càlcul per dos coeficients de convecció diferents.

El primer coeficient de convecció natural serà aquell que actua la convecció en la base de el propi radiador.

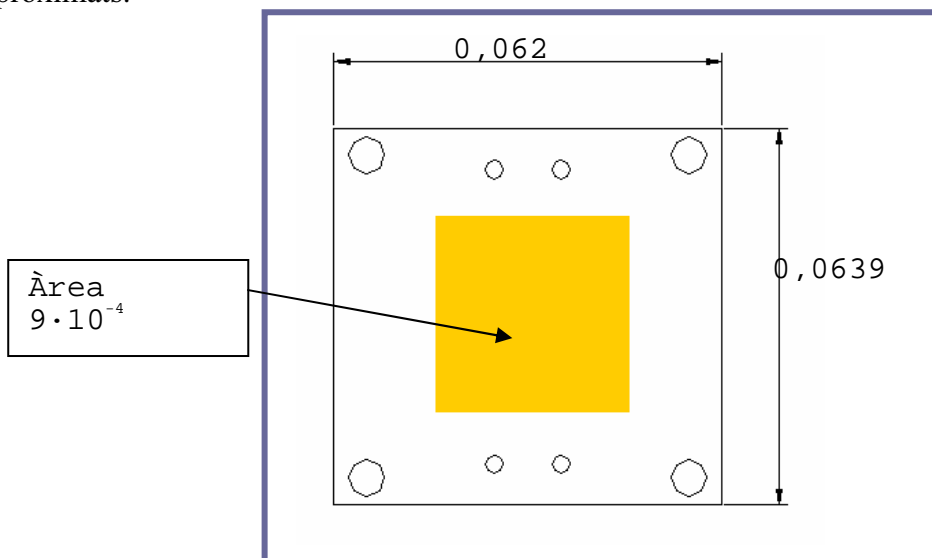
En primera instància realitzarem el càlcul analític de  $h_c$ .

$$h_c = 0,594 \sqrt{\frac{\Delta T}{L_c}} \quad [7.47]$$

Definim  $L_c$  com:

$$L_c = \frac{\text{Àrea Placa}}{\text{Perímetre Placa}} \quad [7.48]$$

Depenent de com s'agafin les mesures per  $L_c$ , obtindrem uns resultats més aproximats o menys aproximats.



**Figura 7.6** Figura representativa de l'àrea que cobreix la Cel·la Peltier



Hi trobem un caso segons la mesura geomètrica que es decideixi agafar, ens referirem a la mesura geomètrica segons els perímetre o àrea a escollir per tal de realitzar els càlculs, vegem tot seguit com es realitzen aquests càlcul comentat:

**Càlculs dels coeficients de convecció per la cara de la base**

En aquest cas escollirem com a perímetre de la placa el perímetre de fora del radiador.

$$h_c = 0,594 \sqrt{\frac{\Delta T}{L_c}}$$

A on:

$$\Delta T = T_1 - T_2 = 45 - 21 = 24^\circ C$$

$$L_c = \frac{\text{Àrea Placa}}{\text{Perímetre Placa}} = \frac{0,00306}{0,2518} = 0,0121$$

$$\text{Àrea Placa} = \text{Àrea Radiador} - \text{Àrea Peltier} = 0,0039618 - 9 \cdot 10^{-4} = 0,00306$$

$$\text{Àrea Radiador} = 0,062 m \cdot 0,0639 m = 0,00396$$

$$\text{Àrea Peltier} = 9 \cdot 10^{-4} m^2$$

$$\text{Perímetre Placa} = 2(L_1 + L_2) = 2(0,062 + 0,0639) = 0,2518$$

Lavors ens queda un coeficient de convecció de:

$$h_c = 0,594 \sqrt{\frac{\Delta T}{L_c}} = 0,594 \sqrt{\frac{24}{0,0121}} = 3,93 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ C$$

$$h_c = 3,93 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ C$$

### Càlcul del coeficient de convecció per les aletes

L'altre coeficient de convecció natural és aquell que ve referit a les aletes. Aquest coeficient es calcula mitjançant la correlació matemàtica següent:

$$h_c = 1,415 \cdot 4 \sqrt{\frac{\Delta T}{L}} \quad [7.49]$$

a on:

$\Delta T$ = la diferencia de temperatures entre la temperatura més calenta del radiador i la de l'ambient  
L= Alçada de la propia aleta.

Operant obtenim:

$$h_c = 1,415 \cdot 4 \sqrt{\frac{20}{0,0137}} = 9,154 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ \text{C}$$

Havent calculat aquests coeficients podem realitzar els diferents assaigs.

L'assaig per elements finits es realitzarà amb tots dos coeficients podem realitzar el càlcul d'elements finits i aplicant la temperatura que s'ha trobat en l'apartat de Càlcul amb el procés iteratiu amb EES en el qual trobem una temperatura d'aplicació de 42,9 °C

En el cas que ens aconsegueix en aquesta memòria, el radiador que adopta el sistema per regular la temperatura de les xeringues de l'aliment de nadons d'incubadora, s'ha escollit un radiador, el qual és un genèric utilitzat en diferents projectes de la pròpia empresa.

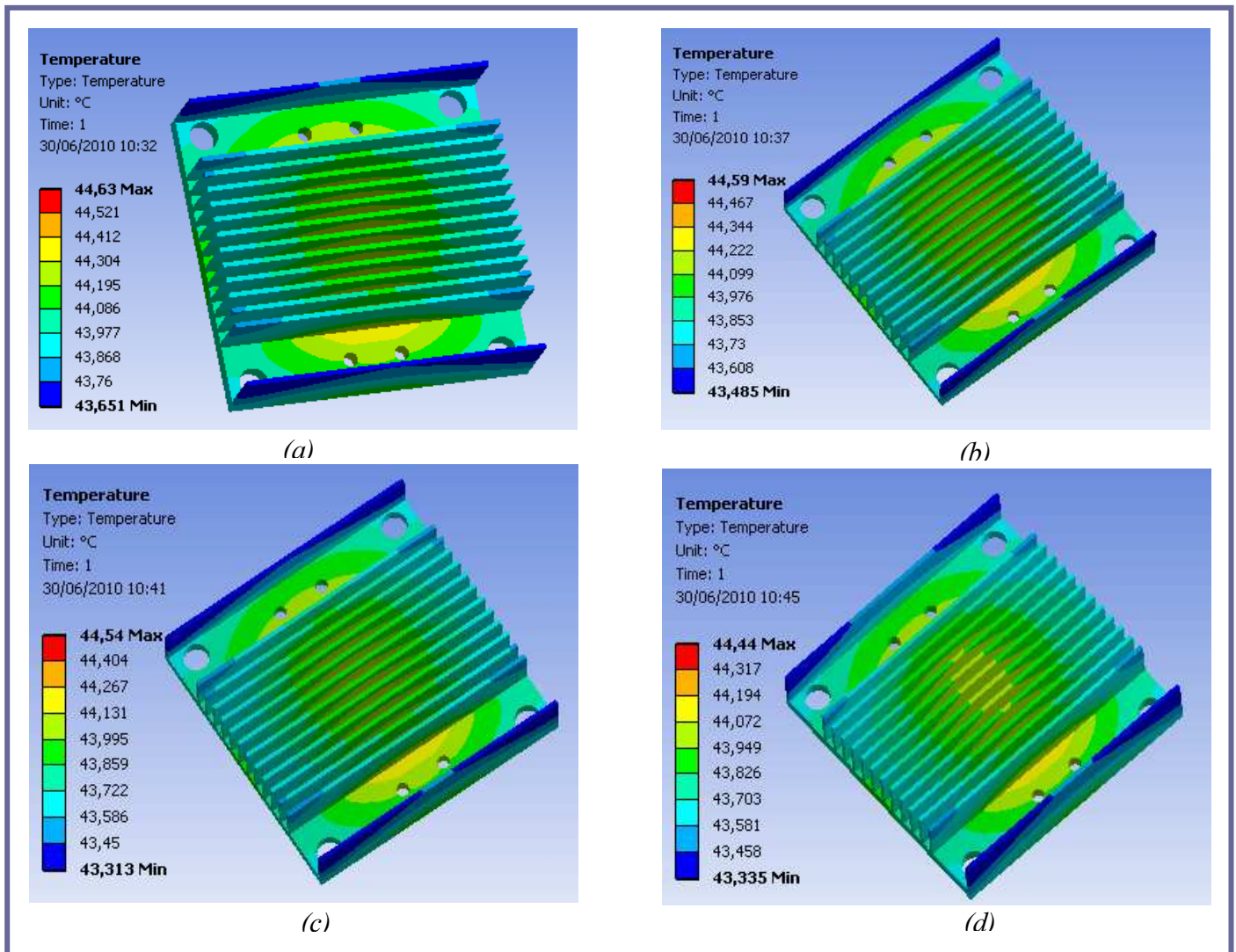
Els motius de l'adopció d'aquest tipus de radiador, i el no disseny de un nou radiador ha estat degut al baix cost d'aquest i al no haver d'invertir-hi diners en els estudis per un altre radiador.

El processos d'estudi han estat la realització de diferents assaigs d'elements finits en el software Ansys per tal de poder observar si el radiador era el convenient pel nostre sistema o si s'havia de trobar un altre de més adient.

El radiador utilitzat ha estat un radiador d'aletes simples i amb un acabat superficial bast, ja que tot junt ajuda a les propietats de radiació de la calor generada per la Cel·la Peltier. A més a més al realitzar un disseny simple es simplifiquen els processos de fabricació, amb el que el cost de fabricació baixa prou com per fer grans comandes d'aquests radiadors.

A continuació es mostraran fotografies extretes de diferents assaigs realitzats amb el programa d'elements finits Ansys.

La finalitat d'aquests assaigs amb el programa d'elements finits ANSYS és tal per avaluar la conveniència de la utilització del nostre radiador en el projecte d'aquesta memòria, de la mateixa manera que ens ajudarà a esbrinar si el propi radiador és suficient com per evacuar la calor generada per la Cel·la Peltier, o si més no és necessari l'adopció de un radiador per tal d'ajudar a la evacuació de la calor.



**Fotografia 7.1** Figura amb els assaigs de convecció natural amb diferents valors de l'emissivitat de l'alumini. (a)  $\epsilon = 0,04$  a  $T=44,63^{\circ}\text{C}$ ; (b)  $\epsilon = 0,2$  a  $T=44,59^{\circ}\text{C}$ ; (c)  $\epsilon = 0,4$  a  $T=44,54^{\circ}\text{C}$  i (d)  $\epsilon = 0,8$  a  $T=44,54^{\circ}\text{C}$ .

### 7.5.2.1.- Conclusions sobre l'elecció del radiador

De les dades extretes amb el programa d'elements finits, Ansys, podem extreure les següents taule per poder-les comparar amb les dades extretes del procés iteratiu matemàtic.

Object Name	Temperature Probe	Heat Flux Probe	Reaction Radiation	Reaction Convection Aletes	Reaction Convection Base
State	Solved				
<b>Definition</b>					
Type	Temperature	Heat Flux	Reaction		
Location Method	Geometry Selection		Boundary Condition		
Geometry	77 Faces				
Boundary Condition			Radiation	Convection Aletes	Convection Base
<b>Options</b>					
Display	All Time Points				
Spatial Resolution	Use Maximum				
Result Selection			X Axis		
<b>Maximum Value Over Time</b>					
Temperature	44,63 °C				
X Axis			5,7204e-002 W/mm <sup>2</sup>		
Heat			-0,19585 W	-6,2892 W	-0,26614 W
<b>Minimum Value Over Time</b>					
Temperature	44,63 °C				
X Axis			5,7204e-002 W/mm <sup>2</sup>		
Heat			0,19585	6,2892	0,26614
					6,75119

Taula 7.12 Taula amb els resultats referents a  $\epsilon=0,04$  a  $T=44,63^\circ\text{C}$ .

Object Name	Temperature Probe	Heat Flux Probe	Reaction Radiation	Reaction Convection Base	Reaction Convection Aletas
State	Solved				
<b>Definition</b>					
Type	Temperature	Heat Flux	Reaction		
Location Method	Geometry Selection		Boundary Condition		
Geometry	77 Faces				
Boundary Condition			Radiation	Convection base	Convection Aletas
<b>Options</b>					
Display	All Time Points				
Spatial Resolution	Use Maximum				
Result Selection			X Axis		
<b>Maximum Value Over Time</b>					
Temperature	44,59 °C				
X Axis			6,4789e-002 W/mm <sup>2</sup>		
Heat			-0,97405 W	-0,265 W	-6,2591 W
<b>Minimum Value Over Time</b>					
Temperature	44,59 °C				
X Axis			6,4789e-002 W/mm <sup>2</sup>		
Heat			0,97405	0,265	6,2591
					7,49815

**Taula 7.13** Taula amb els resultats referents a  $\varepsilon = 0,2$  a  $T = 44,59^\circ\text{C}$ .

Object Name	Temperature Probe	Heat Flux Probe	Reaction Radiation	Reaction Natural Base	Reaction Natural Aletes	
State	Solved					
<b>Definition</b>						
Type	Temperature	Heat Flux	Reaction			
Location Method	Geometry Selection		Boundary Condition			
Geometry	77 Faces					
Boundary Condition			Radiation	Convection Natural Base	Convection Natural Aletes	
<b>Options</b>						
Display	All Time Points					
Spatial Resolution	Use Maximum					
Result Selection			X Axis			
<b>Maximum Value Over Time</b>						
Temperature	44,54 °C					
X Axis			7,2107e-002 W/mm <sup>2</sup>			
Heat			-1,9371 W	-0,26378 W	-6,2269 W	
<b>Minimum Value Over Time</b>						
Temperature	44,54 °C					
X Axis			7,2107e-002 W/mm <sup>2</sup>			
Heat			1,9371	0,26378	6,2269	8,42778

**Taula 7.14** Taula amb els resultats referents a  $\varepsilon=0,4$  a  $T=44,54^\circ\text{C}$ .

Object Name	Temperature Probe	Heat Flux Probe	Reaction Radiation	Reaction Convection Natural Base	Reaction Convection Natural Aletes	
State	Solved					
<b>Definition</b>						
Type	Temperature	Heat Flux	Reaction			
Location Method	Geometry Selection		Boundary Condition			
Geometry	77 Faces					
Boundary Condition			Radiation	Convection Natural Base	Convection Natural Aletes	
<b>Options</b>						
Display	All Time Points					
Spatial Resolution	Use Maximum					
Result Selection		X Axis				
<b>Maximum Value Over Time</b>						
Temperature	44,44 °C					
X Axis		6,5666e-002 W/mm <sup>2</sup>				
Heat			-3,8703 W	-0,26319 W	-3,6096 W	
<b>Minimum Value Over Time</b>						
Temperature	44,44 °C					
X Axis		6,5666e-002 W/mm <sup>2</sup>				
Heat			3,8703	0,26319	3,6096	7,74309

Taula 7.15 Taula amb els resultats referents a  $\epsilon = 0,8$  a  $T = 44,54^\circ\text{C}$ .

Tal i com es pot observar el propi radiador no aconsegueix dissipar la temperatura per tal de mantenir el sistema en condicions, bona compta d'això són els resultats extrets pel procés iteratiu.

S'han fet diferents assajos per poder veure l'efecte tant del gruix de l'epoxy ( $L_{\text{epoxy}}$ ) assajos amb difreents coeficients de conductivitat tèrmica ( $k_{\text{epoxy}}$ ).

Rere els assajos efectuats hem conclós que el tipus d'assaig pel nostre mecanisme ha estat un amb les dades:

$$L_{\text{epoxy}} = 0,0001 \text{ m}$$
$$k_{\text{epoxy}} = 2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

No presentant-se en els altres casos experimentat unes diferències significatives.

És important remarcar que les temperatures exposades a les bases de cadescun dels assaigs han estat extretes per les dades avans contemplades amb el programa de software del procés iteratiu, agafant com aquesta temperatura la  $T_1$  de les seves corresponents emissivitats d'aquesta manera queda :

$$\varepsilon = 0,04 \text{ a } T = 44,63^\circ\text{C}$$

$$\varepsilon = 0,2 \text{ a } T = 44,59^\circ\text{C}$$

$$\varepsilon = 0,4 \text{ a } T = 44,54^\circ$$

$$\varepsilon = 0,8 \text{ a } T = 44,54^\circ\text{C} .$$

Com podem veure hi ha diferents emissivitats pels diferents acabats de el radiador, d'aquesta manera trobem una  $\varepsilon$  de 0,04 en la que es tractaria d'una emissivitat per un alumini polit i brillant, passant per les emissivitats de 0,2 i de 0,4 que serien emissivitats de aluminis normals i acariem amb una emissivitat de 0,8, que correspondria per un alumini anoditzat.

Pel cas que ens contempla en aquest dispositiu l'alumini utilitzat és un alumini de una emissivitat de  $\varepsilon = 0,4$ .

Tal i com es pot contemplar en les fotografies anterior i les dades extretes del càlcul amb del programa iteratiu, la temperatura existent en l'extrem de la aleta difereix per les raons anteriorment descrites sobre la superfície d'aplicació de la  $T_1$  (temperatura de la base).

Veiem que aquesta variació succeeix de la mateixa manera en tots els resultats. La variació esta sobre  $1^\circ\text{C}$  de diferència essent per resultat del càlcul iteratiu de  $44,27^\circ\text{C}$  i pel cas del càlcul amb el programa d'elements finits de  $43,31^\circ\text{C}$ , aplicant-se en tots dos casos una temperatura a la base de  $44,54^\circ\text{C}$ .

Podem concloure que el radiador amb convecció forçada i radiació no dissipa gaire la temperatura que es genera en la seva base.

En quant a la comparativa efectuada en tots dos assajos (el del procés iteratiu i el d'element finits) referita la dissipació de calor entre ells, els resultats són bastant versemblants, arribant a tenir un error bastant petit.



Aquestes calors són de 8,43 W per l'assaig efectuat amb el programa d'elements finits a una temperatura de la base de 44,54°C, i de 8,26 W per l'assaig efectuat amb el programa del procés iteratiu a la mateixa temperatura amb la que s'ha efectuat l'assaig d'elements finits 44,54°C.

Si observem les taules avans descrites i fem una comparativa amb la diferencia de resultats segons el gruix de l'epoxy aplicat observarem que no hi ha gaire diferències en quant a la dissipació de la calor.

Trobem que per una  $L_{\text{epoxy}} = 0,00013$  m i  $k_{\text{epoxy}} = 2$  W/m<sup>2</sup>·°C i  $\varepsilon = 0,4$  la calor dissipada és de 8,18 W envers als 8,26 W calculats amb  $L_{\text{epoxy}} = 0,0001$  m i  $k_{\text{epoxy}} = 2$  W/m<sup>2</sup>·°C i  $\varepsilon = 0,4$  (càlcul efectuat amb el software del procés iteratiu).

De la mateixa manera que amb altres dades experimentades trobem que per:  $L_{\text{epoxy}} = 0,00015$  m i  $k_{\text{epoxy}} = 2$  W/m<sup>2</sup>·°C i  $\varepsilon = 0,4$  la calor dissipada és de 8,17 W i per les dades de  $L_{\text{epoxy}} = 0,00018$  m i  $k_{\text{epoxy}} = 2$  W/m<sup>2</sup>·°C i  $\varepsilon = 0,4$  trobem 8,11 W.

En quant a la temperatura de la calor dissipada pel radiador en els assajos referits als canvis de gruix de la pasta epoxy trobem que les temperatures van semblants a les calors, obtenint;  $L_{\text{epoxy}} = 0,00015$  m i  $k_{\text{epoxy}} = 2$  W/m<sup>2</sup>·°C i  $\varepsilon = 0,4$  la temperatura a l'extrem és de 44,06°C i per les dades de  $L_{\text{epoxy}} = 0,00018$  m i  $k_{\text{epoxy}} = 2$  W/m<sup>2</sup>·°C i  $\varepsilon = 0,4$  trobem 43,93°C.

Havent vist els resultats observem que el radiador no aconsegueix eliminar la quantitat mínima de calor necessària per part de la Cel·la Peltier (en el cas que s'escollís la Cel·la Peltier amb  $Q_{\text{max optim.}} = 9,16$  W) s'escollís.

De la mateixa manera que les altres opcions assajades no aconsegueixen les expectatives desitjades (veure taula representativa amb els assaigs de diferents emissivitats i gruixos de pasta epoxy)

Però fixant-nos en la Cel·la Peltier escollida de 18,8 W en el cas que es requereix la màxima potència d'aquesta el radiador no assoliria l'excés de càrrega de calor.

Si observem els resultats extrets amb l'estudi per elements finits (observem les taules superiors) observem que no hi ha tanta diferència per l'excés efectuat als càlculs. Podem observar que els resultats van desde 7,50 W per l'assaig efectuat amb  $\varepsilon = 0,2$  passant per  $\varepsilon = 0,4$  amb un valor de 8,43 W i acabant amb el valor de l'emissivitat pel nostre radiador de  $\varepsilon = 0,8$  amb un valor de 7,74 W.

Tal i com podem comparar amb els dos estudis realitzats, tots dos queden suficients un es queda amb 8,26 W i l'altre es de 8,43 W.

En quant a la temperatura la part més allunyada de la base no observem que hi hagi molta diferència, amb el que veiem que la temperatura no es dissipa molt.

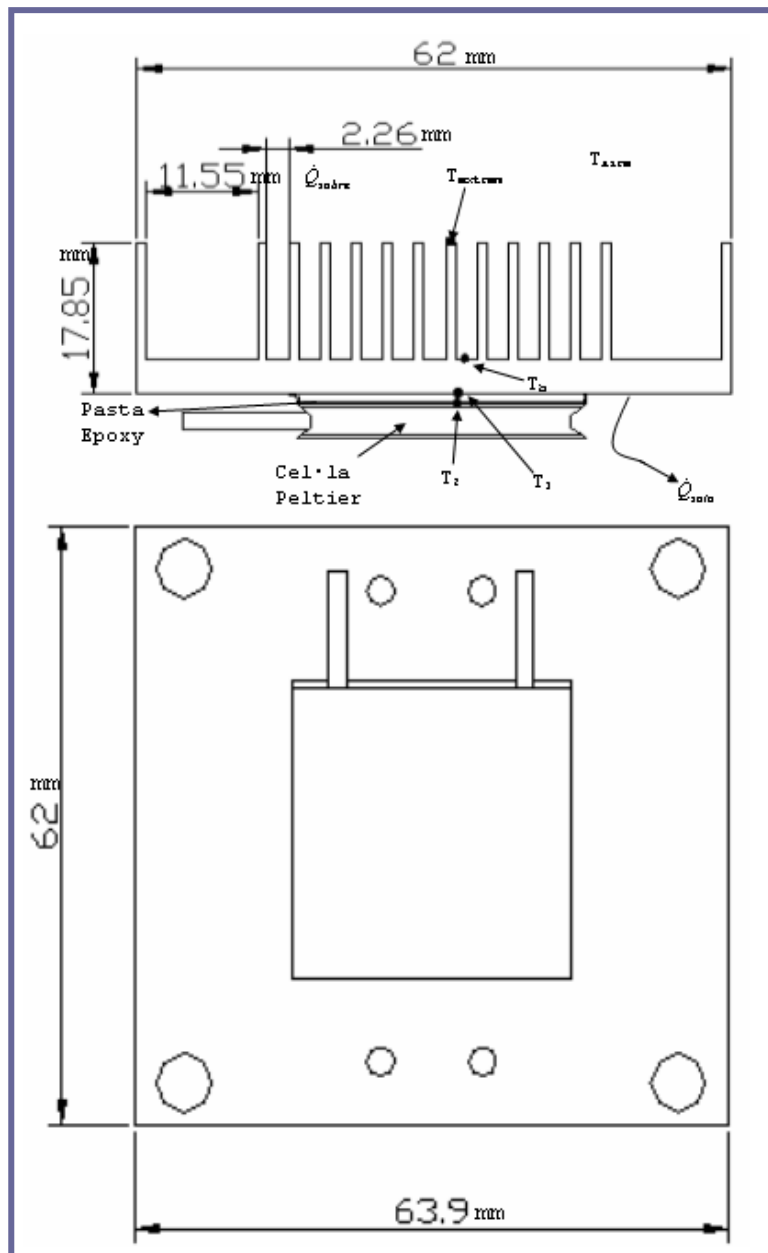
Am les dades extretes podem concloure que el sistema per refrigerar la Cel·la Peltier seria convenient l'adopció de un ventilador que li ajudés a reduir la temperatura als extrems de les aletes, i en conseqüència en tot el radiador i ajudés a dissipar una major quantitat de calor.

## 7.6.- Càlculs de la dissipació de la calor del radiador amb convecció forçada

### Càlcul amb el procés iteratiu utilitzant el software EES (veure Annex A.6.2)

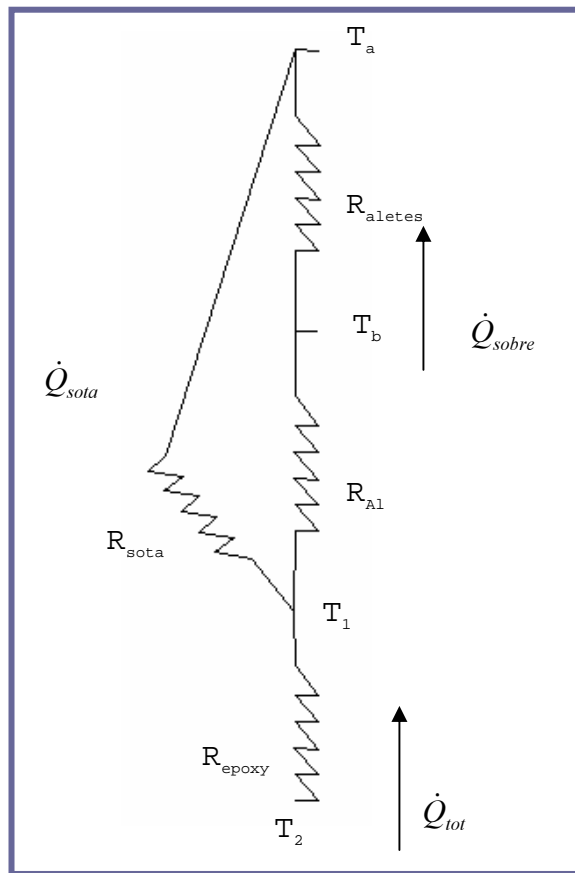
A continuació exposarem les dades amb les que es treballarà, les fórmules a utilitzar per tal d'establir el model del procés matemàtic iteratiu calculat per convecció forçada.

En el següent gràfic es representaran les diferents temperatures, d'aquest grup de temperatures n'extraurem el perfil de resistències que ens ajudarà a fer el càlcul pertinent pel que fa a la transmissió de calor que en dura al càlcul de la transmissió de calor.



**Gràfic 7.9** Gràfic de les dades amb les que es treballarà a l'hora de fer els càlculs a través del procés iteratiu.

En aquest conjunt de càlculs podrem decidir si n'és necessari l'adopció de un ventilador per tal de dissipar la calor de la Cel·la Peltier.



**Figura 7.7** Figura representativa del circuit de resistències elèctriques pel càlcul de la transmissió de la calor en la convecció forçada.

Per la realització dels càlculs hem utilitzat les següents correlacions pel càlcul de la calor:

L'equació que ens permetrà sapiguer una de les variables en el procés iteratiu i que s'haurà d'iterar per part del programa informàtic és:

$$T_1 = T_2 - \dot{Q}_{tot} \cdot R_{epoxy}$$

Amb aquesta equació esbrinarem la temperatura que s'ha d'aplicar sobre la base del radiador, tant mateix aquesta dada trobada és la que aplicarem en el programa d'elements finits.

$$\dot{Q}_{total} = \frac{T_2 - T_{aire}}{R_T}$$

$$R_T = R_{epoxy} + \frac{R_{sota} \cdot (R_{AL} + R_{aleta})}{R_{sota} + R_{Al} + R_{aletes}}$$

$$R_{epoxy} = \frac{L_{epoxy}}{k_{epoxy} \cdot A_{peltier}}$$

$$R_{AL} = \frac{L_{Al}}{k_{Al} \cdot A_{Base radiador}}$$

$$R_{fins} = \frac{1}{\eta_t \cdot h_{t1} \cdot A_{tot}}$$

$\eta_t$  És l'efectivitat superficial total de la superfície amb un conjunt d'aletes

$$\eta_t = 1 - \frac{A_{fin}}{A_{tot}} \cdot (1 - \eta_f)$$

$\eta_f$  És l'efectivitat d'una aleta individual de perfil rectangular.

$$\eta_f = \frac{\tanh(m \cdot L^*)}{m \cdot L^*}$$

$$m = \sqrt{\frac{h \cdot P}{k \cdot A}} = \sqrt{\frac{2 \cdot h_{t1}}{k_{Al} \cdot t}}$$

$$L^* = L_{cor} = L + \frac{t}{2}$$

$h_{t1}$ =Coeficient de convecció total de la part de sobre de les aletes

$$h_{t1} = h_{c,1} + h_{r,1}$$

El càlcul de la  $h_{c,1}$  l'efectuarem de la següent manera:

Deguda a que aquest coeficient es refereix al coeficient de la convecció forçada i el trobarem mitjançant una dada que se sap del ventilador que es tracta de el seu cabal i de les propietats de l'aire

$$\dot{V}_{aire} = v \cdot S$$

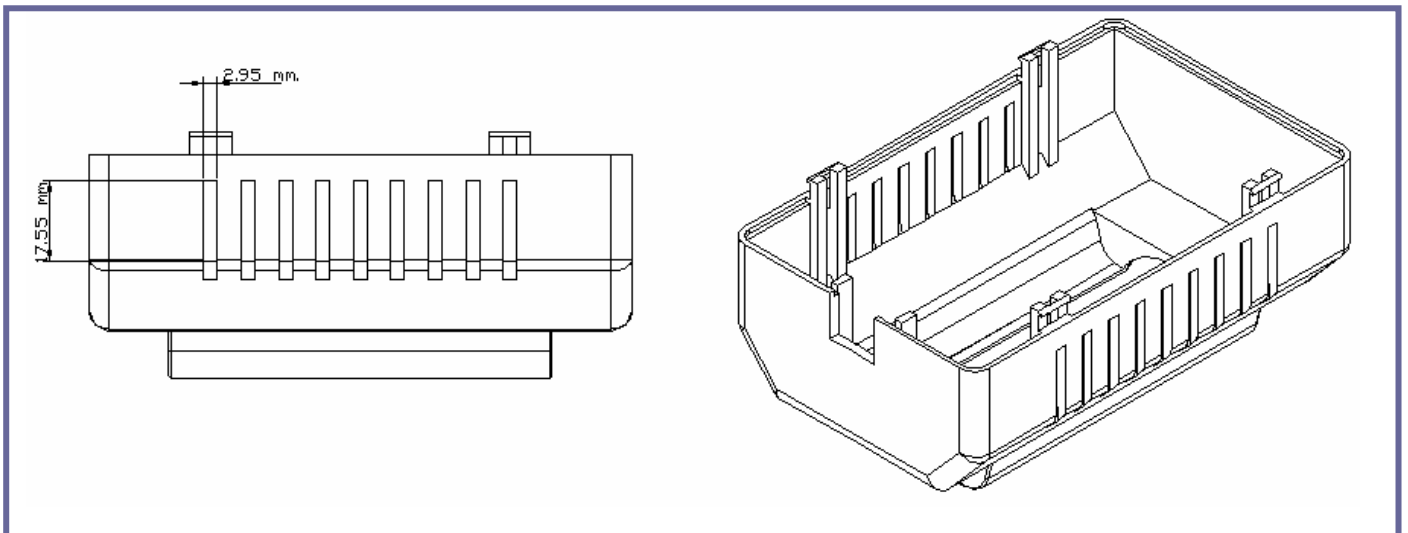
[7.50]

$$S_{forat} = 0,00295 \cdot 0,0172 = 5,074 \cdot 10^{-5} m^2$$

$$S_{forats} = S_{forat} \cdot n^{\circ} forats$$

[7.51]

$$S_{forats} = 5,074 \cdot 10^{-5} \cdot 18 = 9,1332 \cdot 10^{-4} m^2$$



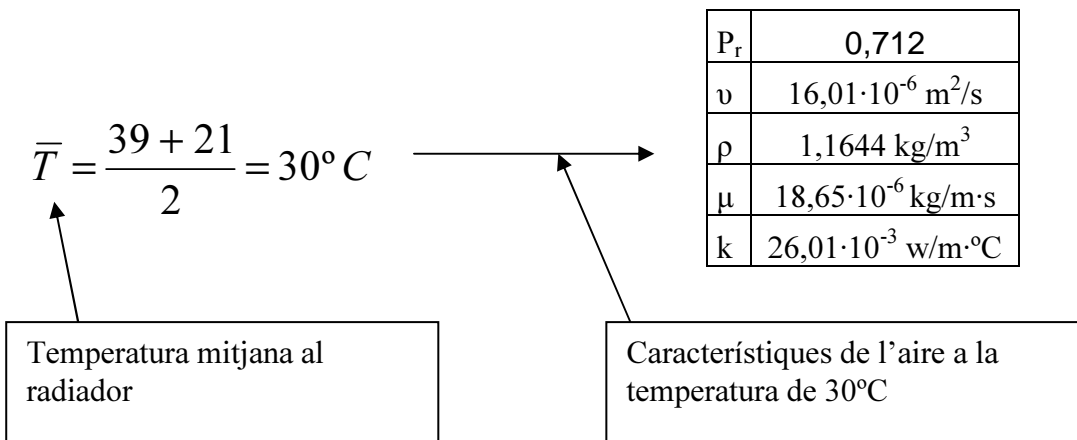
**Gràfic 7.10** Gràfic representatiu amb les mides i la ubicació dels forats

Segons es justifica en l'apartat 5.4 on s'escoll el ventilador, el cabal d'aire del mateix és  $50 \text{ m}^3/\text{h}$ .

$$\dot{V}_{\text{aire}} = 50 \text{ m}^3/\text{h} = 1,3889 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$1,3889 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s} = v \cdot 9,1332 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$v = \frac{1,3889 \cdot 10^{-2}}{9,1332 \cdot 10^{-4}} = 15,2 \text{ m/s}$$



$$Nu_L = 0,664 \cdot Re_L^{\frac{1}{2}} \cdot Pr^{\frac{1}{3}}$$

$$Re_L = \frac{v \cdot L}{\nu}$$

a on:

$L=0,0639$  (costat del radiador)

$$Re_L = \frac{15,2 \cdot 0,0639}{16,01 \cdot 10^{-6}} = 60667$$

$$Nu_L = 0,664 \cdot 60667^{\frac{1}{2}} \cdot 0,712^{\frac{1}{3}} = 146,04$$

$$\boxed{Nu_L = \frac{h_{c1} \cdot L}{k}} \quad [7.52]$$

$$h_{c1} = \frac{k}{L} \cdot Nu_L$$

$$h_{c1} = \frac{26,01 \cdot 10^{-3} \cdot 146,04}{0,0639} = 59,4 \text{ W / m} \cdot ^\circ \text{C}$$

$$h_{r,1} = \sigma \cdot \varepsilon \cdot (T_b^2 + T_f^2) \cdot (T_s + T_f)$$

$$R_{sota} = \frac{1}{h_{t2} \cdot A_{sota}}$$

$h_{t2} = h_{t2}$  = Coeficient de convecció total de la part de sota de la base

$$h_{t2} = h_{c,2} + h_{r,2}$$

$$h_{c,2} = 1,317 \cdot \sqrt[4]{\frac{\Delta T}{L_{c,2}}} \quad \text{on: } \Delta T = T_1 - T_{air}$$

$$h_{r,2} = \sigma \cdot \varepsilon \cdot (T_1^2 + T_{air}^2) \cdot (T_1 + T_{air})$$

$$R_{sota} = \frac{1}{h_{t2} \cdot A_{sota}}$$

Les dades d'aplicació en el conjunt de formules esmentades anteriorment que seran introduïdes en el programa d'iteració per tal de calcular la temperatura que incideix sobre el radiador, entre d'altres dades, són:

$k_{Al} = 237 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  (Conductivitat tèrmica de l'alumini)

$L = 0,0137 \text{ m}$  (alcada de l'aleta)

$T = 0,001 \text{ m}$  (gruix de l'una aleta individual)

$N_{fin} = 14$  (número d'aletes)

$H = 0,0639 \text{ m}$  (amplada)

$B = 0,062 \text{ m}$  (alçada)

$s_1 = 0,002264 \text{ m}$  (Distància entre aletes interiors)

$s_2 = 0,01155 \text{ m}$  (Distància entre les dues aletes dels costats)

$T_2 = 45 \text{ }^\circ\text{C}$  (Temperatura de la base del radiador)

$T_{air} = 21 \text{ }^\circ\text{C}$  (Temperatura de l'aire)

$h_{c1} = 59,4 \text{ W/m}^2\cdot\text{ }^\circ\text{C}$  (Coeficient de convecció forçada a les aletes)

$\varepsilon = 0,4$  (Emissivitat de l'alumini de les aletes)

$\sigma = 5,67\text{E-}8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  (Constant de Stefan-Boltzmann)

$L_{epoxy} = 0,0001 \text{ m}$

$K_{epoxy} = 2 \text{ W/m}\cdot\text{ }^\circ\text{C}$

$L_{cor} = L+t/2 \text{ m}$  (longitud corregida de les aletes)

$A_{fin} = N_{fin} * 2 * L_{cor} * H \text{ m}^2$  (àrea aletejada)

$A_{nofin} = (2 * s_2 + 11 * s_1) * H \text{ m}^2$  (àrea de la superfície primària no aletejada)

$A_{tot} = A_{fin} + A_{nofin} \text{ m}^2$  (àrea total de la superfície de transferència de calor)

És important destacar que els càlculs efectuats en el procés iteratiu s'han tingut en compte dos casos diferents depenent les temperatures amb les que s'han treballat, és a dir en el primer cas s'ha treballat en un esquema compost per les aletes i la base d'alumini del radiador, i en el segon cas s'ha treballat amb un esquema compost per les aletes, la base d'alumini del radiador i la capa d'epoxy.

A continuació presentem un esquema de les dues propostes efectuades pel càlcul de la  $T_1$ .



De les dades i formules expressades a continuació no es realitzaran els càlculs matemàtics pertinents. Els càlculs estan realitzats en el programa i els resultats estan especificats en els annexes de resultats.

Dels càlculs efectuats en el programa iteratiu hem extret les següents dades:

Pel que fa al cas n°1:

$$\begin{aligned}\varepsilon &= 0,40 \\ h_{l1} &= 59,4 + 2,61 = 62,31 \\ h_{l2} &= 3,97 + 2,61 = 6,58 \\ T_1 &= 45^\circ C; T_b = 44,8^\circ C; T_{aire} = 21^\circ C \\ T_{extrem aleta} &= 43,6^\circ C \\ \left. \begin{aligned} \dot{Q}_{sobre} &= 40,98 W \\ \dot{Q}_{sota} &= 0,483 W \end{aligned} \right\} \Rightarrow \dot{Q}_{tot} &= 41,46 W\end{aligned}$$

Pel que fa al cas n°2:

$$\begin{aligned}\varepsilon &= 0,40 \\ h_{l1} &= 59,4 + 2,58 = 62,28 \\ h_{l2} &= 3,97 + 2,58 = 6,55 \\ T_2 &= 45^\circ C; T_1 = 42,9^\circ C; T_b = 42,73^\circ C; T_{aire} = 21^\circ C \\ T_{extrem aleta} &= 43,6^\circ C \\ \left. \begin{aligned} \dot{Q}_{sobre} &= 37,38 W \\ \dot{Q}_{sota} &= 0,44 W \end{aligned} \right\} \Rightarrow \dot{Q}_{tot} &= 37,82 W \\ L &= 0,0137 m (alçada aleta) \\ L_{epoxi} &= 0,0001 m \\ k_{epoxi} &= 2 W / m^2 \cdot ^\circ C\end{aligned}$$

Dels dos càlculs efectuats amb diferents coeficients de transmissió de el calor i diferents gruixos hem obtingut que la temperatura de la base esta a 44,8 °C i 42,9 °C el calor dissipada per cada un dels radiadors ha estat de 41,46 W i de 37,82 W.

Els resultats en els que ens basarem per tal de fer l'estudi comparatiu amb el programa d'elements finits serà el primer resultat obtingut essent aquell que té de  $L_{epoxy} = 0,0001 m$ , i de  $k_{epoxy} = 2 W/m^2 \cdot ^\circ C$ .

Per tal de fer iterar el conjunt de formules avans descrites el programa té uns passos a seguir en el procés de càlcul. Aquest procés és el següent:

1. Establir les unitats de càlcul.
2. Càlcul de les 4 resistències tèrmiques:  $R_{\text{Epoxy}}$ ,  $R_{\text{fins}}$ ,  $R_{\text{Al}}$  i  $R_{\text{sota}}$ . Càlcul de la resistència tèrmica total:  $R_T$ .
3. Càlcul de la temperatura  $T_1$  en la base de la superfície d'Alumini.
4. Càlcul flux calor dissipat per sota: convecció natural + radiació.
5. Càlcul del flux de calor per la part superior (aletes + superfície sense aletes) per convecció forçada i radiació.
6. Càlcul de la temperatura en la base de les aletes.
7. Càlcul estimatiu de la temperatura en l'extrem de l'aleta.

Tot aquest procés s'ha d'iterar per tal que quedin les temperatures les calors i els coeficients de radiació fins al punt en que les temperatures arribin a una convergència.

El llistat d'operacions es pot trobar en l'annex de resultats.

Els resultats en els que ens basarem per tal de fer l'estudi comparatiu amb el programa d'element finits serà el primer resultat obtingut essent aquell que té de  $L_{\text{epoxy}} = 0,0001 \text{ m}$ , i de  $k_{\text{epoxy}} = 2 \text{ w/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ .

Observem com a quadre resum i comparatiu amb diferents emissivitats i diferents gruixos del material epoxy.

Resultats estrets del càlcul amb el procés iteratiu amb convecció forçada								
$K_{\text{epoxy}}$	$L_{\text{epoxy}}$ (m)	$\epsilon$	$T_1$ ( $^\circ\text{C}$ )	$T_b$ ( $^\circ\text{C}$ )	$T_{\text{extrem}}$ ( $^\circ\text{C}$ )	$Q_{\text{sobre}}$ (W)	$Q_{\text{sota}}$ (W)	$Q_{\text{total}}$ (W)
2	0,0001	0,04	42,98	42,83	41,76	36	0,28	36,28
2	0,0001	0,2	42,95	42,79	41,71	36,54	0,35	36,89
2	0,0001	0,4	42,91	42,74	41,65	37,22	0,43	37,65
2	0,0001	0,8	42,82	42,65	41,52	38,56	0,6	39,16

**Taula 7.16** Taula resum comparativa amb diferents resultats estrets dels assajos amb el procés iteratiu amb convecció natural amb diferents emissivitats i mateix gruix de material epoxy.

Resultats estrets del càlcul amb el procés iteratiu amb convecció forçada								
$K_{\text{epoxy}}$	$L_{\text{epoxy}}$ (m)	$\epsilon$	$T_1$ ( $^\circ\text{C}$ )	$T_b$ ( $^\circ\text{C}$ )	$T_{\text{extrem}}$ ( $^\circ\text{C}$ )	$Q_{\text{sobre}}$ (W)	$Q_{\text{sota}}$ (W)	$Q_{\text{total}}$ (W)
2	0,00013	0,04	42,44	42,29	41,25	35,11	0,27	35,38
2	0,00013	0,2	42,4	42,25	41,19	35,63	0,33	35,96
2	0,00013	0,4	42,35	42,19	41,12	36,27	0,42	36,68
2	0,00013	0,8	42,25	42,08	40,97	37,53	0,58	38,11

**Taula 7.17** Taula resum comparativa amb diferents resultats estrets dels assajos amb el procés iteratiu amb convecció natural amb diferents emissivitats i mateix gruix de material epoxy.

Resultats estrets del càlcul amb el procés iteratiu amb convecció natural								
$K_{\text{epoxy}}$	$L_{\text{epoxy}}$ (m)	$\epsilon$	$T_1$ (°C)	$T_b$ (°C)	$T_{\text{extrem}}$ (°C)	$Q_{\text{sobre}}$ (W)	$Q_{\text{sota}}$ (W)	$Q_{\text{total}}$ (W)
2	0,0001	0,4	42,91	42,74	41,65	37,22	0,43	37,65
2	0,00013	0,4	42,35	42,19	41,12	36,27	0,42	36,68
2	0,00015	0,4	41,99	41,84	40,78	35,66	0,41	36,07
2	0,00018	0,4	41,48	41,33	40,3	34,79	0,4	35,18

**Taula 7.18** Taula resum comparativa amb diferents resultats extrets dels assajos amb el procés iteratiu amb convecció natural amb un tipus d'emissivitat i un gruix de material epoxy que el fem variar.

### Càlcul amb el el programa d'elements finits

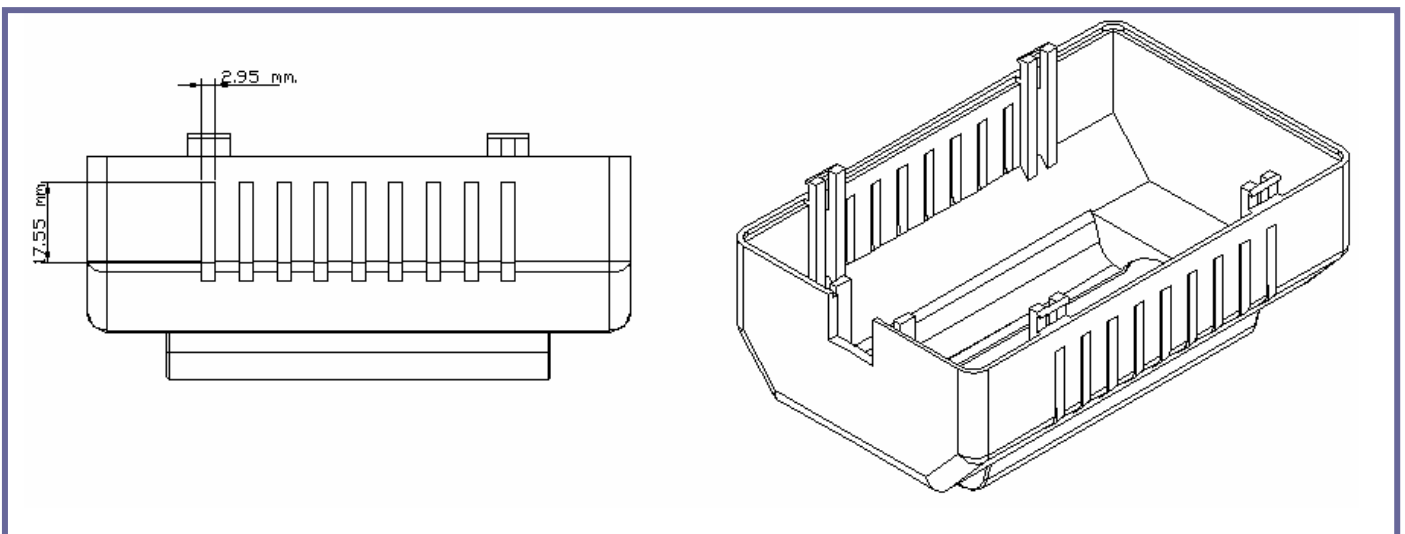
En la realització dels càlculs amb el programa d'element finits primerament haurem de calcular la velocitat de l'aire, ajudats per que coneixem el cabal de l'aire. Havent conegut aquesta dada podrem calcular el coeficient de convecció forçada.

$$\dot{V}_{aire} = v \cdot S$$

$$S_{forat} = 0,00295 \cdot 0,0172 = 5,074 \cdot 10^{-5} m^2$$

$$S_{forats} = S_{forat} \cdot n^{\circ} forats$$

$$S_{forats} = 5,074 \cdot 10^{-5} \cdot 18 = 9,1332 \cdot 10^{-4} m^2$$



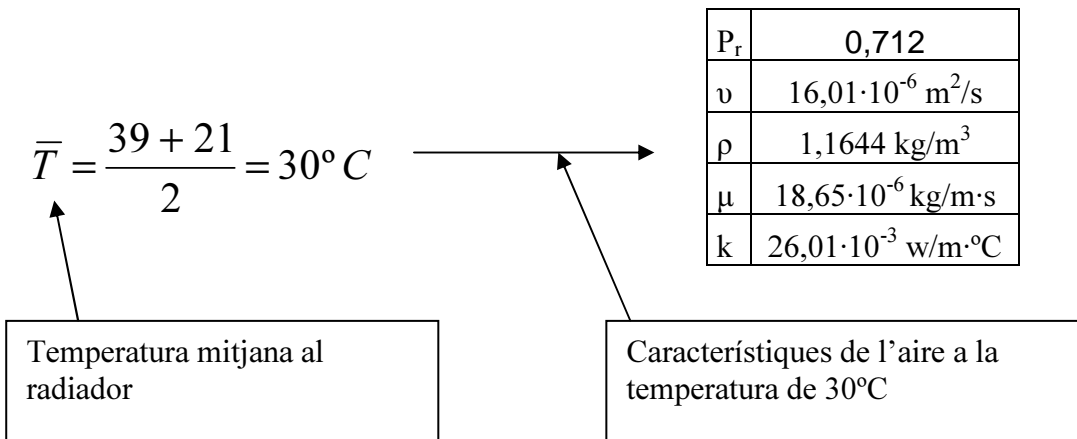
**Gràfic 7.11** Gràfic representatiu amb les mides i la ubicació dels forats

Segons es justifica en l'apartat 5.4 on s'escoll el ventilador, el cabal d'aire del mateix és  $50 \text{ m}^3/\text{h}$ .

$$\dot{V}_{\text{aire}} = 50 \text{ m}^3/\text{h} = 1,3889 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$1,3889 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s} = v \cdot 9,1332 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$v = \frac{1,3889 \cdot 10^{-2}}{9,1332 \cdot 10^{-4}} = 15,2 \text{ m/s}$$



$$Nu_L = 0,664 \cdot Re_L^{\frac{1}{2}} \cdot Pr^{\frac{1}{3}}$$

$$Re_L = \frac{v \cdot L}{\nu}$$

a on:

$L=0,0639$  (costat del radiador)

$$Re_L = \frac{15,2 \cdot 0,0639}{16,01 \cdot 10^{-6}} = 60667$$

$$Nu_L = 0,664 \cdot 60667^{\frac{1}{2}} \cdot 0,712^{\frac{1}{3}} = 146,04$$

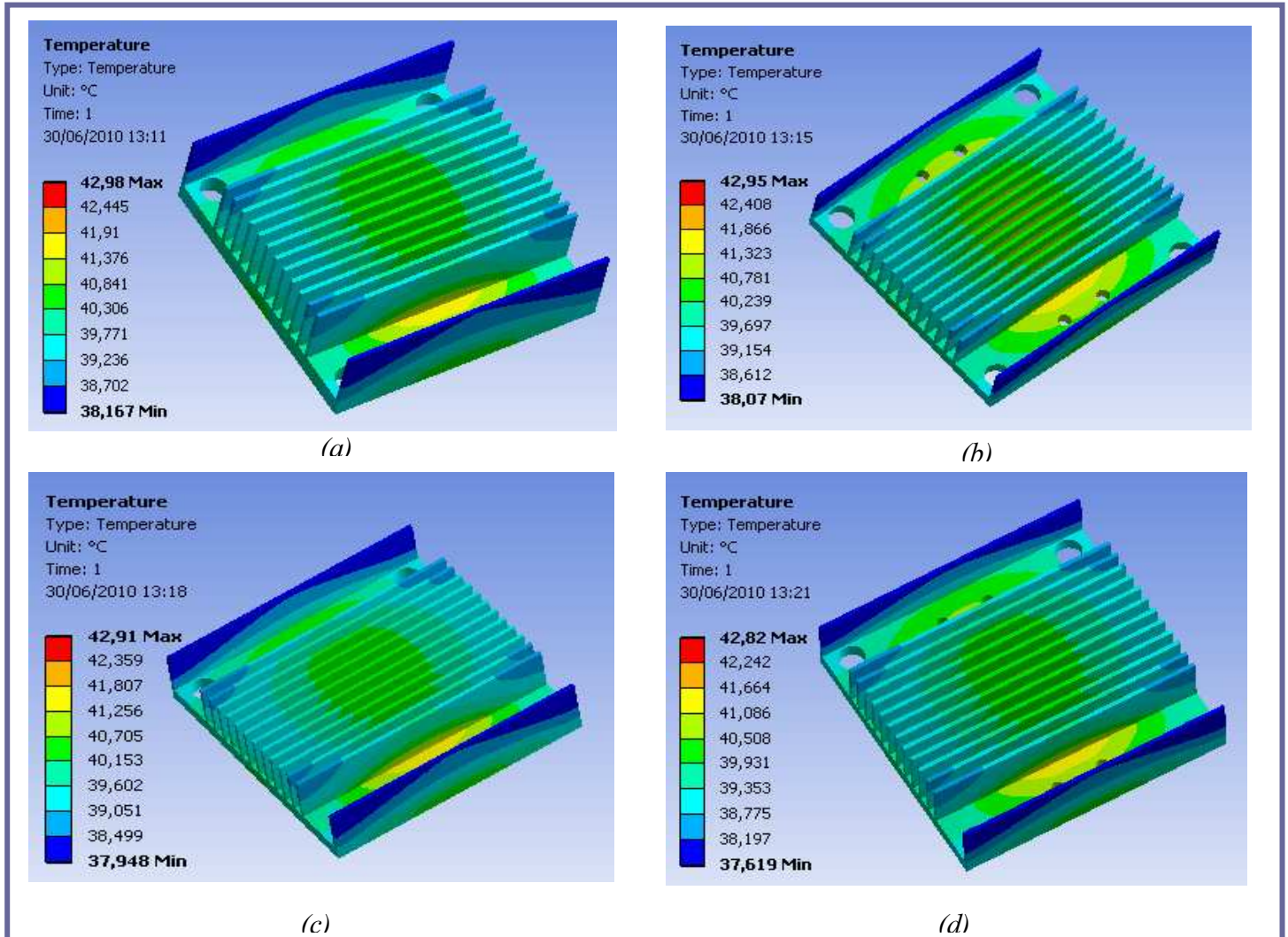
$$Nu_L = \frac{h_{c1} \cdot L}{k}$$

$$h_{c1} = \frac{k}{L} \cdot Nu_L$$

$$h_{c1} = \frac{26,01 \cdot 10^{-3} \cdot 146,04}{0,0639} = 59,4 W / m \cdot ^\circ C$$

Un cop hem esbrinat el coeficient de convecció forçada podem realitzar l'assaig d'elements finits amb el software Ansys per tal de veure si la inclusió del ventilador escollit és l'adient.

A continuació presentem unes fotografies amb els resultats extrets dels assaigs amb diferents acabats superficials del radiador a estudiar.



**Fotografia 7.2** Figura amb els assaigs de convecció forçada amb diferents valors de l'emissivitat de l'alumini. (a)  $\epsilon = 0,04$  a  $T=42,98^{\circ}\text{C}$ ; (b)  $\epsilon = 0,2$  a  $T=42,95^{\circ}\text{C}$ ; (c)  $\epsilon = 0,4$  a  $T=42,91^{\circ}\text{C}$  i (d)  $\epsilon = 0,8$  a  $T=42,82^{\circ}\text{C}$ .

A continuació observem unes taules amb els resultats del mateixos tres assaigs avans ja esmentats. Podem observar en aquestes taules la calor dissipada per cada un dels radiadors.

### 7.6.1.- Conclusions de les simulacions del radiador amb convecció forçada

Object Name	Temperature Probe	Heat Flux Probe	Reaction Convection Forçada	Reaction Radiation	Reaction Convection Natural
State	Solved				
<b>Definition</b>					
Type	Temperature	Heat Flux	Reaction		
Location Method	Geometry Selection		Boundary Condition		
Geometry	77 Faces				
Boundary Condition			Convection Forçada	Radiation	Convection Natural
<b>Options</b>					
Display	All Time Points				
Spatial Resolution	Use Maximum				
Result Selection		X Axis			
<b>Maximum Value Over Time</b>					
Temperature	42,98 °C				
X Axis		0,2848 8 W/mm <sup>2</sup>			
Heat			-33,958 W	-0,16026 W	-0,22713 W
<b>Minimum Value Over Time</b>					
Temperature	42,98 °C				
X Axis		0,2848 8 W/mm <sup>2</sup>			
Heat			33,958	0,16026	0,22713
					34,34539

**Taula 7.19** Taula amb els resultats referents a  $\varepsilon=0,04$  a  $T=42,98$  °C.



Object Name	Temperature Probe	Heat Flux Probe	Reaction Convection Aletes	Reaction Radiation	Reaction Convection Natural Base	
State	Solved					
<b>Definition</b>						
Type	Temperature	Heat Flux	Reaction			
Location Method	Geometry Selection		Boundary Condition			
Geometry	77 Faces					
Boundary Condition			Convection Forzada Aletes	Radiation	Convection Natural Base	
<b>Options</b>						
Display	All Time Points					
Spatial Resolution	Use Maximum					
Result Selection		X Axis				
<b>Maximum Value Over Time</b>						
Temperature	42,95 °C					
X Axis		0,28923 W/mm <sup>2</sup>				
Heat			-33,835 W	-0,79814 W	-0,2264 W	
<b>Minimum Value Over Time</b>						
Temperature	42,95 °C					
X Axis		0,28923 W/mm <sup>2</sup>				
Heat			33,835	0,79814	0,2264	34,85954

**Taula 7.20** Taula amb els resultats referents a  $\varepsilon = 0,2$  a  $T = 42,95$  °C.

Object Name	Temperature Probe	Heat Flux Probe	Reaction Convection Forçada Aletes	Reaction Radiation	Reaction Convection Natural Base	
State	Solved					
<b>Definition</b>						
Type	Temperature	Heat Flux	Reaction			
Location Method	Geometry Selection		Boundary Condition			
Geometry	77 Faces					
Boundary Condition			Convection Forçada Aletes	Radiation	Convection Natural Base	
<b>Options</b>						
Display	All Time Points					
Spatial Resolution	Use Maximum					
Result Selection	X Axis					
<b>Maximum Value Over Time</b>						
Temperature	42,91 °C					
X Axis			0,29459 W/mm <sup>2</sup>			
Heat			-33,678 W	-1,5882 W	-0,2259 W	
<b>Minimum Value Over Time</b>						
Temperature	42,91 °C					
X Axis			0,29459 W/mm <sup>2</sup>			
Heat			33,678	1,5882	0,2259	35,4921

**Taula 7.21** Taula amb els resultats referents a  $\varepsilon=0,4$  a  $T=42,91$  °C.

Object Name	Temperature Probe	Heat Flux Probe	Reaction Convection Forçada Aletes	Reaction Radiation	Reaction Convection Natural Base	
State	Solved					
<b>Definition</b>						
Type	Temperature	Heat Flux	Reaction			
Location Method	Geometry Selection		Boundary Condition			
Geometry	77 Faces					
Boundary Condition			Convection Foçada Aletes	Radiation	Convection Natural Base	
<b>Options</b>						
Display	All Time Points					
Spatial Resolution	Use Maximum					
Result Selection			X Axis			
<b>Maximum Value Over Time</b>						
Temperature	42,82 °C					
X Axis			0,3108 2 W/mm <sup>2</sup>			
Heat			-33,259 W	-3,1339 W	-0,22305 W	
<b>Minimum Value Over Time</b>						
Temperature	42,82 °C					
X Axis			0,3108 2 W/mm <sup>2</sup>			
Heat			33,259	3,1339	0,22305	36,61595

Taula 7.22 Taula amb els resultats referents a  $\epsilon = 0,8$  a  $T = 42,82^\circ\text{C}$ .

Tal i com es pot observar el propi radiador no aconsegueix dissipar la temperatura per tal de mantenir el sistema en condicions, bona compta d'això són els resultats extrets pel procés iteratiu.

S'han fet diferents assajos per poder veure l'efecte tant del gruix de l'epoxy ( $L_{\text{epoxy}}$ ) assajos amb difreents coeficients de conductivitat tèrmica ( $K_{\text{epoxy}}$ ).

Rere els assajos efectuats hem conclós que el tipus d'assaig pel nostre mecanisme ha estat un amb les dades:

$$L_{\text{epoxy}} = 0,0001 \text{ m}$$
$$K_{\text{epoxy}} = 2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

No presentant-se en els altres casos experimentats unes diferències significatives.

És important remarcar que les temperatures exposades a les bases de cadascun dels assaigs han estat extretes per les dades avans contemplades amb el programa de software del procés iteratiu, agafant com aquesta temperatura la  $T_1$  de les seves corresponents emissivitats d'aquesta manera queda :

$$\varepsilon = 0,04 \text{ a } T = 42,98 \text{ °C}$$
$$\varepsilon = 0,2 \text{ a } T = 42,95 \text{ °C}$$
$$\varepsilon = 0,4 \text{ a } T = 42,91 \text{ °C}$$
$$\varepsilon = 0,8 \text{ a } T = 42,82 \text{ °C .}$$

Com podem veure hi ha diferents emissivitats pels diferents acabats de el radiador, d'aquesta manera trobem una  $\varepsilon$  de 0,04 en la que es tractaria d'una emissivitat per un alumini polit i brillant, passant per les emissivitats de 0,2 i de 0,4 que serien emissivitats de aluminis normals i acariem amb una emissivitat de 0,8, que correspondria per un alumini anoditzat.

Pel cas que ens contempla en aquest dispositiu l'alumini utilitzat és un alumini de una emissivitat de  $\varepsilon=0,4$ .

Tal i com es pot contemplar en les fotografies anterior i les dades extretes del càlcul amb del programa iteratiu, la temperatura existent en l'extrem de la aleta difereix per les raons anteriorment descrites sobre la superfície d'aplicació de la  $T_1$  (temperatura de la base).

Veiem que aquesta variació succeeix de la mateixa manera en tots els resultats. La variació esta sobre 3,5 °C de diferència essent per resultat del càlcul iteratiu de 41,65 °C i pel cas del càlcul amb el programa d'elements finits de 37,948 °C, aplicant-se en tots dos casos una temperatura a la base de 42,91 °C.

Podem concloure que el radiador amb convecció forçada i radiació dissipa gaire la temperatura que es genera en la seva base.

En quant a la comparativa efectuada en tots dos assajos (el del procés iteratiu i el d'element finits) referida la dissipació de calor entre ells, els resultats són bastant versemblants, arribant a tenir un error bastant petit.

Aquestes calors són de 35,49 W per l'assaig efectuat amb el programa d'elements finits a una temperatura de la base de 42,91 °C, i de 37,65 W per l'assaig efectuat amb el programa del procés iteratiu a la mateixa temperatura amb la que s'ha efectuat l'assaig d'elements finits a 42,91 °C.

Si observem les taules avans descrites i fem una comparativa amb la diferencia de resultats segons el gruix de l'epoxy aplicat observarem que no hi ha gaire diferències en quant a la dissipació de la calor.

Trobem que per una  $L_{\text{epoxy}} = 0,00013$  m i  $K_{\text{epoxy}} = 2$  W/m<sup>2</sup>·°C i  $\epsilon = 0,4$  la calor dissipada és de 36,68 W envers als 37,65 W calculats amb  $L_{\text{epoxy}} = 0,0001$  m i  $K_{\text{epoxy}} = 2$  W/m<sup>2</sup>·°C i  $\epsilon = 0,4$  (càlcul efectuat amb el software del procés iteratiu).

De la mateixa manera que amb altres dades experimentades trobem que per:  $L_{\text{epoxy}} = 0,00015$  m i  $K_{\text{epoxy}} = 2$  W/m<sup>2</sup>·°C i  $\epsilon = 0,4$  la calor dissipada és de 36,07 W i per les dades de  $L_{\text{epoxy}} = 0,00018$  m i  $K_{\text{epoxy}} = 2$  W/m<sup>2</sup>·°C i  $\epsilon = 0,4$  trobem 35,18 W.

En quant a la temperatura de la calor dissipada pel radiador en els assajos referits als canvis de gruix de la pasta epoxy trobem que les temperatures van semblants a les calors, obtenint;  $L_{\text{epoxy}} = 0,00015$  m i  $K_{\text{epoxy}} = 2$  W/m<sup>2</sup>·°C i  $\epsilon = 0,4$  la temperatura a l'extrem és de 40,78 °C i per les dades de  $L_{\text{epoxy}} = 0,00018$  m i  $K_{\text{epoxy}} = 2$  W/m<sup>2</sup>·°C i  $\epsilon = 0,4$  trobem 40,3 °C.

Havent vist els resultats observem que el radiador aconsegueix eliminar la quantitat mínima de calor necessària per part de la Cel·la Peltier (en el cas que s'escollís la Cel·la Peltier amb  $Q_{\text{max optim.}} = 9,162$  W) s'escollís.

De la mateixa manera que les altres opcions assajades també aconsegueixen les expectatives desitjades (veure taula representativa amb els assaigs de diferents emissivitats i gruixos de pasta epoxy)

Però fixant-nos en la Cel·la Peltier escollida de 18,8 W en el cas que es requereix la màxima potència d'aquesta el radiador assolieix l'excés de carrega de calor.

Si observem els resultats extrets amb l'estudi per elements finits (observem les taules superiors) observem que no hi ha tanta diferència per l'excés efectuat als càlculs. Podem observar que els resultats van desde 34,85 W per l'assaig efectuat amb  $\epsilon = 0,2$  passant per  $\epsilon = 0,4$  amb un valor de 35,49 W i acabant amb el valor de l'emissivitat pel nostre radiador de  $\epsilon = 0,8$  amb un valor de 36,61 W.

Tal i com podem comparar amb els dos estudis realitzats, tots dos queden suficients un es queda amb 37,65 W i l'altre es de 35,49 W.

En quant a la temperatura la part més allunyada de la base no observem que hi hagi molta diferència, amb el que veiem que la temperatura no es dissipa molt.

Amb les dades extretes podem concloure que el sistema per refrigerar la Cel·la Peltier amb ventilador omple les expectatives deixant que la Cel·la Peltier no treballi més de la meitat amb el que les premisses de seguretat per l'integritat de la pròpia Cel·la Peltier queden cobertes, ja que com ja s'ha fet esment aquesta Cel·la Peltier és de baixa qualitat amb el que s'ha preferit treballar sobre el radiador i sobre el ventilador i reduir costos amb l'utilització de Cel·les Peltier de més baixa qualitat.

El ventilador s'ha sobredimensionat per tal de evitar que el sistema tingués problemes, degut a que tal i com ja s'ha comentat anteriorment el sistema disposa de una Cel·la Peltier sobredimensionada.

El sistema disposa d'aquesta Cel·la Peltier sobredimensionada per tal de fer que aquesta no arribi a treballar a més del 50% de la seva capacitat, s'ha optat per sobredimensionar la convecció forçada per tal d'evitar que la Cel·la Peltier no tingui cap problema en el seu funcionament.

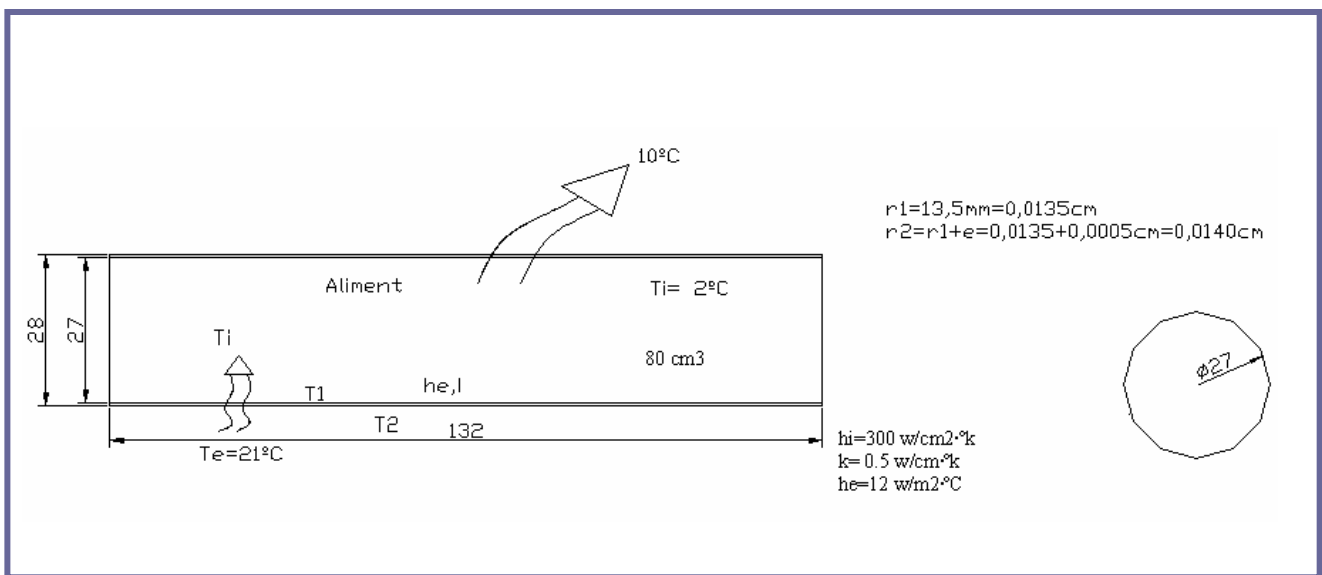
El sobredimensionament també afecta a la grandària del ventilador. S'ha optat una elecció d'un ventilador d'una grandària elevada per tal d'aplicar el seu gran cabal per tota la superfície del radiador, i així ajudar que el cabal refrigeri la major part de superfície i aletes del propi radiador.

Un altre punt important a tenir en compte en aquest sobredimensionament ha estat el preu del ventilador, ja que al fer-se unes comandes elevades el preu unitari per ventilador baixava considerablement.

### 7.7.- Càlcul estimatiu del temps d'espera fins que la Cel·la Peltier entra en funcionament per mantenir estable la temperatura de l'aliment del nadó

El càlcul que es realitzarà a continuació és el càlcul estimatiu per sapiguer quant de temps ha de passar fins que l'aliment que surt de la nevera i es deixa en repòs arriba a la temperatura de 10°C.

Aquest càlcul ens permetrà sapiguer quant de temps ha de passar fins que el nostre producte comenci a funcionar per tal d'estabilitzar la temperatura de l'aliment a 10°C.



Gràfic 7.12 Gràfic explicatiu de les condicions sobre els quals es faran els estudis tèrmics.

És important sapiguer el temps en que tarda en posar-se en funcionament per tal de tenir una estimació del temps en que es pot tenir en repòs l'aliment avans de preparar tot el mecanisme d'ingestió pel nadó que esta en la incubadora.

El càlcul a realitzar serà molt semblant al que es s'ha realitzat per tal d'establir la calor que ha d'absorbir la Cel·la Peltier, però en aquest cas la variació estarà en la temperatura final del fluid que es de 10°C

S'hauran de tornar a recalculer els coeficients de convecció per la nova diferencia de temperatures.

Les dades amb les que es treballaran per tal de satisfer aquest supòsit són les següents:

$r_1$ (m)	$r_2$ (m)	L (m)	$h_i$ (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$k$ (W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> )	$h_e$ (W/m <sup>2</sup> ·°C)	$T_e$ (K)	$T_i$ (K)	$e$ (m)
0,0135	0,014	0,132	300	0,5	10	10	2	0,0005

**Taula 7.23** Taula amb les dades importants a tenir en compte a l'hora de realitzar els càlculs pertinents per tal d'esbrinar la calor necessària que ha de subministrar la Cel·la Peltier.

Aquest càlcul es farà tenint en compte que es tracta d'un estudi amb superfícies cilíndriques o de tubs horitzontals, i tenint tot en compte que el càlcul es comptabilitzarà com si s'estigués a l'interior d'edificis.

Ens trobem en un supost de Règim Laminar =  $D^3 \cdot \Delta T < 10m^3 \cdot ^\circ C$

Primerament ens disposem a fer el càlcul del coeficient de convecció  $h_c$ :

$$h_c = 1,317 \cdot \sqrt[4]{\frac{\Delta T}{D}} \quad \left( \begin{array}{l} \text{Convecció Natural} \\ \text{Flux La min ar} \\ 10^3 < Gr < 10^9 \end{array} \right) \quad [7.53]$$

El càlcul es realitzarà tenint en compte les següents premisses:

$$T_s = 10 \text{ } ^\circ C$$

$$T_i = 2 \text{ } ^\circ C$$

$$\Delta T = 11 \text{ } ^\circ C$$

$$D = 0,028$$

$$h_c = 1,317 \cdot \sqrt[4]{\frac{8}{0,028}} = 5,41 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ C$$

La  $h_e$  que esta representada al requadre principal de les unitats surt de efectuar les següents operacions:

$$h_e = h_c + h_r$$



Tant mateix és necessari el càlcul de la  $h_r$  (es tracta del coeficient de radiació) per tal de fer el càlcul de la  $h_e$

$$\boxed{h_r = \sigma \cdot \varepsilon \cdot (T_s^2 + T_f^2) \cdot (T_s + T_f) =}$$
$$= 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot \varepsilon \cdot (283,2^2 + 275,2^2) \cdot (283,2 + 275,2) = 4,937 \cdot \varepsilon$$

Agafarem com  $\varepsilon = 0,94$  pel plàstic.

$$h_r = 4,937 \cdot 0,94 = 4,64 \text{ W / m}^2 \cdot \text{°K}$$

$$h_e = h_c + h_r = 5,41 + 4,64 = 10,05 \text{ W / m}^2 \cdot \text{°K}$$

$$h_e = 10,05 \text{ W / m}^2 \cdot \text{°K} \approx 10 \text{ W / m}^2 \cdot \text{°K}$$

Un cop havent esbrinat el valor de  $h_e$  estem ja preparats per tal de calcular la calor generada en el supòsit que serà precisament aquesta la que la Cel·la Peltier haurà d'absorbir.

$$\boxed{\dot{Q}_{total} = \dot{Q}_{interior} + \dot{Q}_{tapas} =}$$

$$\boxed{\dot{Q}_{interior} = \frac{T_e - T_i}{R_T} =}$$

$$\boxed{R_T = R_i + R_1 + R_2 =}$$

$$R_i = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot L \cdot h_i} = 0,297$$

$$R_1 = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2 \cdot \pi \cdot k \cdot L} = 0,087$$

$$R_2 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot r_2 \cdot L \cdot h_e} = 8,61$$

$$R_T = R_i + R_1 + R_2 =$$

$$= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot L \cdot h_i} + \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2 \cdot \pi \cdot k \cdot L} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot r_2 \cdot L \cdot h_e} =$$

$$= 0,297 + 0,087 + 7,117 = 8,99 \approx 9$$

$$\dot{Q}_{interior} = \frac{T_e - T_i}{R_T} =$$

$$= \frac{10 - 2}{9} = 1,3 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{tapas} = 2 \cdot \frac{T_e - T_i}{R_T} =$$

$$R_T = R_i + R_1 + R_2 =$$

$$R_i = \frac{1}{\pi \cdot r_1^2 \cdot h_i} = 5,821$$

$$R_1 = \frac{e}{\pi \cdot k \cdot r_1} = 0,018$$

$$R_2 = \frac{1}{\pi \cdot r_1^2 \cdot h_e} = 174,655$$

$$R_T = R_i + R_1 + R_2 =$$

$$= \frac{1}{\pi \cdot r_1^2 \cdot h_i} + \frac{e}{\pi \cdot k \cdot r_1} + \frac{1}{\pi \cdot r_1^2 \cdot h_e} =$$

$$= 5,821 + 0,018 + 174,655 = 180,495 \approx 180,5$$

$$\dot{Q}_{tapas} = 2 \cdot \frac{T_e - T_i}{R_T} =$$

$$= 2 \cdot \frac{10 - 2}{150,183} = 1,25 \text{ W}$$

Efectuant les operacions corresponents obtenim que, la  $\dot{Q}_{total}$  resulta:

$$\dot{Q}_{total} = \dot{Q}_{interior} + \dot{Q}_{tapas} =$$

$$= 0,88 + 0,088 = 0,97 \text{ W}$$

La calor total intercanviada és de 0,977 W, que pels càlculs i fer una aproximació prendrem aquesta calor com de 1 W.

Un cop hem trobat la calor que es transmet per tal d'arribar a la temperatura de 10°C, calcularem quan de temps passa fins que s'assoleix aquesta temperatura, per tal de saber el temps que tardaria si l'aliment es treïés fora de la nevera i es poses en el dispositiu ràpidament.

L'equació que ens permet efectuar aquest càlcul es:

$$\dot{Q} \cdot t = m_{aliment} \cdot c_p \cdot \Delta T \quad [7.54]$$

On :  $\Delta T = 10 - 2 = 8 \text{ }^\circ\text{C}$

Les dades que necessitem pel càlcul les extreiem de les taules de les propietats de la llet, ja que l'aliment que ingereix el nadó té una textura i una composició majoritària de llet.

Producte	T (°C)	T (K)	k (W/m·K)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (J/kg·K)	$\mu$ (N·s/m <sup>2</sup> )
Llet	0	273,2	0,497	1032	3934	4,28·10 <sup>-3</sup>
	25	298,2	0,537	1028	3898	1,85·10 <sup>-3</sup>
	50	323,2	0,566	1018	3900	1,08·10 <sup>-3</sup>

**Taula 7.24** Taula amb les propietats termofísiques de la llet entre les temperatures de 0 a 50°C. Aquesta informació s'ha tret del següent llibre: Wilhelm, L.R; Suter, D.A; Brusewite, G.H.: "Food and Process Engineering Technology", ASAE, Michigan (2005).

Les equacions d'ajust per tal de confeccionar la taula anterior són:

$$\rho = 1032 - 0,04T - 0,0048T^2 \quad [7.55]$$

$\rho$  en  $kg/m^3$      $T$  ( $^{\circ}C$ )

$$\ln \mu = -9,2967 + \frac{344,092}{T (^{\circ}C) + 89,54} \quad [7.56]$$

$$1W \cdot t = 1030,72 \frac{kg}{m^3} \cdot 80 cm^3 \cdot \frac{1 dm^3}{10^3 cm^3} \cdot \frac{1 m^3}{10^3 dm^3} \cdot 3900 \frac{J}{Kg \cdot ^{\circ}C} \cdot 8^{\circ}C$$

$$1W \cdot t = 1030,72 \frac{kg}{m^3} \cdot 80 cm^3 \cdot \frac{1 dm^3}{10^3 cm^3} \cdot \frac{1 m^3}{10^3 dm^3} \cdot 3900 \frac{J}{Kg \cdot ^{\circ}C} \cdot 8^{\circ}C$$

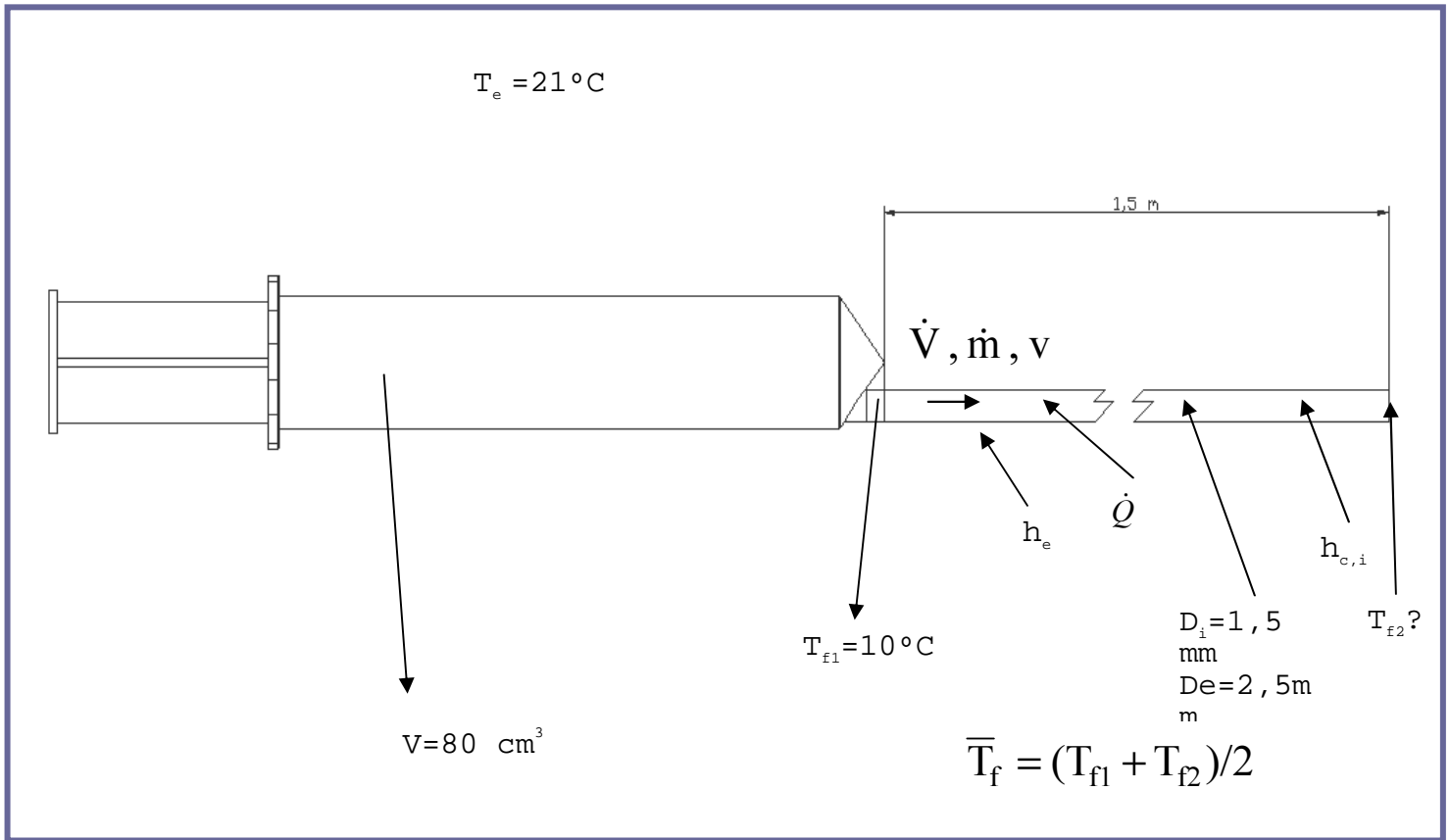
$$1 \frac{J}{s} \cdot t = 1030,72 \frac{kg}{m^3} \cdot 80 cm^3 \cdot \frac{1 dm^3}{10^3 cm^3} \cdot \frac{1 m^3}{10^3 dm^3} \cdot 3900 \frac{J}{Kg \cdot ^{\circ}C} \cdot 8^{\circ}C$$

$$t = 257,26 s \rightarrow \frac{257,26}{60} = 4,3 \text{ min}$$

El dispositiu arrencarà a funcionar en un temps estimat de 4 minuts, això si fos el cas en que l'aliment tal com surt de la nevera es posa amb el dispositiu a funcionar.

En els casos reals aquest temps d'espera sol ser menor, ja que després de treure l'aliment de la nevera aquest es deixa en repòs i s'acobla al dispositiu més tard.

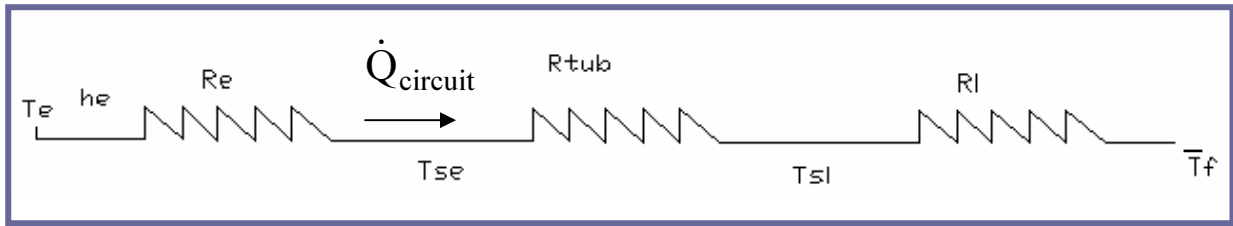
### 7.8.- Càlcul estimatiu de l'augment de temperatura de l'aliment en el flux pel tub fins a la sonda naso-gàstrica (Càlcul de $T_{f2}$ )



**Figura 7.8** Figura on es mostra l'esquema de la xeringa i del tub flexible de silicona i algunes variables que intervenen en els càlculs per trobar la temperatura de l'aliment al final del tub ( $T_{f2}$ ).

La realització d'aquest càlcul s'ha dut a terme amb l'ajut del software informàtic EES (Engineering Equation Solver), el qual ja s'ha utilitzat pel càlcul del radiador pel mètode de les resistències tèrmiques tant en el cas de convecció natural com de convecció forçada amb ventilador. El llistat del programa EES pel càlcul iteratiu d'aquest apartat per trobar la temperatura de sortida de l'aliment del tub flexible de silicona ( $T_{f2}$ ) es dona en l'Annex A.6.2

Entre la temperatura de l'aire exterior  $T_{\text{air}} = T_e = 21\text{ }^\circ\text{C}$  i la temperatura mitjana de l'aliment  $\bar{T}_f = (T_{f1} + T_{f2})/2$ , es realitza un circuit de resistències tèrmiques tal com s'indica en la Figura 7.9. A partir d'aquest esquema es calcula la resistència tèrmica total  $R_T$  i les temperatures mitjanes de la paret de tub en la part exterior ( $T_{se}$ ), la qual es requereix pel càlcul del coeficient de transmissió de calor superficial exterior ( $h_e = h_{c,e} + h_{r,e}$ ), i la temperatura mitjana de la paret del tub en la part interior ( $T_{si}$ ), requerida pel càlcul del coeficient de convecció interior ( $h_{c,i}$ ) de l'aliment en la seva circulació per l'interior del tub flexible de silicona



**Figura 7.9** Figura representativa del circuit de resistències tèrmiques a utilitzar en els càlculs.

A continuació es presenten algunes variables i paràmetres que interveuen en aquest càlcul:

- $V=80E-6 \text{ m}^3$  (Volum de l'aliment de l'interior de la xeringa)
- $t_{eatmin}=40 \text{ min.}$  (Temperatura estimada d'ingestió de l'aliment en minuts)
- $t_{eatsec}=60 \cdot t_{eatmin} \text{ s}$  (Temperatura estimada d'ingestió de l'aliment en segons)
- $T_{air}= T_e = 21^\circ\text{C}$  (Temperatura de l'aire)
- $T_{fI}=10^\circ\text{C}$  (Temperatura de l'aliment a la sortida de la xeringa i a l'entrada del tub)
- $D_i=0,0015 \text{ m}$  (Diàmetre interior del tub flexible de silicona)
- $D_e=0,0025 \text{ m}$  (Diàmetre exterior del tub de silicona)
- $k_{tub}=0,25 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  (Conductivitat tèrmica del tub flexible de silicona)
- $\epsilon_{tub}=0,94$  (Emissivitat del tub flexible de silicona)
- $L=1,5 \text{ m}$  (Longitud del tub. Longitud que ha de recórrer l'aliment des de la xeringa fins arribar a la sonda naso-gàstrica)

Amb efectes pràctics, des d'ara en endavant en aquest càlcul, les propietats termofísiques de l'aliment del nadó es prendran com les propietats termofísiques de la llet. En la taula 7.18 es donen les propietats termofísiques de la llet (conductivitat tèrmica, densitat, calor específica i viscositat dinàmica de la llet en funció de la temperatura.

En els càlculs fets en aquest apartat, es considera que la llet es comporta com un fluid Newtonià i que les parets interiors del tub flexible de silicona són "parets llises".

Producte	T (°C)	T (K)	k (W/m·K)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (J/kg·K)	$\mu$ (N·s/m <sup>2</sup> )
Llet	0	273,2	0,497	1032	3934	$4,28 \cdot 10^{-3}$
	25	298,2	0,537	1028	3898	$1,85 \cdot 10^{-3}$
	50	323,2	0,566	1018	3900	$1,08 \cdot 10^{-3}$

**Taula 7.25** Taula amb les propietats termofísiques de la llet entre les temperatures de 0 a 50°C. Aquesta informació s'ha tret del següent llibre: Wilhelm, L.R; Suter, D.A; Brusewite, G.H.: "Food and Process Engineering Technology", ASAE, Michigan (2005).

Atenent al circuit de resistències tèrmiques de la Figura 7.9 i aplicant la Llei d'Ohm podem escriure:

$$\dot{Q}_{circuit} = \frac{T_e - \bar{T}_f}{R_T} \quad (\text{W}) \quad [7.57]$$

On:  $R_T = R_i + R_{tub} + R_e \quad (\text{K/W})$

$$R_i = \frac{1}{h_{c,i} \cdot \pi \cdot D_i \cdot L}$$

$$R_{tub} = \frac{\ln\left(\frac{D_e}{D_i}\right)}{2 \cdot \pi \cdot k_{tub} \cdot L}$$

$$R_e = \frac{1}{h_e \cdot \pi \cdot D_e \cdot L}$$

La  $h_e$  que s'ha de calcular, es troba a partir de la següent equació:

$$h_e = h_{c,e} + h_{r,e}$$

on  $h_{c,e}$  és el coeficient de transmissió de calor per convecció en tubs horitzontals en convecció natural laminar en aire:

$$h_{c,e} = 1,317 \cdot \sqrt{\frac{T_e - T_{s2}}{D_e}} \quad (\text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$\left( \begin{array}{l} \text{Convecció Natural Laminar en aire: } 10^3 < Gr_{De} \cdot Pr < 10^9 \\ \text{on: } Gr_{De} = \frac{\beta \cdot g \cdot D_e^3 \cdot \rho^2 \cdot \Delta T}{\mu^2} \\ \text{i Pr és el nombre de Pr andtl de l'aire} \end{array} \right)$$

I el coeficient de transmissió de calor per radiació exterior ve donat per:



$$h_{r,e} = \varepsilon_{tub} \cdot \sigma \cdot (T_{se}^2 + T_e^2) \cdot (T_{se} + T_e) \quad (\text{W/m}^2 \cdot \text{K})$$

D'altra banda, pel càlcul del coeficient de transmissió de calor per convecció de l'aliment (considerat com si fós llet) en l'interior del tub,  $h_{c,i}$ , tenim:

- Càlcul del cabal volumètric de l'aliment:  $\dot{V} = \frac{V}{\text{teat sec}} \quad (\text{m}^3/\text{s})$

- Càlcul del cabal màssic de l'aliment:  $\dot{m} = \rho_{Llet a T_{f1}} \cdot \dot{V} \quad (\text{kg/s})$

- Càlcul de la velocitat de flux d'aliment per l'interior del tub,  $v$ :

$$v = \frac{4 \cdot \dot{m}}{\pi \cdot \rho_{Llet} \cdot D_i^2} \quad (\text{m/s})$$

- Càlcul del nombre de Reynolds del flux de l'aliment en l'interior del tub,  $Re_{Di}$ :

$$Re_{Di} = \frac{\rho_{Llet} \cdot v \cdot D_i}{\mu_{Llet}} \quad (\text{Adimensiona})$$

Degut a que el cabal màssic de l'aliment és molt petit, la velocitat de flux també ho és, i donat que el diàmetre interior del tub,  $D_i$ , també es petit, el nombre de Reynolds  $Re_{Di}$  és inferior a 2100, per tant estem en la zona de Flux Laminar. Per tant per seleccionar la correlació pel càlcul de  $Nu_{Di}$ , cal consultar la taula de correlacions de  $Nu_D$  donades en l'Annex A.5.

Per tant cal calcular el paràmetre:  $Gz = \frac{D_i}{L} \cdot Re_{Di} \cdot Pr_{Llet} \quad (\text{Adimensional})$

En el nostre cas:  $Gz < 10 \rightarrow$  Això implica que tenim **Flux Laminar en "Tub Llarg"**

La correlació per  $Nu_{Di}$  que cal escollir en aquest cas és la Correlació de Nusselt en Flux Laminar:

$$Nu_{Di} = \frac{h_{c,i} \cdot D_i}{k_{Llet}} = 3,66 \quad \rightarrow \quad h_{c,i} = 3,66 \cdot \frac{k_{Llet}}{D_i} \quad (\text{W/m}^2 \cdot \text{K})$$

En les equacions anteriors i les que segueixen, qualsevol propietat termofísica de l'aliment del nadó, es calcula com si es tractés de llet ( $k_{Llet}$ ,  $\rho_{Llet}$ ,  $\mu_{Llet}$  i  $C_{pLlet}$ ,  $Pr_{Llet}$ ), i a més s'avalua a la temperatura mitjana de l'aliment en el tub:  $\bar{T}_f = (T_{f1} + T_{f2})/2$ .

El conjunt d'equacions que permeten avaluar les propietats termofísiques de la llet a  $\bar{T}_f$  són:

$$\rho_{Llet} = 1032 - 0,04 \cdot \bar{T}_f - 0,0048 \cdot \bar{T}_f^2 \quad (\text{kg/m}^3)$$

$$\mu_{Llet} = \exp(-9,2967 + 344,09/(\bar{T}_f + 89,54)) \quad (\text{kg/m}\cdot\text{s}) \text{ ó } (\text{N}\cdot\text{s/m}^2)$$

$$k_{Llet} = 0,497 + 1,82 \cdot 10^{-3} \cdot \bar{T}_f - 8,8 \cdot 10^{-6} \cdot \bar{T}_f^2 \quad (\text{W/m}\cdot\text{K}) \text{ ó } (\text{W/m}\cdot^\circ\text{C})$$

$$C_{pLlet} = 3934 - 2,20 \cdot \bar{T}_f + 0,0304 \cdot \bar{T}_f^2 \quad (\text{J/kg}\cdot\text{K}) \text{ ó } (\text{J/kg}\cdot^\circ\text{C})$$

$$Pr_{Llet} = (\mu_{Llet} \cdot C_{pLlet}) / k_{Llet} \quad (\text{Adimensional})$$

La temperatura de sortida de l'aliment del tub,  $T_{f2}$ , es cerca a partir de la següent equació:

$$\frac{T_e - T_{f2}}{T_e - T_{f1}} = e^{-\frac{1}{\dot{m} \cdot C_p \cdot R_T}} \quad [7.58]$$

Si s'explicita  $T_{f2}$  de l'equació anterior tenim:

$$T_{f2} = T_e - (T_e - T_{f1}) \cdot e^{-\frac{1}{\dot{m} \cdot C_p \cdot R_T}}$$

La temperatura mitjana de la paret interior ( $T_{si}$ ) i exterior ( $T_{se}$ ) del tub, es cerquen a partir de les següents equacions deduïdes del circuit de resistències tèrmiques de la Figura 7.9:

$$T_{se} = T_e - \dot{Q}_{circuit} \cdot R_e$$

$$T_{si} = T_e - \dot{Q}_{circuit} \cdot (R_e + R_{tub})$$

Una vegada programades el conjunt d'equacions del model exposades anteriorment en l'entorn EES, el programa les resolte iterativament per a cercar  $T_{f2}$  (veure llistat del programa en l'Annex A.6.2). Una vegada es coneix  $T_{f2}$ , el flux de calor ( $\dot{Q}$ ) que absorbeix l'aliment procedent de l'aire exterior que es troba a  $T_e = T_{air} = 21^\circ\text{C}$  és:

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c_p \cdot (T_{f2} - T_{f1}) \quad (\text{W})$$

En forma alternativa, aquest flux de calor ( $\dot{Q}$ ) també ve donat per l'equació:

$$\dot{Q} = \frac{\Delta T_{lm}}{R_T} \quad (\text{W})$$

On:

$$\Delta T_{lm} = \frac{T_{f2} - T_{f1}}{\ln\left(\frac{T_e - T_{f1}}{T_e - T_{f2}}\right)} \quad (\text{K}) \text{ ó } (^\circ\text{C})$$

Amb els resultats obtinguts hem pogut extreure una sèrie de conclusions.

Am un temps de ingestió de l'aliment que oscil·li entre els 30 minuts i els 35 minuts la temperatura de l'aliment al final del tub esta entre uns 16,64 °C (per una ingestió de 30 minuts), i de 17,2 °C (per un temps de ingestió de 35 minuts).

Aquestes xifres són vàlides per la majoria de temps en que el nadó esta sent alimentat, ja que l'aliment no sobrepassa la barrera de temperatura en que els bacteris es tornen actius i comencen a reproduir-se.

Per un altre banda en els casos en que l'alimentació superi el temps de 40 minuts és preferible modificar le spropietats del dispositiu.

La modificació del dispositiu consistiria en un augment de la temperatura en que aquest estabilitza l'aliment que hi ha disyre de les xeringues, aquest augment seria de aproximadament de 2°C mantenint la temperatura de l'aliment en 8°C.

Amb tot i això el temps en que l'aliment es troba en la temperatura en que els bacteris poden reproduir-se no és gaire alt amb el que els bacteris no tenen la capacitat de reproduir-se ho suficient (en quantitat) com per fer mal al nadó i produir-li cap malaltia.



## **8.- EQUIPAMENTS I APARELLS UTILITZATS PER L'ELABORACIÓ DEL DISPOSITIU DISSENYAT.**



## **8.- EQUIPAMENTS I APARELLS UTILITZATS PER L'ELABORACIÓ DEL DISPOSITIU DISSENYAT.**

### **8.1- Equipaments i materials informàtics**

En l'elaboració del projecte ens trobem amb diferents equips que s'han utilitzat per tal de dur a terme l'estudi, disseny, assaigs i construcció dels diferents prototips i del disseny final.

Dintre de tots els material hi ha un grup important on s'ha dut a terme una gran feina tant de disseny com de construcció les eines utilitzades en aquesta tasca són d'equipament informàtic, aquestes les podem diferenciar en: Eines de Hardware i eines de Software.

#### **8.1.1.- Hardware**

##### 1. Els ordinadors

Dintre de l'empresa hem utilitzat per dissenyar i construir el dispositiu dos tipus ordinadors.

Un ha estat equipat amb les eines de disseny necessàries ( SolidWorks, Catia V5 R18, 3DXML). Amb aquest ordinador s'han dut les tasques de disseny i assaigs del dispositiu. L'ordinador es tracta d'un PC Toshiba amb una memòria ram de 3Gigabites i un disc dur de 120 Giges.



*Figura 8.1* Logotip d'un dels ordinadors utilitzats en l'elaboració del projecte.

L'elecció del Ordinador amb el que s'ha fet el disseny s'ha buscat un ordinador potent, capaç de poder moure gran quantitat de gràfics, essent portàtil ja que és necessari poder fer presentacions dels productes en lloc que possiblement, i en molts dels casos no eren en la oficina.

De la mateixa manera es necessitava un disc dur amb bona capacitat per la quantitat de programes necessaris i fitxers que s'inclourien dintre d'ell.

Es va escollir un ordinador amb una pantalla de 13,5" ja que encara tenir una pantalla panoràmica petita es pot connectar el ordinador a un projector, opcionalment, per tal de que el client visualitzi millor el producte que s'ha dissenyat.

L'altre és l'encarregat de dur a terme el software i el hardware de la màquina d'estelitografia. Es necessita un sol ordinador per aquest tipus d'impressores ja que aquest tipus de impressions utilitzen molts recursos del ordinador. L'ordinador que permet el funcionament de la impressora en 3D es tracta d'un IBM amb 4 Gigues de Ram y amb 100 Gigues de disc dur.



*Figura 8.2* Logotip de la marca corporativa de l'altre ordinador. És amb aquesta producte l'encarregat de controlar la impressora amb la que s'ha fet la impressió en 3D]

A continuació observem les fotografies dels do equips informàtics, PC, així com les seves característiques tècniques.



*Fotografia 8.1* Fotografia de la torre IBM utilitzada per la impressora i l'ordinador portàtil amb el que s'ha realitzat els diferents dissenys.

<b>Informació general del producte</b>	
La família Satellite Pro és una gamma de portàtils per empreses que ofereixen una introducció econòmica en el món de la tecnologia mòbil Toshiba.	
<b>Alimentació</b>	
Tecnologia de Bateria	DDR2 SDRAM - 667 MHz
Total Ranures de Expansió (Lliures)	2 ( 0 ) x memòria   1 ( 1 ) x ExpressCard
Interfícies	1 x pantalla / vídeo - VGA - HD D-Sub de 15 espigues (HD-15); 1 x mòdem - línia telefònica - RJ-11   1 x red - Ethernet 10Base-T/100Base-TX - RJ-45   1 x IEEE 1394 (Fire/Vire) - 4 pin Fire/Vire   1 x micròfon - entrada - miniteléfon 3.5 mm   1 x auriculars - sortida - mini-conexió telefònica estèreo 3,5 mm   3 x Hi-Speed USB - 4 PIN USB tipo A
<b>Vídeo</b>	
Memòria de Vídeo	Dynamic Video Memory Technology 4.0
<b>Visualitzador</b>	
Resolució Màxima	1280 x 800 (WXGA)
<b>Enmagatzemament</b>	
Tipus Controlador d' enmagatzemament	DVD±RW (±R DL) / DVD-RAM - integrat
Disc Dur	160 GB - Serial ATA-150 - 5400 rpm
Targetes de Memòria Flash Suportades	Targeta de memòria SD, Memory Stick, Memory Stick PRO, MultiMediaCard, xD-Picture Card, SDIO
<b>Memòria RAM</b>	
Funcions de Configuració	2 x 1 GB
Tecnologia	DDR2 SDRAM - 667 MHz
Grandària Instal·lada	2 GB / 4 GB (màx.)
<b>Processador</b>	
Característiques de Processador	Enhanced SpeedStep technology, Intel Virtualization Technology
Tipus Conjunt de Chips	Mobile Intel GM965 Express
Velocitat Bus de Dades	800 MHz
<b>Dimensions</b>	
Pes	1.8 kg
Amplada	31 cm
Profunditat	22.7 cm
Alçada	3.4 cm

**Taula 8.1** Taula amb les característiques de l'ordinador Toshiba Satellite Pro U300 amb el que s'han realitzat els diferents dissenys.



<b>Detalls Tècnics para: IBM Thinkcentre M50 8190</b>	
<b>Descripció del producte</b>	ThinkCentre M50 8190 - P4 3 GHz
<b>Tipus</b>	Ordinador personal
<b>Factor de forma</b>	Torre
<b>Dimensions Ample x Profunditat x Alçada)</b>	19.1 cm x 40.6 cm x 41.3 cm
<b>Pes</b>	10.2 kg
<b>Localització</b>	Àustria, Alemanya
<b>Processador</b>	1 x Intel Pentium 4 3 GHz
<b>Característiques principals del processador</b>	Hyper-Threading Technology
<b>Memòria caché</b>	1 MB L2
<b>Caché por processador</b>	1 MB
<b>Memòria RAM</b>	512 MB (instal·lades) / 4 GB (máx.) - DDR SDRAM - 333 MHz - PC2700
<b>Controlador d'enmagatzemament</b>	Serial ATA ( Serial ATA-150 ) ; IDE ( ATA-100 )
<b>Unitat de disquet</b>	Disquet de 3,5" de 1,44 MB
<b>Disc dur</b>	1 x 40 GB - estàndard - ATA-100
<b>Enmagatzemament òptic</b>	CD-ROM
<b>Monitor</b>	IBM 17"
<b>Controlador gràfic</b>	Intel Extreme Graphics 2 Dynamic Video Memory Technology 2.0
<b>Àudio sortida</b>	Targeta de só - estèreo
<b>Connexió de reds</b>	Adaptador de red - Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet
<b>Alimentació</b>	CA 120/230 V ( 50/60 Hz )
<b>OS proporcionat</b>	Microsoft Windows XP Professional
<b>Programa de venda del fabricant</b>	Global Models Plus
<b>Garantia del fabricant</b>	3 anys de garantia

*Taula 8.2* Taula amb les característiques del ordinador de sobretaula, torre, IBM, que comanda la impressora d'estelitografia.

Com es pot observar en les dues taules de les característiques dels dos ordinadors utilitzats en l'elaboració del treball es pot veure clarament com tots dos tenen característiques ben diferents, de la mateixa manera que tenen funcions i formes diferents.

L'ordinador que comanda la impressora d'estelitografia es tracta d'un ordinador de sobre taula, un torre comunament conegut. S'ha escollit aquest tipus d'ordinador per que comandi la impressora, ja que es necessita un ordinador força potent per tal de comandar aquest tipus d'impressores.

S'ha complimentat aquest tipus d'ordinador amb una pantalla de generoses dimensions, degut en gran part, a que a l'hora de programar la impressió de l'arxiu és necessari tenir una bona visualització de la peça a imprimir. Aquest ordinador se li ha augmentat la memòria ram en tot ho possible per tal que la impressora no tingui, o es minimitzin al màxim, errors d'escriptura.

En canvi e disc dur no es de una capacitat elevada, degut a que en aquest ordinador simplement hi ha el sistema operatiu Windows XP i el programa propi d'impressió de fitxers.

És així un aparell que complementa la pròpia impressora d'estelitografia.

L'altre ordinador és de tipus portàtil. Encara que els ordinadors portàtils tinguin una mancança en quant de potència de processador i de gràfics, s' ha escollit un ordinador amb una potent CPU, així com una bona resolució gràfica, per tal de moure els gràfics que es van creant en el disseny de les diferents peces.

L'elecció de un ordinador portàtil ha estat ben clara ja que les necessitats de disseny es necessitava un ordinador que es pogués moure amb facilitat, degut en gran part en que es necessitava anar a les diferents empreses en les que es treballa per tal de que els diferents clients poguessin visualitzar d'una forma ràpida els productes, d'una forma virtual esclar.

Aquest ordinador portàtil se li ha augmentat en gran mesura la seva memòria ram fins a les 4 gigues i s'ha escollit un disc dur de gran capacitat, de 150 gigues.

## 2. La impressora d'estelitografia

Una altre eina que ens ha ajudat molt a l'hora d'obtenir el disseny, i amb la qual s'ha aconseguit escurçar molt els temps de la creació física dels diferents dissenys ha estat la impressora d'estelitografia. En concret s'ha treballat amb una impressora d'estelitografia de la empresa ZCorp, afincada als Estats Units.

Aquests tipus d'impressores permeten passar de un disseny virtual el qual es troba dintre de un ordinador en forma de fitxer a una peça sòlida. Aquesta peça sòlida té les mateixes dimensions i les mateixes formes que la que ha estat dissenyada amb el programa informàtic.

A continuació farem un breu resum sobre aquest tipus de nova tecnologia que esta començant a ser utilitzada en la indústria.

El principi de funcionament d'aquest tipus de màquines és molt senzill i el descriurem tot seguit a continuació, fent una molt breu descripció com a resum de les diferents fases en que es veu sotmesa aquest tipus d'impressores.

Principi de funcionament :

1. El programa ZPrint és l'eina que processa el fitxer per enviar la informació des del PC de l'usuari a la Impressora 3D.

El ZPrint col·locarà les peces en la cubeta de construcció per a maximitzar la velocitat, el criteri més important per a la majoria dels usuaris, juntament amb la economitzaació de consumibles.

2 .- La impressora reparteix una capa de pols des del pistó de material, fins a cobrir completament la superfície del pistó de construcció.

3 .- La impressora imprimeix una solució de binder sobre la pols, formant la primera secció del prototip. La pols absorbeix el binder i queda solidificat micro punt a micro punt, capa per capa,

donant consistència a la capa del prototip. La pols restant, s'utilitza com a suport per la següent capa d'impressió.

4 .- Quan la secció està totalment impresa, el pistó de construcció descendeix lleument (depenent del gruix de capa), i una nova capa de pols és escampada sobre la superfície de construcció. Aquest procés es repeteix fins a la construcció total del model.

5. El pistó de construcció retorna a la seva posició inicial i la pols de suport es retira mitjançant una aspiradora, mostrant el model finalitzat.

Degut a que les capes de pols suporten les estructures que estan sent impreses per sobre, les impressores 3D de ZCorp imprimeixen peces sense estructures de suport de cap tipus i no requereix la costosa tasca de retirar, com passa amb altres sistemes d'impressió 3D.

6. Després d'imprimir la peça es treu del llit de pols i es desempolsa. La peça es pot infiltrar llavors amb cera, o amb altres resines per incrementar la seva resistència i durabilitat.

Cal fer una petita menció a que la gran majoria d'impressores de estelitografia tenen unes mesures i formes semblants.



**Fotografia 8.2** Fotografia de una impressora d'estelitografia versemblant a l'utilitzada en la realització del projecte.












**Fotografia 8.3** Fotografia de la màquina d'estelitografia amb la comporta oberta. Podem observar com a l'interior es poden veure el rodet d'estelitografiar i els dos dipòsits quadrats on s'emmagatzema el conglomerat d'estelitografiar. A la part exterior a l'inferior de l'aparell hi ha un dipòsit amb un líquid conglomerant.

Un cop coneixem el principi mecànic de funcionament de la impressora d'estelitografia farem una primera diferenciació en aquest tipus d'impressores.

Tot seguit observem un quadre amb les principals empreses productores i comercialitzadores d'aquest tipus de dispositius.

Cal remarcar que les principals empreses productores d'impressores en 3D són ben poques ja que és un mercat prou nou com per que la indústria estigui plenament ficada en aquest sector, encara que avui dia els costos de producció i de venda han baixat considerablement.

Empreses Comercialitzades/ Productores de Impressores d'estelitografia		Empreses Comercialitzades/ Productores de Impressores d'estelitografia			
Norm de l'empresa a	Logotip empresa	Situació	Comentaris	Impressora demostrativa	Fotografia impressió peça
iPro SLA Center		E.E.U.U	<p>Empres a Americana especializada en fabricació i comercialització d'impressores d'estelitografia</p> <p>Impressores amb reproducció en plàstic impressores d'elevada grandària amb capacitat de impressió de peces d'elevada grandària i de molta definició</p>		
Hebeltd		E.E.U.U	<p>Empres a Americana especializada en fabricació i comercialització d'impressores d'estelitografia</p> <p>Produeixen tant impressores de reproducció en polímer com de aglomerant de guix.</p> <p>Les grandàries de les impressores és reduït, no sent petites en tot cas</p>		
Dimension 3D Printers		E.E.U.U	<p>Empres a Americana especializada en fabricació i comercialització d'impressores d'estelitografia</p> <p>Especializada en la fabricació de impressores de conglomerat de guix.</p> <p>Molta varietat en els tipus d'impressores</p>		

*Taula 8.3 Taula de les principals empreses productores/comercialitzadores de Impressores d'estelitografia. Podem observar com hi ha una majoria que es decanta per la impressió en conglomerat de guix en vers a les impressions de plàstic.*

Podem fer una primera diferenciació en aquest tipus d'impressores en quant al material que utilitzen a l'hora de fer la creació sòlida.

Aquest material pot ser un material provinent de un *polímer semblant al guix*, el qual s'ha de tractar químicament, i l'altre és un *polímer provinent del plàstic*.

A continuació explicarem els tipus d'aglomerants utilitzats en les impressores d'estelitografia.

### 1.- Aglomerant

Les impressores 3D utilitzen diferents tipus de "tinta" segons el tipus de compost que vagin a utilitzar. D'aquesta manera, hi ha aglomerants amb diferents noms comercials (zb59, zb58, zb56 ,...) que tenen una barreja adequada per treballar amb els diferents tipus de compost. No obstant això, la característica principal que distingeix aquestes tintes és el color.

Diferents tintes o aglomerants de color:

*1.1.- Aglomerant monocrom.* Aglomerant transparent que s'utilitza amb la ZPrinter 310 Plus. Permet obtenir peces d'un sol color (blanc guix). Hi ha variacions que permeten obtenir peces d'un altre color, però sempre un color únic: Gris, Cian, Magenta o Groc.

*1.2.- Aglomerant en color* (Cian, Magenta, Groc i Transparent). És el conjunt de aglomerants que utilitza la Spectrum Z510 per produir peces a tot color. Les tintes es barregen com si d'una impressora de raig de tinta a color es tractés per obtenir un ampli espectre de colors.

La nova ZPrinter 450 utilitza un *aglomerant transparent* (zb59) que es barreja amb tinta procedent d'un capçal d'impressora domèstica per produir les peces en color. La ZPrinter 450 utilitza capçals convencionals d'una impressora HP domèstica.

Els diferents tipus de materials aglomerants, amb els que es construeix la peça física són:

### 2.- Composite

La "pols" que utilitza la impressora 3D com a suport d'impressió pot tenir diferents propietats per a utilitzar-se en processos diferents. La tecnologia d'impressió 3D pot utilitzar-se per fer models en color de manera directa, es pot utilitzar per fabricar motlles o motlles inversos, es poden fer peces elàstiques (a base d'elastòmer) i peces capaços d'encaixar unes amb les altres d'Alta Definició.

És el composite estàndard per parts resistents i d'alta definició.

És el material preferit per imprimir tant per imprimir a color guix com a tot color i per a maximitzar l'acabat de superfície, la resolució i la resistència de la peça.

2.1.- *Composite de Escaiola ZP130-131*: Material multifunció. És el material més utilitzat per a la presentació de models.

2.2.- *Composite de Escaiola ZP140*: Similar al 131, amb la característica que es pot infiltrar simplement amb aigua de l'aixeta. És extra blanc, la qual cosa produeix peces monocrom en blanc nuclear, i realça els colors en les peces a color.

2.3.- *Composite de Cel·lulosa ZP14*: Aquest material, compost bàsicament per cel·lulosa, està especialment dissenyat, per a peces que posteriorment seran utilitzades com a patró de sacrifici de microfusió.

2.4.- *Composite de Cel·lulosa ZP15e*: Aquest material, compost també per cel·lulosa, està dissenyat per a realitzar models flexibles.

2.5.- *Composite de Sorra-Ceràmica Zcast 501*: Aquest material, està especialment formulat per a imprimir directament a la impressora 3D, motlles per a la fosa de metalls no ferrosos.

La resistència de les peces impreses es pot incrementar infiltracions amb epoxis, cianocrilat, cera, elastòmers (per obtenir peces flexibles-ZP15e), o aigua (zp 140 monocrom). També poden polir-se, pintar, envernissar, etc.

L'aspecte final amb aquest tipus de "tinta" és tal que es mostra en les fotografies a continuació.



**Fotografia 8.4** Fotografia de l'aspecte final de impressions en 3D amb conglomerat de guix. Observem que els àmbits de les impressions son molt diversos, desde representacions arquitectòniques, passant per joguines endinsant-se en la medicina.

Altres materials utilitzats en les impressores d'estelitografiar:

L'altre tipus de material per tal de fer les impressions en 3D són els materials de polímers, existeixen 3 tipus diferents, depenent de la duresa, transparència del material. Cal destacar que la impressió amb aquest tipus de material és molt més costosa, tant pel tipus de material com per el temps en realitzar la impressió.

Els quatre tipus de material utilitzats són, amb ajuda d'informació de l'empresa comercialitzadora d'aquest material (FullCure Materials):

*a) General Purpose:*

En el catàleg de l'empresa "FullCure Materials" conegut com FullCure720.

Es tracta d'un material translúcid, amb força rigidesa, al qual se li pot afegir tints per tal de donar color a la peça impresa.



*Fotografia 8.5* Fotografia d'una peça impresa amb material FullCure720.  
*Observem la seva translucitat i el seu color groguenc.*

*b) Durus*

Material opac, amb certa flexibilitat, poca duresa, és apte per impressions de peces que han de estar unides amb cert moviment. Conegut com DurusWhite - FullCure430 de la mateixa empresa que ha facilitat les dades d'aquests materials d'impressió.





**Fotografia 8.6** Fotografia de impressió amb material DurusWhite - FullCure430. Observem la seva menor translucitat, així com l'espessor amb la que s'ha realitzat la impressió. Es pot veure com es tracta de un ensamblatge de dues peces format entre elles una bisagra. [1]

c) Vero

Material totalment opac, utilitzat molt en representacions de parts mèdiques als hospitals. Peces de gran duresa, i que es poden dissenyar amb formes força complicades.

També és utilitzat a la indústria de l'electrònica, electricitat, etc...

La denominació d'aquest producte depèn del tipus de tint que duen incorporats, els seus noms en el catàleg de l'empresa FullCure Materials són: VeroWhite - FullCure830, VeroBlue - FullCure840, VeroGray - FullCure850, VeroBlack - FullCure870.



(a)

(b)

(c)

(d)

**Fotografia 8.7** Fotografia de les diferents impressions del material Vero. (a) VeroWhite - FullCure830, (b) VeroBlue - FullCure840, (c) VeroGray - FullCure850, (d) VeroBlack - FullCure870. [1]

d) *Tango*

Material molt flexible. Apte per la construcció de gomes per a llantes de dispositius, soles de sabates, etc.. La seva gama es diferencia també segons el tint amb el que venen incorporats. Les seves denominacions són: TangoPlus - FullCure930 / TangoBlackPlus - FullCure980, TangoGray - FullCure950, TangoBlack - FullCure970.



(a)

(b)

(c)

**Fotografia 8.8** Fotografia de diferents impressions realitzades amb material Tango. (a) *TangoPlus - FullCure930 / TangoBlackPlus - FullCure980*, (b) *TangoGray - FullCure950*, (c) *TangoBlack - FullCure970*. [1]

Cal fer un encís en aquest tipus de material plàstic.

Encara tractar-se d'un material més car que el conglomerat de guix i sent la seva impressió molt més lenta, aquest tipus de material permet tenir en model tridimensional acabat, com si es tractés d'un material de plàstic de producció finalitzat.

El tipus de materials aglutinant utilitzat a la impressora amb la que s'han realitzat els diferents dissenys ha estat el Composite de Escaiola ZP130-131. Ja que presentava els requeriments necessaris per les nostres necessitats, a més de tenir un preu prou baix com per poder fer varies còpies de diferents dissenys.

El Composite Escaiola en pols referència zp130-131. Es presenta en pots de 10 kg. que equivalen a 8.200 cm<sup>3</sup> de material. Per omplir la cubeta al màxim serien necessaris dos pots d'aquest producte.

S'estima que omplint la cubeta de material completament, hauria prou per construir 130 peces d'uns 125 cm<sup>3</sup> cadascuna. Cal destacar que la quantitat de pols emprat en diferents peces, tenint les mateixes dimensions cúbiques, pot variar degut a diferents factors que influeixin sobre la configuració física de la peça.

Al tractar-se d'un material prou fràgil aquest, s'ha de tractar químicament per tal de que aquest adquireixi certa duresa. Els materials químic que ajuden a adquirir la duresa són:

Aglutinant zb59/zb60. Ambdós tipus de solucions són transparents i són emprades per a solidificar els objectes a fabricar amb el material zp130-131.

Infiltrant ZBond 101. Material líquid emprat per a la infiltració de peces amb la intenció de donar-los més resistència i duresa.

Z-Max™ (epoxy). Infiltrant que dota a les peces de gran resistència i durabilitat. La presentació és acceptable però a més s'obté la màxima resistència.

Z-Snap™ (epoxy). Infiltrant especial per utilitzar amb composite "Snap-fit", que permet obtenir peces flexibles que després encaixin entre elles.

TP-500 (solució per a maquetes). Infiltrant especial per a prototips que vagin a utilitzar per a presentacions. Obté una resistència limitada però un acabat excepcional i la màxima fidelitat de colors pel que fa a l'arxiu digital.

EL tipus d'impressora ha estat escollida del tipus de composite de Escaiola ZP130-131, degut al seu baix cost i a la rapidesa en que es realitzen les còpies, a diferència de les altres impressores que treballen amb polímers de plàstic, essent aquestes d'un cost molt més elevat i de una velocitat de impressió molt més elevat.

A continuació podem veure una figura demostrativa de les diferents velocitats de impressió. Cal destacar la alta velocitat d'impressió de la impressora ZCorp. És important fer un breu incís en els altres tipus d'impressores, imprimeixen amb composite de plàstic. Aquest tipus d'impressores són molt més lentes degut al tipus de material amb el que imprimeixen, el resultat és una peça acabada en plàstic.



**Figura 8.3** Figura representativa de el temps de impressió d'una peça determinada ambdues impressores d'estelitografia diferents.

A continuació observem les característiques de les diferents impressores d'estelitografiar existents de l'empresa ZCorp. La utilitzada per la realització dels diferents prototipus ha estat el model ZPrinter 450.

CARACTERÍSTICA	IMPRESORA		
	ZPrinter 310 Plus	ZPrinter 450	ZPrinter 650
APLICACIÓN	Más asequible, piezas de gran calidad	A color más asequible, fácil de usar, para oficina	Color de mayor calidad, fácil de usar mayor tamaño de impresión, para oficina
MULTICOLOR		Sí	Sí
AUTOMÁTICA		Sí	Sí
VELOCIDAD DE IMPRESIÓN	2 a 4 capas por minuto	2 a 4 capas por minuto	2 a 4 capas por minuto
TAMAÑO DE IMPRESIÓN	8 x 10 x 8 pulgadas (203 x 254 x 203 mm)	8 x 10 x 8 pulgadas (203 x 254 x 203 mm)	10 x 15 x 8 pulgadas (254 x 381 x 203 mm)
OPCIONES DE MATERIAL	Material sólido de alto rendimiento, fundición de primera fusión, elastomérica, microfusión	Material sólido de alto rendimiento	Material sólido de alto rendimiento
GROSOR DE CAPA	0,0035 a 0,008 pulgadas (0,089 a 0,203 mm)	0,0035 a 0,004 pulgadas (0,089 a 0,102 mm)	0,0035 a 0,004 pulgadas (0,089 a 0,102 mm)
RESOLUCIÓN	300 x 450 ppp	300 x 450 ppp	600 x 540 ppp
NÚMERO DE CABEZALES DE IMPRESIÓN	1	2	5
NÚMERO DE INYECTORES	304	604	1520
FORMATOS DE ARCHIVO PARA IMPRESIÓN	STL, VRML, PLY, 3DS, ZPR	STL, VRML, PLY, 3DS, ZPR	STL, VRML, PLY, 3DS, ZPR
EQUIPO DIMENSIONES	29 x 34 x 43 pulgadas (74 x 86 x 109 cm)	48 x 31 x 55 pulgadas (122 x 79 x 140 cm)	74 x 29 x 57 pulgadas (188 x 74 x 145 cm)
PESO DEL EQUIPO	115 kg (255 lb)	193 kg (425 lb)	340 kg (750 lb)
REQUISITOS DE ALIMENTACIÓN	115 V, 4,3 A o 230 V, 2,4 A	110 V; 14,4 A o 115 V; 14,0 A o 230 V; 6,2 A	100-240 V, 50-60 Hz 15-7,5 A
CONEXIÓN EN RED	TCP/IP 100/10 base T	TCP/IP 100/10 base T	TCP/IP 100/10 base T
COMPATIBILIDAD DE LA ESTACIÓN DE TRABAJO	Windows® XP Professional y Windows Vista® Business/Ultimate	Windows® XP Professional y Windows Vista® Business/Ultimate	Windows® XP Professional y Windows Vista® Business/Ultimate
CUMPLIMIENTO DE NORMAS	CE, CSA	CE, CSA	CE, CSA
REQUISITOS DE INSTALACIONES ESPECIALES	Ninguno	Ninguno	Ninguno

**Taula 8.4** Taula amb les característiques de les diferents impressores de l'empresa ZCorp.

Cal esmentar que per l'elaboració dels diferents prototipus s'ha utilitzat una impressora de tipus de conglomerat de guix.

S'ha escollit aquest tipus d'impressora i no l'altre, el de impressió de polímers de plàstic, ja que amb aquest tipus de impressora les impressions son molt més curtes de temps de fer a diferencia a les de polímer de plàstic que requereixen més temps.

La diferencia entre el preu de la "tinta" és molt elevat.

Cal fer referència aquest tipus de impressora que va acompanyada d'una cambra amb la mateixa grandària que té l'impressora per tal de netejar de la pols conglomerat la peça una vegada impresa, per tenir posteriorment una infiltració amb el conglomerat correcta i d'aquesta manera podem donar una presentació més que correcta a la peça impresa.



**Fotografia 8.9** Impressora d'estelitografia amb mòdul de neteja de la pols incorporat.



**Fotografia 8.10** Operari duent a terme l'operació d'una peça acabada d'imprimir en 3D.

La posterior infiltració després de la impressió és gairebé obligatòria ja que la infiltració li dona a la peça impresa una gran rigidesa, en el cas contrari sense la infiltració la peça impresa es torna molt fràgil.

### 8.1.2.- Software

El software empleat per l'elaboració dels diferents dissenys han estat SolidWorks 2007 i Catia V5 R18. Amb tots dos s'ha pres de forma activa per els diferents dissenys i per l'elaboració del prototipus final.



**Figura 8.4** Logotip de SolidWorks. Dessault Systemes. *El Logotip del software desenvolupat per l'empresa Dessault Systemes. [1]*

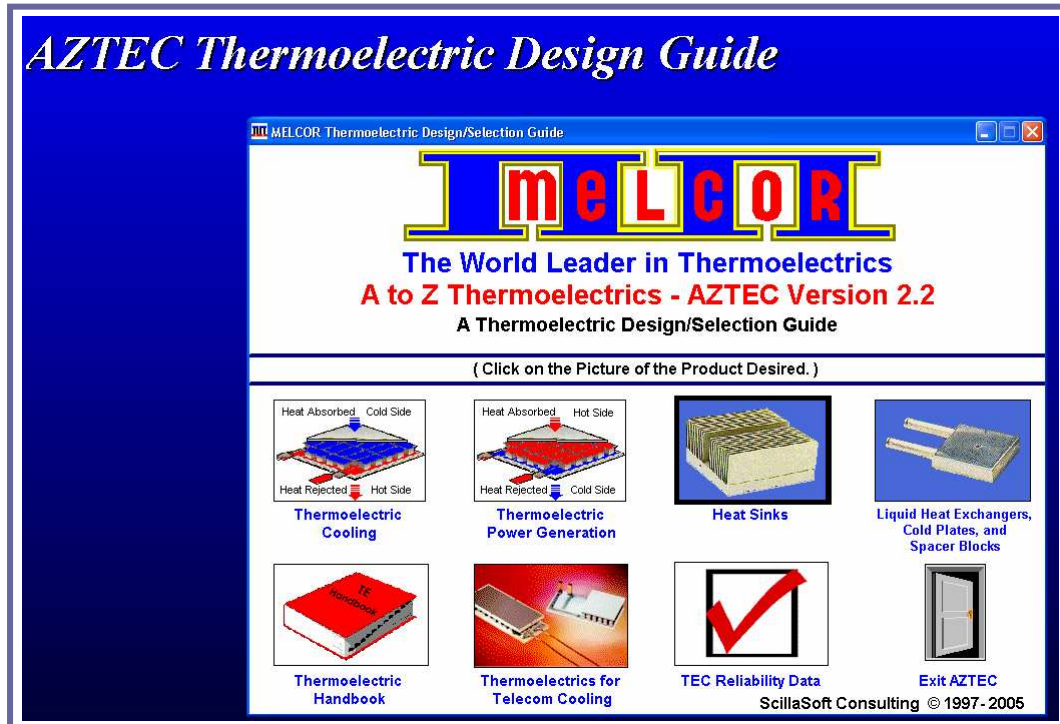


**Figura 8.5** Logotip de Catia. Dessault Systemes *El Logotip de el software desenvolupat per l'empresa Dessault Systemes. [1]*

PFC: Disseny i càlcul d'un dispositiu per regular la temperatura de les xeringues de l'aliment de nadons d'incubadora utilitzant Cel·les Peltier.

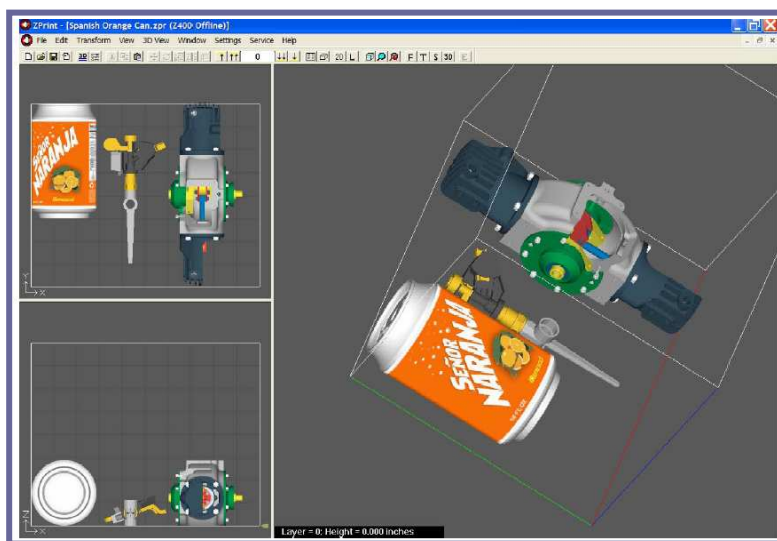
Ha estat amb el programa Catia V5 R18 amb el que s'han fet els diferents assaigs per elements finits per tal de saber si els materials utilitzats eren els necessaris per un bon funcionament del dispositiu.

S'ha utilitzat per el càlcul de la Peltier un programa propi anomenat AZTEC Thermoelectric Design de la empresa Melcor.



*Figura 8.6* Pantalla principal del programa AZTEC. És amb aquest programa amb el que s'ha calculat el tipus de Cel·la Peltier a utilitzar. Observem en aquesta figura els diferents mòduls que presenta el programa de les Cel·les Peltier.

El programa per fer la impressió en 3D és el propi de la mateixa màquina. S'anomena ZPrint Software



*Figura 8.7* Figura extreta d'una captura de pantalla del software d'impressió de còpies. Podem observar l'entorn i com es col·loquen virtualment les peces en la cubeta per més tard es faci la impressió.

## 8.2.- Equip elèctric.

L'equip elèctric amb el que s'ha treballat ha estat un amperímetre de la casa PROMAX amb el qual hem pogut ajustar la intensitat de corrent cap als diferents components del dispositiu.



*Fotografia 8.11* Fotografia del amperímetre de la empresa PROMAX. Ha estat aquest l'amperímetre utilitzat en l'execució de les diferents proves de revisions verificacions, en el projecte



S'han utilitzat connectors per tal de transmetre la programació des del PC fins al circuit imprès. Aquest tipus de pinces es poden aconseguir en qualsevol ferreteria, ja que simplement són una eina per tal de transmetre la informació, la única cosa important és que hi hagi un bon contacte físic entre els metalls entre si.

Un altre element molt utilitzat en l'ensamblatge dels components elèctrics ha estat el soldador elèctric que tot seguit es pot apreciar en la següent fotografia. Amb aquest dispositiu elèctric hem pogut muntar els components tals com la Cel·la Peltier, circuit imprès, etc...



**Fotografia 8.12** Fotografia del soldador utilitzat en el projecte. *Observem com aquest soldador no treballa continuadament sinó que solament calenta quant es pitja un botó amb el que es minimitza el consum elèctric.*

### 8.3.- Equip de taller

Al l'equip de taller trobem líquid de cianocrilat, soldador, estany, tornavis, banc de treball.

El soldador s'ha fet servir per tal de fer una bona connexió elèctrica amb l'estany.

El banc de treball s'ha utilitzat tant per fer les soldadures, com per fer els diferents muntatges i desmuntatges, les infiltracions, i totes les operacions necessàries per la conformació del prototipus.

El cianocrilat s'ha utilitzat per fer les infiltracions d'aquest líquid a les peces extretes de la impressora en 3D. Fent aquestes infiltracions s'aconsegueix donar a la peça acabada d'imprimir donar una duresa molt semblant a la del plàstic, el que ajuda molt a l'hora de presentar al client els diferents prototipus impresos.




*Figura 8.8* Logotip d'una empresa coneguda mundialment fabricant de cianocrilat, Loctite. El producte utilitzat per fer infiltracions després de la impressió, cianocrilat.

### 8.4.- Equipament de laboratori

Dintre de l'equipament de laboratori trobem un termòmetre digital, amb el que s'han pogut comptabilitzar les diferents dades obtingudes amb aquest aparell per tal de poder donar un bon calibratge a l'aparell en construcció.

S'ha comptat amb un banc d'assaigs per tal de mesurar les diferents temperatures, fer assaigs de fatiga, comprovar el temps màxim de funcionament estat la xeringa plena i estant buida, etc...



## **9. PREVENCIÓ DE FALLIDES EN LA UTILITZACIÓ DEL DISPOSITIU DISSENYAT**



## **9. PREVENCIÓ DE FALLIDES EN LA UTILITZACIÓ DEL DISPOSITIU DISSENYAT.**

A continuació s'esmentaran les possibles falles detectades pel sistema d'alimentació per a nadons, eximint de responsabilitat la resta que no estiguin estretament lligades al funcionament del dispositiu.

### **9.1.- Detecció de possibles falles del nostre sistema**

El dispositiu disposa de diferents sistemes elèctrics i físics per tal de preveure falles en el dispositiu.

#### **9.1.1.- Dispositiu de detecció de falles del nostre dispositiu**

El dispositiu disposa de diferents dispositius per tal d'evitar falles en el sistema. Dintre d'aquests dispositius trobem termòstats, en el sòcol i en el radiador que informen d'una manera precisa la temperatura que hi ha a la Cel·la Peltier. Amb això aconseguim minimitzar el risc de cremar aquest element del conjunt.

Un altre dispositiu és el que disposa el transformador, el qual té incorporat un sistema contra pujades de corrent, el que podria desembocar en un curt circuit seguit de el possible cremat del circuit elèctric del sistema.

Per finalitzar el dispositiu disposa de un circuit elèctric programat per tal que en observar temperatures elevades el sistema es desconnecti, ens referim als sistema Peltier, i fent pujar la velocitat del ventilador per tal de refrigerar ho més ràpidament possible el sistema.

### **9.2.- Fallides de les que s'eximeix el nostre projecte. Possibles fallides de les que el nostre projecte no pot controlar**

Les falles de les que s'eximeix al nostre dispositiu són les possibles incorrectes manipulacions del dispositiu sense tenir els coneixements necessaris pel seu manipulament.

També s'eximeix de falles del dispositiu a les falles provocades pel dispositiu al qual s'adapta el nostre dispositiu.

De la mateixa forma que falles que puguin provocar combustió que provoquin que el nostre equip entri en un mal funcionament provocant possibles curts-circuits no previstos anteriorment, així com pujades excessives tant del radiador com del sòcol no controlables pel nostre dispositiu.

S'han escollit minuciosament les falles de les que ens eximim en el projecte per tal d'eximir-nos de responsabilitats en cas d'accident per alguna negligència produïda per un infermer o per un altre causa externa al nostre aparell. I poder determinar fins on arriben les nostres mesures de seguretat aplicades al sistema.



## **10.- ASPECTES MEDIAMBIENTALS**

---





## **10.- ASPECTES MEDIAMBIENTALS**

El dispositiu dissenyat ha estat estudiat per tal de ser ho més respectuós amb el medi ambient, escollint els materials per tal que el seu reciclatge sigui ho menys perjudicial pel medi ambient.

### **10.1.- Materials escollits: Justificació de la seva elecció tenint en compte criteris mediambientals**

Els materials amb els quals s'ha construït el dispositiu són adaptats per tal del seu bon reciclatge.

Els materials utilitzats són alumini, plàstic lliure d'halògens, coure (cableatge elèctric) i ferro.

Tots aquests materials es poden fàcilment reciclar, ja que disposen de sistemes pel seu bon reciclatge i tornada a la seva vida útil.

### **10.2.- Energia utilitzada pel funcionament del dispositiu dissenyat**

El tipus d'energia que és necessària pel funcionament és únicament energia elèctrica.

Com ja hem vist anteriorment és gràcies a l'electricitat i a l'efecte de les Cel·les Peltier que s'aconsegueix transformar l'energia elèctrica en fred o en escalfor (com és el nostre cas).

Ens trobem clarament amb un dispositiu que produeix zero emissions a l'atmosfera amb un tipus d'energia neta.

El consum energètic (electricitat) és molt baix amb el que el gast elèctric en el lloc on s'ha de fer funcionar aquest dispositiu és gairebé insignificant.

### **10.3.- Reciclatge dels materials una vegada acabada la vida útil del producte**

L'elecció del tipus de materials amb els que està compost el dispositiu ha estat estudiada per tal que siguin ho menys nocius pel medi ambient, intentant de trobar en tots els casos materials que siguin totalment reciclables, per tal que tinguin el menor xoc contaminant envers el medi ambient.

Els materials dels que hem disposat per la creació dels diferents components són diversos. Aquest materials són tals com plàstic (hipoal·lèrgic i lliure d'halògens) alumini, cableatge elèctric i els materials que componen peces tals com el ventilador, la Cel·la Peltier, i divers material elèctric i electrònic.

### 10.3.1.- Codis CER dels residus generats

Un cop acabada la vida útil del producte ja sigui per que hi ha una nova versió del producte al mercat o per una avaria irreparable, el dispositiu es fàcilment desensamblat.

Tots els seus components tenen llocs respectius a dur pel seu correcte reciclatge.

Els components que es reciclaran seran la immensa majoria. Estem parlant del Sòcol, Radiador, ventilador, termòstats, cargols, cables elèctrics...

Per saber com s'ha de dur a terme el reciclatge ens fixarem en el nou Catàleg europeu de residus.

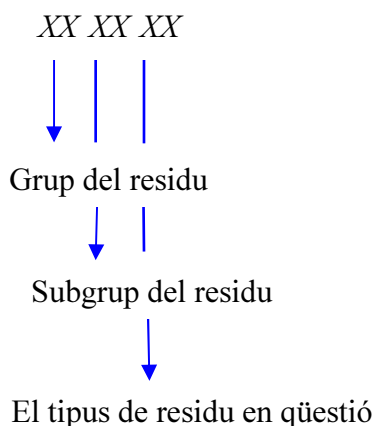
Aquest catàleg el conformen quatre decisions de la Comissió de les Comunitats Europees:

- La Decisió de la Comissió 2000/532/CE, de 3 de maig, el qual estableix un llistat de residus de conformitat amb la Directiva 75/442/CEE.
- La Decisió de la Comissió 2001/118/CE, de 16 de gener, on es modifica l'art. 2 i s'instrumenta un nou annex.
- La Decisió de la Comissió 2001/119/CE, de 22 de gener, on es classifiquen els vehicles fora d'ús com a residu perillós.
- La Decisió de la Comissió 2001/573/CE, de 23 de juliol, on es modifica la classificació d'alguns residus.

Ajudats amb el nou Catàleg europeu de residus, i mitjançant un sistema de llista única establirem quins residus han de ser considerats perillosos (especials).

Però primerament s'ha d'entendre el catàleg i la seva codificació.

En el Catàleg europeu de residus, els residus adopten una codificació de sis xifres (les dues primeres identifiquen el grup de residus, les dues següents el subgrup, i les dues últimes xifres el residu en qüestió). El format de la codificació és igual que en el Catàleg de residus de Catalunya, tot i que ambdós codis no tenen per què ser coincidents.



Els productors, transportistes i gestors de residus hauran d'utilitzar el nou Catàleg europeu de residus en totes aquelles tramitacions on s'utilitza la codificació i classificació dels residus (fitxes d'acceptació, fulls de seguiment, declaració de residus...).

#### NORMES PER A LA CORRECTA CODIFICACIÓ SEGONS EL CATÀLEG EUROPEU DE RESIDUS1

Els diferents tipus de residus de la llista es classifiquen mitjançant codis de sis xifres per als residus i mitjançant codis de quatre i dues xifres per als subcapítols i capítols respectivament. Per localitzar un residu a la llista s'ha d'actuar de la manera següent:

1. Cal localitzar la font que genera el residu en els capítols 01-12 o 17-20 i buscar el codi apropiat de sis xifres per al residu (exclusos els codis acabats en 99 d'aquests capítols)

Cal destacar que algunes unitats de producció específiques poden necessitar diversos capítols per classificar les seves activitats. Per exemple, un fabricant d'automòbils pot trobar els seus residus en el capítol 12 (residus de l'emmotllament i del tractament de superfície de metalls i plàstics), en el capítol 11 (residus inorgànics que contenen metalls procedents del tractament i del recobriments de metalls) i en el capítol 08 (residus de la utilització de revestiments), depenent de les diverses fases del procés de fabricació.

2. Si no es troba cap codi de residu apropiat en els capítols 01-12 o 17-20, s'han de consultar els capítols 13, 14 i 15 per localitzar el residu.

3. Si el residu no es troba en cap d'aquests codis, cal dirigir-se al capítol 16.

4. Si tampoc no es troba en el capítol 16, s'ha d'utilitzar el codi 99 (residus no especificats en una altra categoria) de la part de la llista que correspon a l'activitat.

La metodologia per tal de trobar el correcte reciclatge del material, component del dispositiu és la següent:

Primerament hem d'esbrinar el codi CER del residu, el qual es vol reciclar. Això es fa a través del catàleg Europeu, ja que al ser un organisme superior al Català, serà doncs aquest, l'Europeu el que mana sobre l'estatal.

Un cop trobat el còdig CER del residu podem saber fàcilment quina és l'instal·lació de la gestió del residu competent, segons sigui industrial, municipal, etc... és aquí on trobarem la empresa o empreses de gestió del reciclatge del residu. Tot això ajudats per la pagina de l'agencia de Residus de Catalunya.

### **10.3.2.- Empreses que es dediquen al reciclatge d'aquests components**

Hi trobem en el dispositiu 3 tipus diferents de elements per reciclar.

1.- Les tapes exteriors que estan fetes d'un plàstic especial ( lliure d'halògens, antial·lèrgics) i l'últim grup és el referit al menatge elèctric el qual compren des de el transformador, diferents cables elèctrics, els dos termòstats, ventilador i Cel·la Peltier.

2.- Per una part tenim el radiador, i el sòcol els quals estan fets d'alumini.

En primera instància ens centrarem en el reciclatge que s'ha de sotmetre a les tapes.

Aquestes al estar fabricades de plàstics i entenen-se que és un envàs dels components elèctrics interiors agruparem doncs aquests components en el grup de envasos que es troba dins del codig 1501 i dins d'aquesta classificació està en els subgrup 02. Així doncs la denominació de 150102.

Observem el quadre al qual ens hem de guiar per tal de seleccionar correctament el tipus de reciclatge idoni pel material plàstic de les tapes, superior, inferior i les diferents peces fabricades en el mateix component.

15 - RESIDUS D'ENVASOS; ABSORBENTS, DRAPS DE NETEJA; MATERIALS DE FILTRACIÓ I ROBA DE PROTECCIÓ NO ESPECIFICATS EN CAP ALTRA  
 CATEGORIA  
 1501 - Envasos (inclosos els residus d'envasos de la recollida selectiva municipal)

\*Las vías de gestión indicadas aquí para cada código de residuo son orientativas y tienen carácter informativo. Su validez está condicionada a que la gestión se realice de acuerdo con lo previsto en el Catálogo de residuos de Cataluña para este residuo

CER	Descripción	CLA	Vías de gestión orientativas*	
			VAL	TDR
150101	Envasos de paper i cartó	no especial	V11 V51 V85 V81	T12
150102	Envasos de plàstic	no especial	V51 V81 V12	T12
150103	Envasos de fusta	no especial	V15 V51 V81	T12
150104	Envasos metàl·lics	no especial	V51 V41	T12
150105	Envasos compostos	no especial	V11 V51 V81	T12 T21
150106	Envasos mixtos	no especial	V51 V11 V81	T21 T12
150107	Envasos de vidre	no especial	V14 V51	T11
150109	Envasos tèxtils	no especial	V13 V51	T21 T12
150110	Envasos que contenen restes de substàncies perilloses o estan contaminats per aquestes	especial	V51	T21 T38 T13
150111	Envasos metàl·lics, inclosos els recipients a pressió buits, que contenen una matriu sòlida i porosa perillosa	especial	-	T32

**Taula 10.1** Taula del reciclatge d'envasos. S'ha escollit aquesta taula com a referència per escollir el lloc on li pertoca el reciclatge als elements formats de Plàstic.

A continuació podem observar algunes de les empreses que donen aquest tipus de servei

Instalaciones para la gestión de residuos en Cataluña

Fecha de la consulta: 27 / 8 / 2009

Ha consultado las instalaciones para la gestión de residuos por el código de tratamiento V51 Recuperació, reutilització i regeneració d'envasos.

Consulteu la fitxa de la instal·lació fent un clic a sobre del nom.  
Si voleu consultar totes les fitxes de les instal·lacions feu un clic a 'Informació detallada'.

Nombre	Población	Comarca
ARTESANOS DE ENVASES RECICLADOS CALVO, S.L.	SANT ANDREU DE LA BARCA	Baix Llobregat
BIDONES J.P. GARCIA	POLINYÀ	Vallès Occidental
BIDONES J.P. GARCÍA, SL	FOGARS DE LA SELVA	Selva
BIDONES ROMA, SA	SANTA PERPÈTUA DE MOGODA	Vallès Occidental
BIDONS EGARA, S.L.	VILADECALLS	Vallès Occidental
CLEMENTE SILVENTE, S.L.	RUBÍ	Vallès Occidental
CRIC SYSTEM, S.L.	BELLVEI	Baix Penedès
JOSÉ CLEMENTE GUEVARA	CANOVELLES	Vallès Oriental
MARIA NUTÓ, S.A.	SANT SADURNÍ D'ANOIA	Alt Penedès
PLÁSTICOS CANOVELLAS, S.L.	CANOVELLES	Vallès Oriental

*Taula 10.2* Empreses de reciclatge de plàstic. Estan en aquesta taula algunes de les empreses representatives de el reciclatge de plàstic.

Instalaciones para la gestión de residuos en Cataluña

Fecha de la consulta: 27 / 8 / 2009

Ha consultado las instalaciones para la gestión de residuos por el código de tratamiento V12 Reciclatge de plàstics.

Consulteu la fitxa de la instal·lació fent un clic a sobre del nom.  
Si voleu consultar totes les fitxes de les instal·lacions feu un clic a 'Informació detallada'.

Nombre	Población	Comarca
ALIANPLAST SERVEIS, SL	PARETS DEL VALLÈS	Vallès Oriental
ALPA RECUPERADORA, S.A.	BADALONA	Barcelonès
ALREPLAST, S.L.	HOSPITALET DE LLOBREGAT	Barcelonès
ANTONI ESCOLÀ SOLÉ	MANRESA	Bages
ANTONIO LLOSES FORN I JOSE MARIA LLOSES FORN, C.B.	TÀRREGA	Urgell
ANVIPLAS, S.L.	NAVARCLES	Bages
AP-3, S.L.	SENTMENAT	Vallès Occidental
ARCOBALENO, S.L.	PALAU-SOLITÀ I PLEGAMANS	Vallès Occidental
BOJ SERVEIS DE RECICLATGE, SL	MONTCADA I REIXAC	Vallès Occidental
C. PALAU, S.A.	ROCA DEL VALLÈS	Vallès Oriental

*Taula 10.3* Empreses de reciclatge de plàstic. Altre grup d'empreses especialitzades en el reciclatge de plàstic en exclusiu.

Instalaciones para la gestión de residuos en Cataluña

Fecha de la consulta: 27 / 8 / 2009

Ha consultado las instalaciones para la gestión de residuos por el código de tratamiento T12 Deposición de residuos no especiales.

Consulteu la fitxa de la instal·lació fent un clic a sobre del nom.  
Si voleu consultar totes les fitxes de les instal·lacions feu un clic a 'Informació detallada'.

Nombre	Población	Comarca
CESPA GESTIÓN DE RESIDUOS, SA	HOSTALETS DE PIEROLA	Anoia
CESPA GR, GESTIÓN DE RESIDUOS, S.A.	SANTA MARIA DE PALAUTORDERA	Vallès Oriental
CONTENEDORES REUS, S.A. (CORSA)	REUS	Baix Camp
DERBISEL 99, S.L.	PUJALT	Anoia
ECO-EQUIP, S.A.M.	TERRASSA	Vallès Occidental
ECOSENDA GESTIÓ AMBIENTAL, S.L.	AMETLLA DEL VALLÈS	Vallès Oriental
FOMENTO DE CONSTRUCCIONES Y CONTRATAS, SA	IGUALADA	Anoia
GESTIÓ I RECUPERACIÓ DE TERRENYS, SA	TIVISSA	Ribera d'Ebre
LLORENS ISBERT, S.L.	IGUALADA	Anoia
PLANTA INTERCOMARCAL DEL RECICLATGE, S.A.	SABADELL	Vallès Occidental

**Taula 10.4** Empreses dedicades al reciclatge de material classificats com a residus no especials.

El grup que hi ha d'empreses dedicades al reciclatge de plàstic és molt nombrós ja que hi ha molta demanda d'empreses que es dediquin al reciclatge d'aquest producte, ja que es global, és un dels material més utilitzats en la indústria.

Anterior ment hem pogut observar en les diferents taules algunes de les empreses, no totes, dedicades al reciclatge del plàstic.

Moltes d'aquestes empreses tenen servei de recollida, emmagatzematge, selecció i el propi reciclatge del material.

Cal esmentar que el material plàstic, incloent totes les seves varietats, és un dels productes més contaminants, i és per això que el seu reciclatge i control ha de ser molt rigorós per tal de no contaminar.

El problema amb els plàstics és que no tots són reutilitzables amb el que é prou important tenir un exhaustiu control i selecció d'aquests.

Un altre grup fàcilment identificable, en quant al reciclatge, és el sòcol i el radiador. Tots dos estan fabricats amb alumini. Segons el catàleg europeu del reciclatge aquest tipus de component el situem dintre dels residus de la construcció i dintre d'aquest grup dintre del subgrup de metalls. La seva denominació és 1704. Dintre d'aquesta classificació existeix un apartat específic pel material amb el que han estat fabricats les peces avans ja mencionades. Així doncs pel reciclatge del sòcol i el radiador la seva denominació és la següent, 170402.

17 - RESIDUS DE LA CONSTRUCCIÓ I DEMOLICIÓ (inclosa la terra excavada de zones contaminades)  
1704 - Metalls (inclosos els seus aliatges)

\*Las vías de gestión indicadas aquí para cada código de residuo son orientativas y tienen carácter informativo. Su validez está condicionada a que la gestión se realice de acuerdo con lo previsto en el Catálogo de residuos de Cataluña para este residuo

CER	Descripción	CLA	Vías de gestión orientativas*	
			VAL	TDR
170401	Coure, bronze, llautó	no especial	V41	-
170402	Alumini	no especial	V41	-
170403	Plom	no especial	V41	-
170404	Zinc	no especial	V41	-
170405	Ferro i acer	no especial	V41	-
170406	Estany	no especial	V41	-
170407	Metalls mesclats	no especial	V41	-
170409	Residus metàl·lics contaminats amb substàncies perilloses	especial	-	T13
170410	Cables que contenen hidrocarburs, quítrà d'hulla i altres substàncies perilloses	especial	V45	-
170411	Cables diferents dels especificats en el codi 170410	no especial	V45	-

**Taula 10.5** Classificació dels diferents elements metàl·lics. *Classificació d'elements metàl·lics pel seu reciclatge.*



Alguns dels organismes encarregats de dur a terme aquest tipus de reciclatge són:

Instalaciones para la gestión de residuos en Cataluña

Fecha de la consulta: 28 / 8 / 2009

Ha consultado las instalaciones para la gestión de residuos por el código de tratamiento V41 Recicl.i recup.de metall.s o compostos metall.lics.

Consulteu la fitxa de la instal·lació fent un clic a sobre del nom.  
Si voleu consultar totes les fitxes de les instal·lacions feu un clic a 'Informació detallada'.

Nombre	Población	Comarca
A.J. RUZ, S.L.	SILS	Selva
ALEACIONES, PREALEACIONES Y DESOXIDANTES, SL (A.P.D.)	FRANQUESES DEL VALLÈS	Vallès Oriental
ALIANPLAST SERVEIS, SL	PARETS DEL VALLÈS	Vallès Oriental
ALPA RECUPERADORA, S.A.	BADALONA	Barcelonès
ALUMINIO CATALAN, SL	FRANQUESES DEL VALLÈS	Vallès Oriental
ALUMINIS GIRALT, S.L.	BARCELONA	Barcelonès
ALUMINIS GIRALT, SL	VILANOVA I LA GELTRÚ	Garraf
AMÈLIA GÓMEZ, S.L.	SANT JOAN DESPÍ	Baix Llobregat
ANA MARIA TABUENCA CASBAS	BARCELONA	Barcelonès
ANTONI CARTAÑA COPONS	ESPLUGUES DE LLOBREGAT	Baix Llobregat

**Taula 10.6** Empreses de reciclatge metàl·lic. *Empreses especialitzades en el reciclatge d'elements metàl·lics.*

Instalaciones para la gestión de residuos en Cataluña

Fecha de la consulta: 28 / 8 / 2009

Ha consultado las instalaciones para la gestión de residuos por el código de tratamiento V41 Recicl.i recup.de metall.lics.

Consulteu la fitxa de la instal·lació fent un clic a sobre del nom.  
Si voleu consultar totes les fitxes de les instal·lacions feu un clic a 'Informació detallada'.

Nombre	Población	Comarca
ANTONI SERRA CAMPOY	MATARÓ	Maresme
ANTONIO LLOSES FORN I JOSE MARIA LLOSES FORN, C.B.	TÀRREGA	Urgell
ANTONIO MARTÍNEZ BOSCH	BARCELONA	Barcelonès
APROFITAMENT ASSESSORAMENT AMBIENTAL, SL	FRANQUESES DEL VALLÈS	Vallès Oriental
AUSON VERD, S.L.	GAVÀ	Baix Llobregat
BALLESTES CALMET, SL	TREMP	Pallars Jussà
BARRENA MARTÍN, SCP	ESPARREGUERA	Baix Llobregat
BOJ SERVEIS DE RECICLATGE, SL	MONTCADA I REIXAC	Vallès Occidental
BRIZ Y BARRENA, S.C.P.	HOSPITALET DE LLOBREGAT	Barcelonès
C. PALAU, S.A.	ROCA DEL VALLÈS	Vallès Oriental

**Taula 10.7** Empreses de reciclatge metàl·lic. *Altres conjunt d'empreses de reciclatge exclusiu d'elements metàl·lics.*

PFC: Disseny i càlcul d'un dispositiu per regular la temperatura de les xeringues de l'aliment de nadons d'incubadora utilitzant Cel·les Peltier.

Fecha de la consulta: 28 / 8 / 2009

Ha consultado las instalaciones para la gestión de residuos por el código de tratamiento V41 Recicl.i recup.de metalls o compostos metàl·lics.

Consulteu la fitxa de la instal·lació fent un clic a sobre del nom.  
Si voleu consultar totes les fitxes de les instal·lacions feu un clic a 'Informació detallada'.

Nombre	Población	Comarca
MANUEL VILLANOVA BARBERÁN	BARCELONA	Barcelonès
MANUEL VÁZQUEZ CERVERA	CORNELLÀ DE LLOBREGAT	Baix Llobregat
MARTÍ VIÑALS SALAMÓ	PALAMÓS	Baix Empordà
MATÈRIES TÈXTILS COLOMER, SL	MASIES DE RODA	Osona
MERCA OCASION LES FONTS, S.L.	TERRASSA	Vallès Occidental
MERCA-OCASIONES Y SERVICIOS, S.C.P.	MOLLET DEL VALLÈS	Vallès Oriental
METALES BAIX LLOBREGAT 2000, SL	SANT ESTEVE SESROVIRE	Baix Llobregat
METALES CASINO, S.L.	RIPOLLET	Vallès Occidental
METALES DEL MEDITERRÀNEO, S.L.	TARRAGONA	Tarragonès
METALPLÀSTICS, S.C.C.L.	SANTA MARIA DE MARTORELLES	Vallès Oriental

**Taula 10.8** Empreses de reciclatge metàl·lic. *Altre conjunt d'empreses de reciclatge exclusiu d'elements metàl·lics.* [

Per finalitzar aquest apartat del reciclatge ens trobem amb el grup del menatge elèctric el qual inclou un ampli ventall d'elements, des de simplement cableatge elèctric, passant per transformador de corrent, circuit elèctric, ventilador i termòstats (del radiador i del sòcol).

16 - RESIDUOS NO ESPECIFICATS EN CAP ALTRE CAPÍTOL DE LA LLISTA  
1602 - Residus d'equips elèctrics i electrònics

\*Las vías de gestión indicadas aquí para cada código de residuo son orientativas y tienen carácter informativo. Su validez está condicionada a que la gestión se realice de acuerdo con lo previsto en el Catálogo de residuos de Cataluña para este residuo

CER	Descripción	CLA	Vías de gestión orientativas*	
			VAL	TDR
160209	Transformadors i condensadors que contenen PCB	especial	-	T32 T22
160210	Equips rebutjats que contenen PCB, o estan contaminats per aquests, diferents dels especificats en el codi 160209	especial	-	T32 T22
160211	Equips rebutjats que contenen clorofluorocarburs, HCFC, HFC	especial	V24	T32 T22
160212	Equips rebutjats que contenen amiant llure	especial	-	T32 T13
160213	Equips rebutjats que contenen components perillosos diferents dels especificats en els codis 160209 a 160212	especial	V22 V41	T32
160214	Equips rebutjats diferents dels especificats en els codis 160209 a 160213	no especial	V41	T32
160215	Components perillosos retirats dels equips rebutjats	especial	V45	T32 T13
160216	Components retirats d'equips rebutjats diferents dels especificats en el codi 160215	no especial	V45	T32 T12

**Taula 10.9** Taula de classificació d'elements especials. *Ens serveix per classificar element que estan doblement compostos com pot ser ara el menatge elèctric, que du coure i plàstic per exemple.*

El transformador, circuit elèctric i cables els situarem en la categoria 160209, transformadors i condensadors que contenen PCB. Les empreses que ofereixen aquest tipus de servei pel seu reciclatge son:

Ha consultado las instalaciones para la gestión de residuos por el código de tratamiento T32 Tratament específic.

Consulteu la fitxa de la instal·lació fent un clic a sobre del nom.  
Si voleu consultar totes les fitxes de les instal·lacions feu un clic a 'Informació detallada'.

Nombre	Población	Comarca
AGBAR INCENDIOS, SA	TARRAGONA	Tarragonès
AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA (EXPLOTADOR MONTORNÈS TRACTAMENT TÈRMIC EFICIENT, SA)	MONTORNÈS DEL VALLÈS	Vallès Oriental
AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA (EXPLOTADOR UTE OMS SACEDE, SA-SEARSA)	CORNELLÀ DEL TERRI	Pla de l'Estany
AGÈNCIA DE RESIDUS DE CATALUNYA (EXPLOTADOR FCC ÀMBITO, SA)	PONT DE VILOMARA I ROCAFORT	Bages
CONSELL COMARCAL D'OSONA (EXPLOTADOR DEPURADORES OSONA, SL)	VIC	Osona
ECOCAT, S.L.	MARTORELL	Baix Llobregat
ECOLÒGICA IBÉRICA Y MEDITERRANEA, S.A.	BARCELONA	Barcelonès
FCC ÀMBITO, SA	MONTMELÓ	Vallès Oriental
FERROMOLINS, S.L.	MOLINS DE REI	Baix Llobregat
FRANCISCO ALBERICH, S.A.	CASTELLBISBAL	Vallès Occidental

**Taula 10.10** Empreses dedicades al reciclatge d'elements especials. *Empreses que es dediquen a reciclar elements mixtes com poden ser ara fonts d'alimentació (plàstic i metalls).*

Ha consultado las instalaciones para la gestión de residuos por el código de tratamiento T22 Incineració de residus halogenats.

Consulteu la fitxa de la instal·lació fent un clic a sobre del nom.  
Si voleu consultar totes les fitxes de les instal·lacions feu un clic a 'Informació detallada'.

Nombre	Población	Comarca
GESTIÓ DE RESIDUS ESPECIALS DE CATALUNYA, S.A. (GRECAT)	BARBERÀ DEL VALLÈS	Vallès Occidental
GESTIÓ DE RESIDUS ESPECIALS DE CATALUNYA, S.A. (GRECAT)	CONSTANTÍ	Tarragonès

**Taula 10.11** Empreses dedicades al reciclatge d'elements amb halògens. *Peces tals com el ventilador i peces de plàstic.*

PFC: Disseny i càlcul d'un dispositiu per regular la temperatura de les xeringues de l'aliment de nadons d'incubadora utilitzant Cel·les Peltier.

Les peces que contenen un percentatge de plàstic com de menatge elèctric les classifiquem en el següent codi, 160214.

16 - RESIDUS NO ESPECIFICATS EN CAP ALTRE CAPÍTOL DE LA LLISTA  
1602 - Residus d'equips elèctrics i electrònics

\*Las vías de gestión indicadas aquí para cada código de residuo son orientativas y tienen carácter informativo. Su validez está condicionada a que la gestión se realice de acuerdo con lo previsto en el Catálogo de residuos de Cataluña para este residuo

CER	Descripción	CLA	Vías de gestión orientativas*	
			VAL	TDR
160209	Transformadors i condensadors que contenen PCB	especial	-	T32 T22
160210	Equips rebutjats que contenen PCB, o estan contaminats per aquests, diferents dels especificats en el codi 160209	especial	-	T32 T22
160211	Equips rebutjats que contenen clorofluorocarburs, HCFC, HFC	especial	V24	T32 T22
160212	Equips rebutjats que contenen amiant llure	especial	-	T32 T13
160213	Equips rebutjats que contenen components perillosos diferents dels especificats en els codis 160209 a 160212	especial	V22 V41	T32
160214	Equips rebutjats diferents dels especificats en els codis 160209 a 160213	no especial	V41	T32
160215	Components perillosos retirats dels equips rebutjats	especial	V45	T32 T13
160216	Components retirats d'equips rebutjats diferents dels especificats en el codi 160215	no especial	V45	T32 T12

**Taula 10.12** Taula per els productes no especificats en cap altre capítol de la llista. En aquest quadre tenen capiguda els producte que no estan especificats en cap altre de totes les llistes anteriors. Cal destacar que aquests producte també tenen incorporats els seus respectius codis CER

Les empreses que oferiran aquest servei de reciclatge són:

Fecha de la consulta: 28 / 8 / 2009

Ha consultado las instalaciones para la gestión de residuos por el código de tratamiento V45 Recuperació de cables.

Consulte la fitxa de la instal·lació fent un clic a sobre del nom.  
Si volem consultar totes les fitxes de les instal·lacions feu un clic a 'Informació detallada'

Nombre	Población	Comarca
ALUMINIS GIRALT, S.L.	BARCELONA	Barcelonès
ANTONI CARTAÑA COPONS	ESPLUGUES DE LLOBREGAT	Baix Llobregat
BARONICH, S.L.	MANRESA	Bages
BARRENA MARTÍN, SCP	ESPARREGUERA	Baix Llobregat
CASA NUALART, S.L.	TORDERA	Maresme
CHATARRAS JOAN SÁNCHEZ, S.A.	BARCELONA	Barcelonès
CHATARRAS Y DESGUACES MARQUINA, S.A.	LLEIDA	Segrià
CONTAINERS DEL BERGUEDÀ, S.L.	BERGA	Berguedà
FEMAREC, S.C.C.L.	BARCELONA	Barcelonès
FERRALLES BATLLE, S.L.	GRANOLLERS	Vallès Oriental

**Taula 10.13** Taula amb les principals empreses representants pel reciclatge de cableatge elèctric. És important el bon reciclatge de material elèctric ja que el coure és un ben escàs i és precís fer una bona selecció del cable, així com una bona separació del material plàstic del cable i del coure.

A continuació presentem una taula resum en la que podem observar els diferents components del producte dissenya, així com els seus codigs CER respectius i les empreses destinades al seu reciclatge.

Denominació del component	Material del component	Codi CER	Empreses que reciclen dit material
Tapa Superior	Plàstic Hipoclorènic lliure d'halogens	150102	CESPA, DERBISEL, PLANTA INTERCOMARCAL DEL RECICLATGE, etc...
Tapa Inferior	Plàstic Hipoclorènic lliure d'halogens	150103	CESPA, DERBISEL, PLANTA INTERCOMARCAL DEL RECICLATGE, etc...
Peltier	Menatge elèctric	160214	AGENCIA DE RESIDUS DE CATALUNYA, ECOCAT, S.L, FCC AMBITO, etc...
Sòcol Peltier	Alumini	150402	A.J.RUIZ, S.L, ALEACIONES, PREALEACIONES Y DESOXIDANTS, S.L, ANALLOYS, S.L, etc...
Suport Peltier-Radiador-Ventilador	Plàstic Hipoclorènic lliure d'halogens	150102	CESPA, DERBISEL, PLANTA INTERCOMARCAL DEL RECICLATGE, etc...
Radiador	Alumini	150402	A.J.RUIZ, S.L, ALEACIONES, PREALEACIONES Y DESOXIDANTS, S.L, ANALLOYS, S.L, etc...
Sòcol Xeringa	Alumini	150402	A.J.RUIZ, S.L, ALEACIONES, PREALEACIONES Y DESOXIDANTS, S.L, ANALLOYS, S.L, etc...
Termostat Radiador	Menatge elèctric	160214	AGENCIA DE RESIDUS DE CATALUNYA, ECOCAT, S.L, FCC AMBITO, etc...
Ventilador 60x60	Menatge elèctric	160214	AGENCIA DE RESIDUS DE CATALUNYA, ECOCAT, S.L, FCC AMBITO, etc...
Casquillo	Alumini	150402	A.J.RUIZ, S.L, ALEACIONES, PREALEACIONES Y DESOXIDANTS, S.L, ANALLOYS, S.L, etc...
Cargol M3x22.5	Alumini	150403	A.J.RUIZ, S.L, ALEACIONES, PREALEACIONES Y DESOXIDANTS, S.L, ANALLOYS, S.L, etc...
Cargol M3x13.7	Alumini	150404	A.J.RUIZ, S.L, ALEACIONES, PREALEACIONES Y DESOXIDANTS, S.L, ANALLOYS, S.L, etc...
Termostat Xeringa	Menatge elèctric	160214	AGENCIA DE RESIDUS DE CATALUNYA, ECOCAT, S.L, FCC AMBITO, etc...
Connector Transformador	Menatge elèctric	160215	AGENCIA DE RESIDUS DE CATALUNYA, ECOCAT, S.L, FCC AMBITO, etc...
Circuit imprès	Menatge elèctric	160216	AGENCIA DE RESIDUS DE CATALUNYA, ECOCAT, S.L, FCC AMBITO, etc...
Xeringa 60ml.	Plàstic PVC	150102	CESPA, DERBISEL, PLANTA INTERCOMARCAL DEL RECICLATGE, etc...
Xeringa 90ml.	Plàstic PVC	150102	CESPA, DERBISEL, PLANTA INTERCOMARCAL DEL RECICLATGE, etc...
Cable elèctric 1.75mm.	Menatge elèctric	160216	AGENCIA DE RESIDUS DE CATALUNYA, ECOCAT, S.L, FCC AMBITO, etc...
Cable elèctric 1.50mm.	Menatge elèctric	160216	AGENCIA DE RESIDUS DE CATALUNYA, ECOCAT, S.L, FCC AMBITO, etc...
Transformador elèctric	Plàstic/Elèctric	160209	AGBAR INCENDIS, S.A, ECOCAT, S.L, FRANCISCO ALBERICH, S.A, etc...
Cianocrilat	Component químic	80501	SEIACO, S.A, INNOVET-98, S.L, GESTIÓ DE RESIDUS ESPECIALS DE CATALUNYA, S.L, etc...
Base impressora Estelitografia	Component químic	160305	FCC AMBITO, S.A, ECOCAT, S.L, ATLAS GESTIÓ MEDIAMBIENTAL, SEIACO, S.A

**Taula 10.14** Taula resum amb els codis CER dels components del producte dissenyat

En quant al tipus de materials utilitzat sempre hem estat buscant el tipus de material més adient pel nostre producte, tenint sempre present que el material de construcció fos ho menys nociu pel medi ambient.

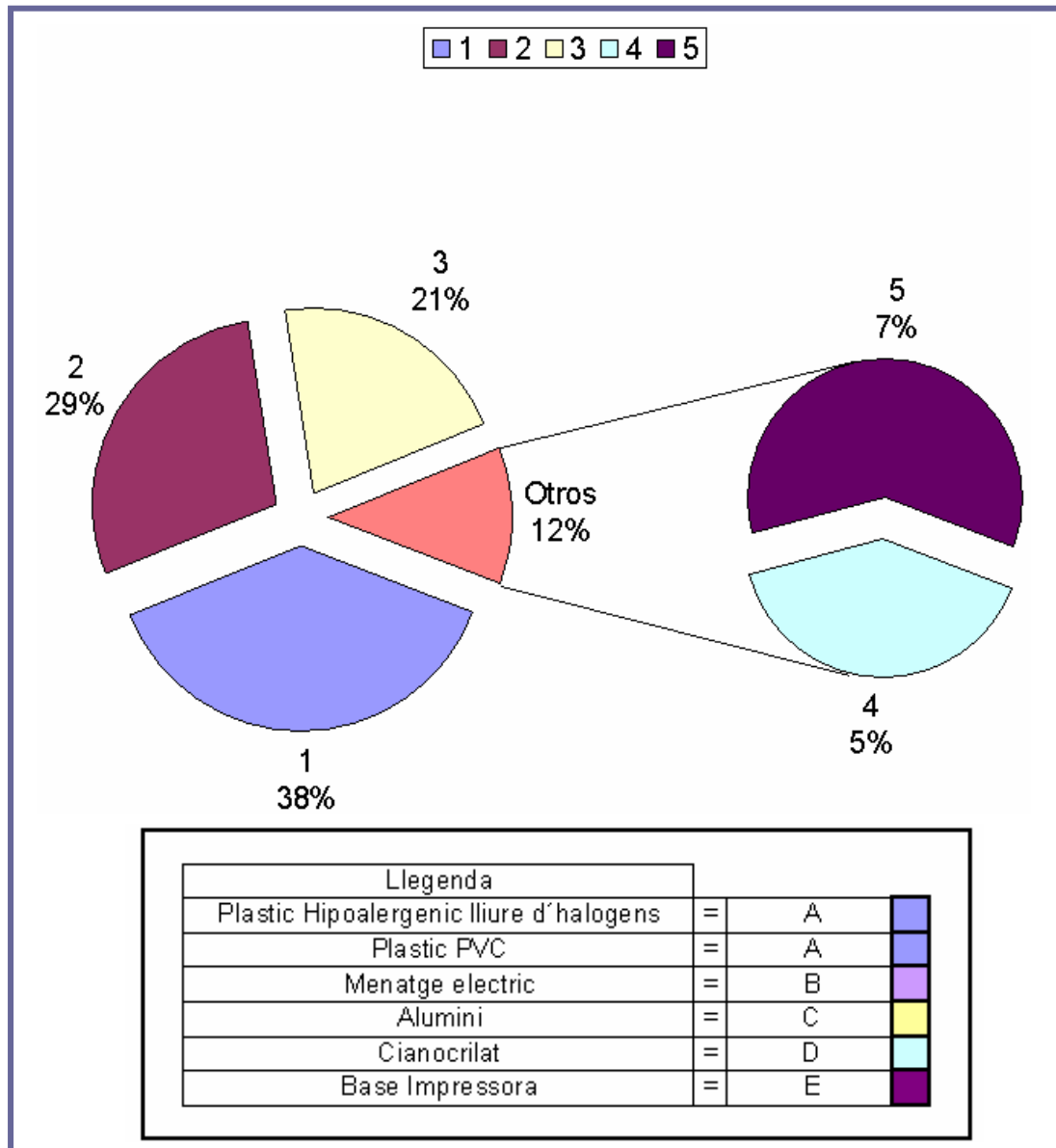
A més de tenir cura de l'elecció dels materials per la construcció hem de tenir en compte altres productes que hem utilitzat amb els quals són necessaris per tal de complimentar diferents tasques ja sigui el material base, utilitzat per l'impressora d'estelitografia, el material utilitzat per les infiltracions, cianocrilat, o els diversos materials utilitzats de manera experimental per tal de fer les diverses proves de funcionament.

A continuació presentem una taula dels diferents elements utilitzats amb els que ens hem ajudat a l'hora de fer el prototipus així com el material amb el que estan fets aquests.

Juntament amb l'ajud de la següent taula podem observar el gràfic elaborat amb les dades anteriors per tal de fer-nos una idea aproximada de l'amplitud que ocupen alguns materials dintre del disseny creat.

Component/element	Unitats	Material, composició	Classificació Tipus
Tapa Superior	1	Plastic Hipoalergenic lliure d'halogens	1A
Tapa Inferior	1	Plastic Hipoalergenic lliure d'halogens	1A
Peltier	1	Menatge electric	1B
Sócol Peltier	1	Alumini	1C
Soport Peltier-Radiador-Ventilador	1	Plastic Hipoalergenic lliure d'halogens	1A
Radiador	1	Alumini	1C
Socol Xeringa	1	Alumini	1C
Termostat Radiador	1	Menatge electric	1B
Ventilador 60x60	1	Menatge electric	1B
Casquillo	4	Alumini	4C
Cargol M3x22.5	4	Alumini	4C
Cargol M3x13.7	4	Alumini	4C
Termostat Xeringa	1	Menatge electric	1B
Conector Transformador	1	Menatge electric	1B
Circuit imprés	1	Menatge electric	1B
Xeringa 60ml.	1	Plastic PVC	1A
Xeringa 90ml.	1	Plastic PVC	1A
Cable electric 1.75mm.	1	Menatge electric	1B
Cable electric 1.50mm.	1	Menatge electric	1B
Transformador electric	1+1	Plastic/Electric	A+B
Cianocrilat	1	Component quimic	D
Base impressora Estelitografia	1	Component quimic	D

**Taula10.15** Elements utilitzats en la realització del projecte. Podem observar els elements integrants del projecte com els elements dels que ens hem fet servir per tal de poder construir i elaborar el dispositiu. Observem la composició amb la que esta feta el element.



**Gràfic10.1** Percentatge de materials utilitzats al Projecte. *Observem com la majoria de material utilitzat al projecte és el plàstic, essent un tipus molt determinat degut a als requeriments hospitalaris.*

A l'hora de elaborar les taules següents i el gràfic no s'ha comptabilitzat les unitats utilitzades, sinó el volum utilitzat d'aquest. És així doncs que el material més utilitzat han estat els dels plàstics, ja que s'han construït diferents peces amb aquest material, de la mateixa manera que el menatge elèctric, (cables, soldadures etc...) estan en segon lloc. Per finalitzar tenim el grup de l'alumini com un grup també nombrós.

Podem veure en els gràfics com tant el cianocrilat com la base de impressora s'han utilitzat no en molta quantitat, ja que s'ha tingut cura de no malgastar aquest material tant per ser nociu pel medi ambient com per ser de un cost elevat d'adquisició.

---

## **11.- CONCLUSIONS**

---





## 11.- CONCLUSIONS

A continuació es presenta un resum del que ha estat aquest projecte, tant en el camp del desenvolupament del producte, amb la utilització de noves tecnologies tant de disseny, com de producció, així com els valors aportats personalment en el desenvolupament del projecte. Després més endavant es donen les conclusions més significatives.

En aquest resum podrem veure quina ha estat la problemàtica, els factors que produïen aquesta problemàtica i la manera en que s'ha solucionat.

Primerament anem a descriure el problema principal.

### **Descripció del problema:**

El problema que s'havia establert en la primera reunió amb el client va estat la millora en quant l'escalfament i conservació de la temperatura de l'aliment subministrat al nadó, el qual roman dintre d'una incubadora sota vigilància i cures intenses.

El problema era que el nadó estigués alimentat amb una correcta ingestió, en quant a temperatura de l'aliment, i la minimització de riscos de que l'aliment s'infectés degut als bacteris.

La solució era clara, era la de dissenyar un dispositiu que s'acoblés a una màquina determinada, la qual no tenia cap dispositiu per tal de controlar la temperatura de l'aliment que hi ha a l'interior de la xeringa.

Aquest aparell al qual nosaltres amb el nostre disseny complementem, és molt habitual als hospitals. No sols és utilitzat en les nuseries, com és el cas que contempla el nostre projecte, si no que és utilitzat en altres àmbits, ja sigui en les sales quirúrgiques (controlant els medicaments, l'anestèsia, que se li aplica al pacient), com en alimentació de malalts terminals, etc...



*Fotografia 11.1* Fotografia de l'aparell en el qual ens vàrem basar. És aquest l'aparell en el qual ens vàrem basar per tal de dissenyar l'apòsit per tal de regular la temperatura de les xeringues.

En aquesta primera reunió vàrem observar en primera instància que el problema erradicava en la gran manipulació que l'aliment era sotmès a l'hora de preparar-lo per alimentar al nadó.

Ràpidament vàrem veure que aquest problema era fàcilment extrapolable a altres tipus de pacients dintre de l'àmbit hospitalari, com ara podien ser malalts amb extirpació d'elements d'òrgans per la digestió, malalts en estat de coma..., es tracta de malalts que han de tenir una alimentació a través d'una sonda, de la mateixa manera que el nadó està intubat amb una sonda naso-gàstrica per la seva l'alimentació.

Vegem com es fa la operació de l'alimentació als nadons als hospitals actualment i les conseqüències que es deriven d'aquest tipus de preparat de l'aliment en l'actualitat.

### **Situació abans del disseny del producte objecte del PFC:**

Primerament trobem com arriba l'aliment als hospitals. Aquest aliment pot estar presentat en pols o ja ben mesclat en estat líquid (amb textura semblant a la llet). Aquest últim és el més segur ja que l'infermer o infermera que preparen l'aliment redueixen la manipulació del mateix, ja que la tasca de mesclar l'aliment en estat sòlid amb aigua per tal d'obtenir l'aliment en estat líquid ja està feta.

Els sistemes actuals d'escalfament de l'aliment dels nadons als hospitals un cop es treu de la nevera a 2 °C es fa a través de mitjans externs, el que provoca que l'aliment que s'està preparant tinguin una elevada manipulació.

Els sistemes més utilitzats és a través del "Bany Maria", coccí, microones.

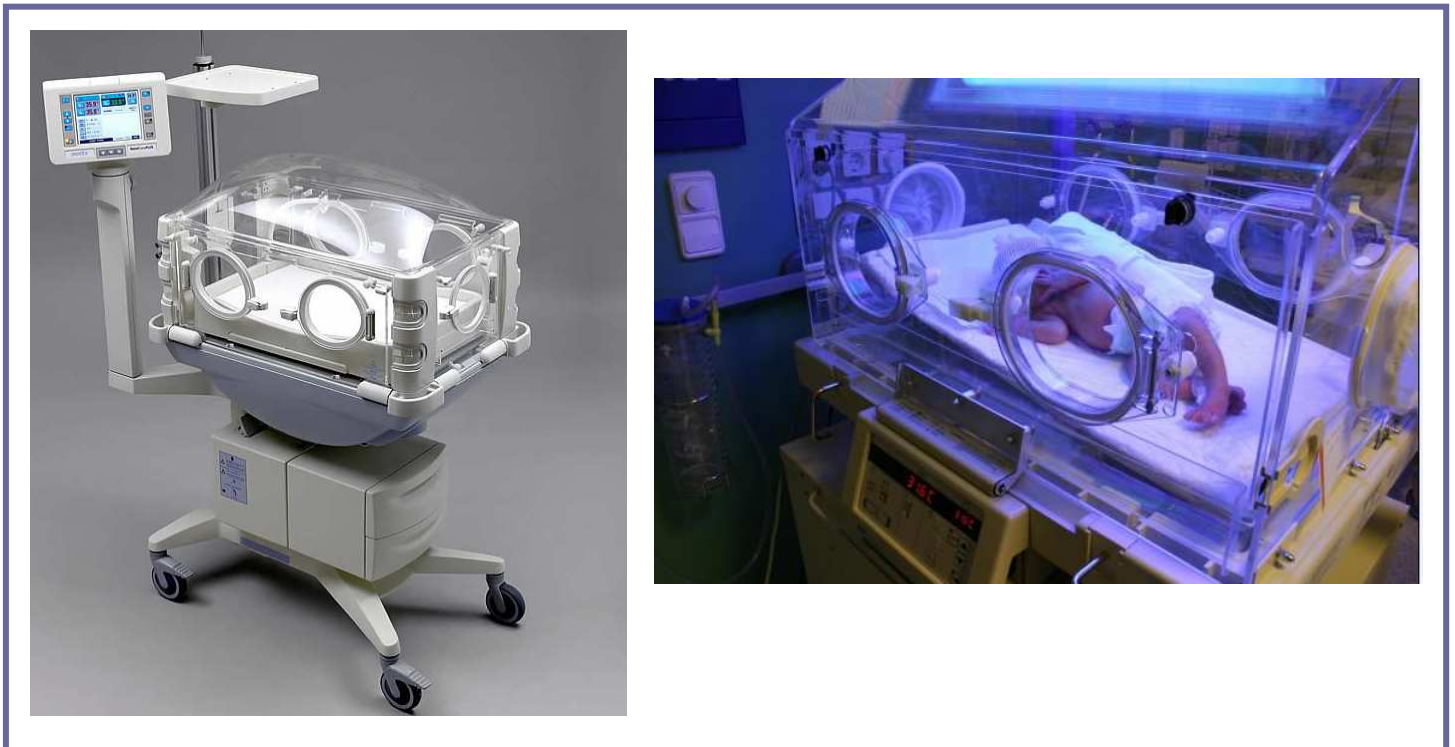
En el "Bany Maria" sol ser el sistema més segur que trobem a l'actualitat, ja que en molts dels casos l'aliment arriba ja preparat, de forma líquida.

Aquest aliment s'introdueix dins de una xeringa que seguidament es posa en contacte amb aigua calenta per tal d'escalfar-lo.

El problema d'aquest sistema d'escalfament és que en el primer manipulament i el contacte de la xeringa amb l'aigua o amb el recipient amb el que es fa el "Bany Maria" aquest està en risc d'infectar-se amb bacteris. D'altra banda no hi ha una exactitud de la temperatura de l'aliment que hi ha dintre de la xeringa. Amb el que no se sap si l'aliment està prou calent o excessivament fred per la ingestió del nadó.

De la mateixa manera trobem una pèrdua de temperatura de l'aliment mentre l'aliment està sent ingerit pel nadó, en aquest moment la xeringa, amb l'aliment a l'interior no té aportament de calor per tal de regular la temperatura estable. Amb el que poc a poc aquesta temperatura anirà baixant fins a establir-se amb el de la sala on està situada la incubadora, nurseria.

Recordem aquesta sala, al tractar-se d'un ambient estèril i amb una temperatura controlada, la temperatura és la mateixa que podem trobar en qualsevol laboratori de control de qualitat o d'assaigs, estem parlant de una temperatura ambient de 21 °C



(a) (b)  
**Fotografia 11.2** Fotografia de incubadores. (a) Incubadora monitoritzada. (b) Incubadora moinitoritzada amb llum artificial blava, encesa però no de gran intensitat, amb al nadó en el seu interior.

Els altres dos sistemes són bastant utilitzats en hospitals, més en el cas de l'utilització del microones que en el cas de la cocció.

En el cas del microones hi ha el perill que el calentament es fagi directament amb la xeringa plena ja de l'aliment ja que aquesta xeringa pot ser no apte per l'escalfament de l'aliment mitjançant microones, amb la conseqüent intoxicació de l'aliment pel despreniment del material de la xeringa en l'aliment. En el cas que aquest escalfament no es produeixi mitjançant la xeringa plena de l'aliment i es faci amb un recipient, el fet d'escalfar l'aliment amb el recipient pot provocar una intoxicació per bacteris, ja que es tracta de una manipulació i una exposició a l'exterior i amb diferents estris els quals poden estar infectats amb bacteris.

L'escalfament mitjançant una cassola és una forma bastant rústica, que en l'actualitat està en desús, però depenent les condicions del hospital encara pot ser que l'escalfament de l'aliment s'efectuï d'aquesta manera.

La problemàtica provinent de tanta manipulació, ja sigui per la preparació de l'aliment com per l'escalfament d'aquest és l'alt grau d'exposició als bacteris.

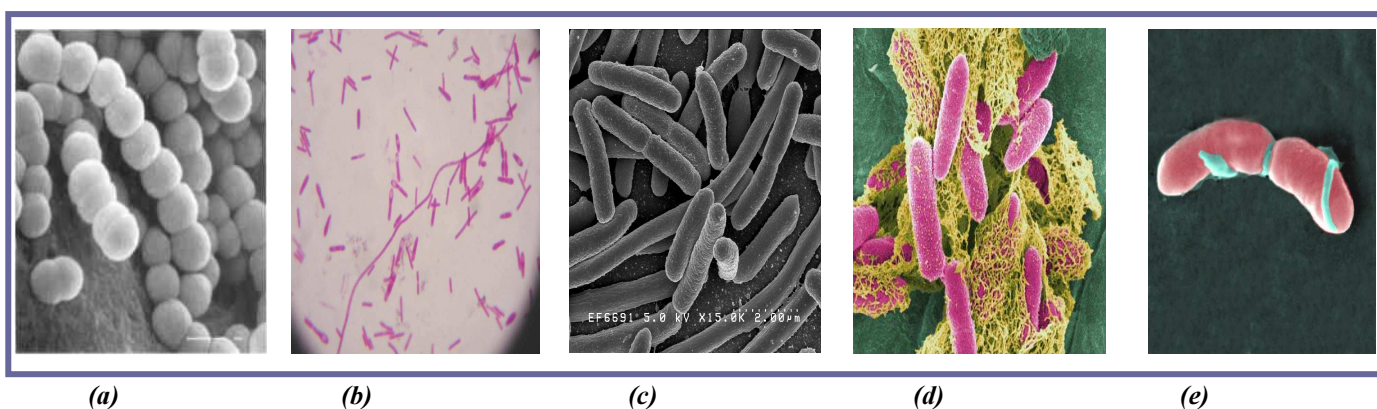
Es coneix com a bacteri al microorganisme, ser unicel·lular, de una estructura simple, amb nucli difús, generalment sense clorofil·la, i que generalment es reproduïx per bipartició.

Els bacteris produeixen malalties que van desde malestar general, malt de panxa, febre, febre greu i en alguns casos pot causar la mort.

En el capítol 4 donem un ampli resum sobre aquests tipus de bacteris i les malalties que desenvolupen i el temps en que estan actius així com les temperatures en que aquest paràsits son més actius. En aquest apartat parlen de paràsits tals com E.coli y E. coli 0157:H7, Clostridium perfringens, Clostridium botulinum, Staphylococcus aureus, etc..

A continuació podem observar unes imatges extretes gràcies a l'ajut de un microscopi electrònic de la diferent morfologia que presenten els diferents bacteris.

És un punt important ja que es aquest és el zenit del projecte, crear una millora per tal d'evitar que aquest bacteris actuïn.



**Fotografia 11.3** Fotografia dels principals bacteris contaminants dels aliments. (a) *Clostridium perfringens*, (b) *Clostridium botulinum*, (c) *E. coli* 0157 H7, (d) *E.coli*, (e) *Listeria monocytogenes*. Imatges extretes totes elles gràcies a l'ajut de un microscopi electrònic. [1]

Un cop havent vist la situació actual en la alimentació dels nadons, la seva problemàtica i els perills que en conseqüència comporta dita problemàtica anem a veure les millores introduïdes en el nou disseny que s'ha presentat en aquest projecte.

### **Millores aportades en la realització del projecte:**

Un dels punts que vàrem veure que eren més importants de solucionar el més ràpidament possible era la disminució, del manipulament, per la seva preparació, que l'aliment sofria abans de ser ingerit pel nadó.

La solució era obvia, s'hauria de produir l'establiment de la temperatura de l'aliment dintre de la pròpia xeringa. D'aquesta manera aconseguíem una sola manipulació de l'aliment. Aquesta acció de manipulació anava desde l'envàs on estava l'aliment fins a la xeringa, en el cas que l'aliment ja estigués barrejat i en presentació en forma líquida. En el cas contrari s'hauria de barrejar amb el líquid i introduir dintre de la xeringa.

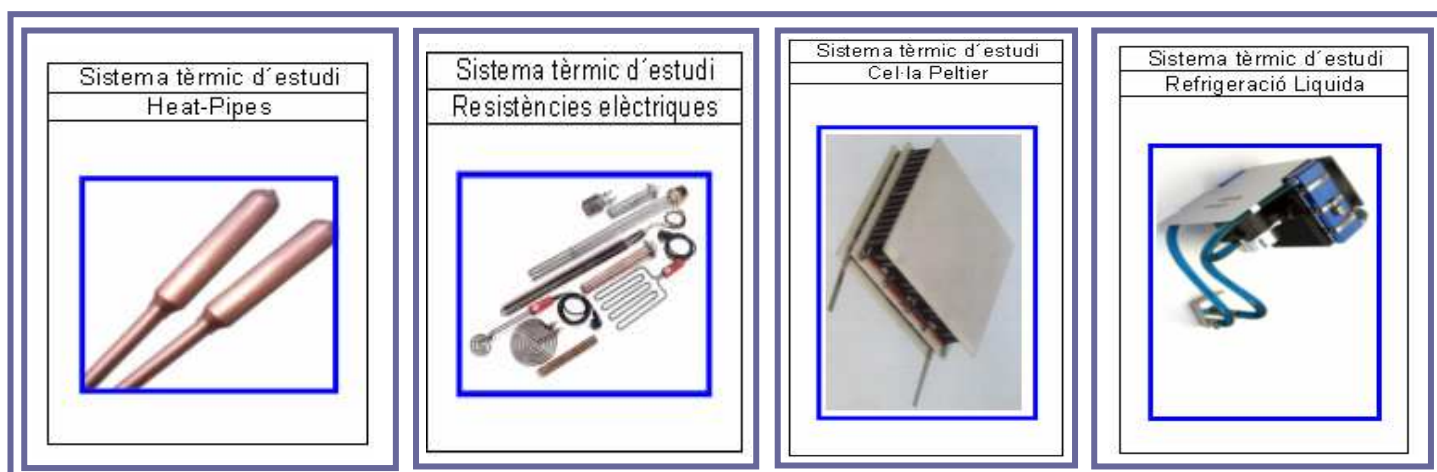
En tots dos casos esmentats la disminució del manipulament de l'aliment del nadó era molt significativa, amb el que es reduïa directament el risc a que l'aliment s'infectés per bacteris.

Un altre punt important en el qual vàrem millorar el sistema anterior, era un manteniment de la temperatura constant. Contràriament al sistema anterior en el qual no es tenia control exacte de la temperatura en que es trobava l'aliment del nadó.

També es té un control exacte de la temperatura en la que es troba l'aliment en el moment de la seva ingestió i la possibilitat de graduar aquesta temperatura de l'aliment, amb el que s'aconsegueix que l'aliment arribi a l'estómac del nadó a una temperatura òptima per la seva correcta digestió.

Un altre punt a valorar molt positivament del disseny és el reduït, en quant a sistema de regulació de temperatura escollit, si es que el comparem amb altres sistemes que hi ha al mercat, tals com "Heat-Pipes", resistències elèctriques, etc...

En la següent taula podem observar els diferents sistemes tèrmics en els quals ens hem basat en el nostre estudi per tal d'escollir el més adient per les nostres exigències.



(a)

(b)

(c)

(d)

**Taula 11.1** Els diferents sistemes tèrmics. Aquests són els sistemes en els quals ens hem basat per realitzar l'estudi per tal de seleccionar el sistema tèrmic més adient pel nostre projecte. (a) "Heat-Pipes", (b) Resistències Elèctriques, (c) Cel·les Peltier, (d) Sistema de Refrigeració Líquida. [1]

Al llarg de la elaboració del projecte i la posada en marxa del disseny així com la posada en funcionament del dispositiu en diferents hospitals la utilització del dispositiu ha anat evolucionant, no quedant-se solament en el servei de maternitat dels hospitals, sinó que ha estat ja utilitzat en altres serveis tant d'hospitals com en centres de salut per altres pacients, com malalts en estat de coma, pacients operats de tumors de faringe, etc...

Amb tot això es pot veure la gran versatilitat del projecte aquí presentat.

### **Evolució del projecte, evolució de la idea:**

En un principi el projecte ha esta dissenyat i ha estat provat satisfactòriament pel àmbit amb el que ha estat pensat, per les maternitats en les sales de incubadores de neonats.

Però poc a poc s'han vist les grans possibilitats i la enorme versatilitat del dispositiu, ja que tractant-se de un dispositiu de unes molt reduïdes dimensions i que s'acobla a la immensa majoria de dispositius "impulsor d'èmbol", s'ha anat modificant la seva funcionalitat de les sales de neonats fins a sales de malalts terminals, malalts en coma, malalts de amb problemes de ingestió gàstrica, etc.

### Elaboració i disseny del producte:

En el desenvolupament d'aquest producte s'ha fet servir la tecnologia assistida per ordinador CAD, i impressions per estelitografia, així com tota la informació que s'ha pogut aconseguir tant de termoelectricitat i de Cel·les Peltier.

De la mateixa manera s'ha dissenyat tenint en compte la normativa vigent en quant a productes elèctrics hospitalaris, amb les normes ISO, i les seves anàlogues UNE.

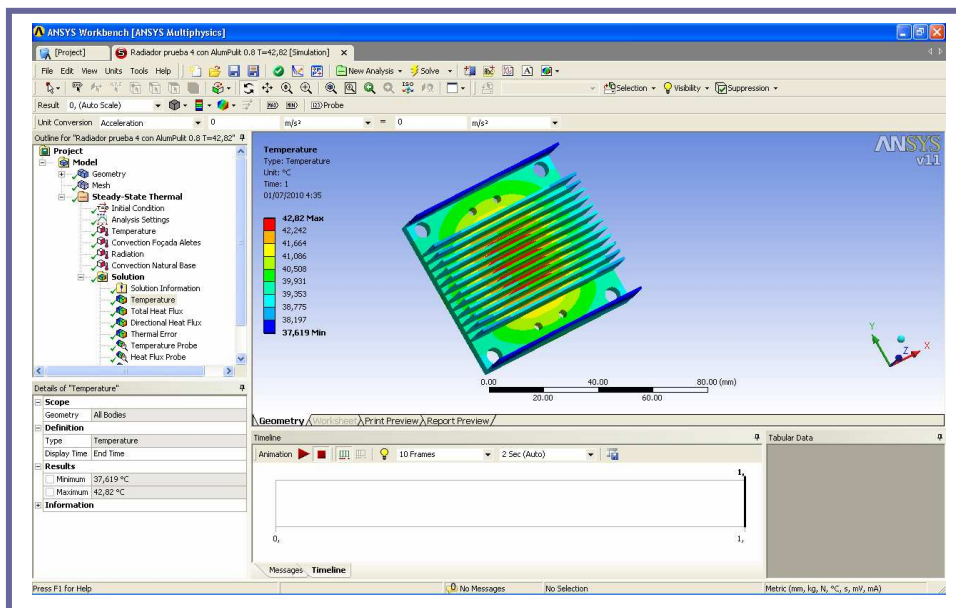
Amb la utilització de una molt nova tecnologia s'ha aconseguit produir un producte a un baix cost gràcies a la realització d'aquest en un temps molt menor del que era pensable anys enrere.

### Estudis realitzats pel dimensionament del dispositiu:

Per tal de definir correctament el tipus de cel·la Peltier a utilitzar així com la necessitat d'adoptar sistemes de dissipació de la calor al producte s'han seguit una sèrie d'estudis encaminats cap aquest objectiu.

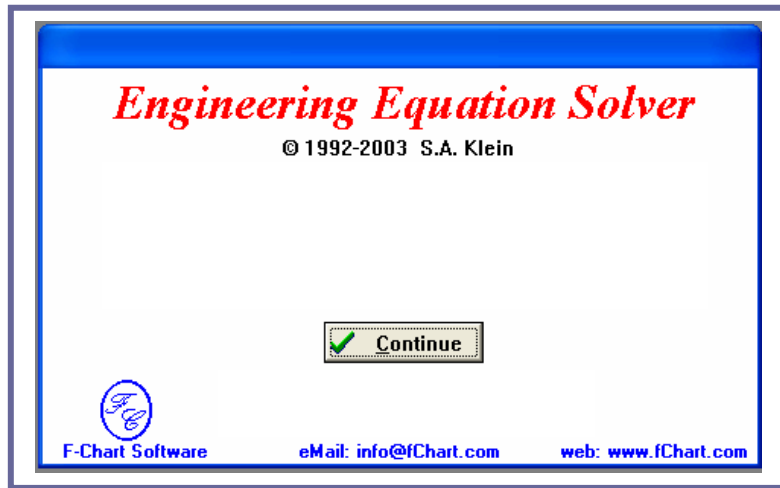
Les eines amb les que ens hem ajudat han estat les taules necessàries dels materials que componen el dispositiu (polímers, alumini), i d'ajuda de programes informàtics.

D'entre dels programes informàtics hem de destacar el programa d'elements finits ANSYS i de un programa matemàtic programar i per resoldre equacions en enginyeria: EES (Engineering Equation Solver).



**Figura 11.1** Figura d'una instantània del ambient de treball amb ANSYS

Ha estat gràcies al programa EES que hem aconseguit esbrinar la temperatura que s'havia d'aplicar a la base del radiador en el programa d'elements finits ANSYS.



**Figura 11.2** Instantania de la imatge d'entrada al programa de resolució d'equacions EES

Aquest programa l'hem pogut utilitzar per conèixer les diferents variables i per la resolució de sistemes de càlcul iteratius necessaris per tal de comparar els resultats amb els resultats calculats amb ANSYS, pel que respecta a la simulació del radiador en situació de convecció natural i convecció forçada.

Els estudis han tingut un ordre determinat, per tal de que en cada fase de l'estudi es pogués valorar la necessitat de incorporar millores al sistema ( radiador, radiador+ ventilador)

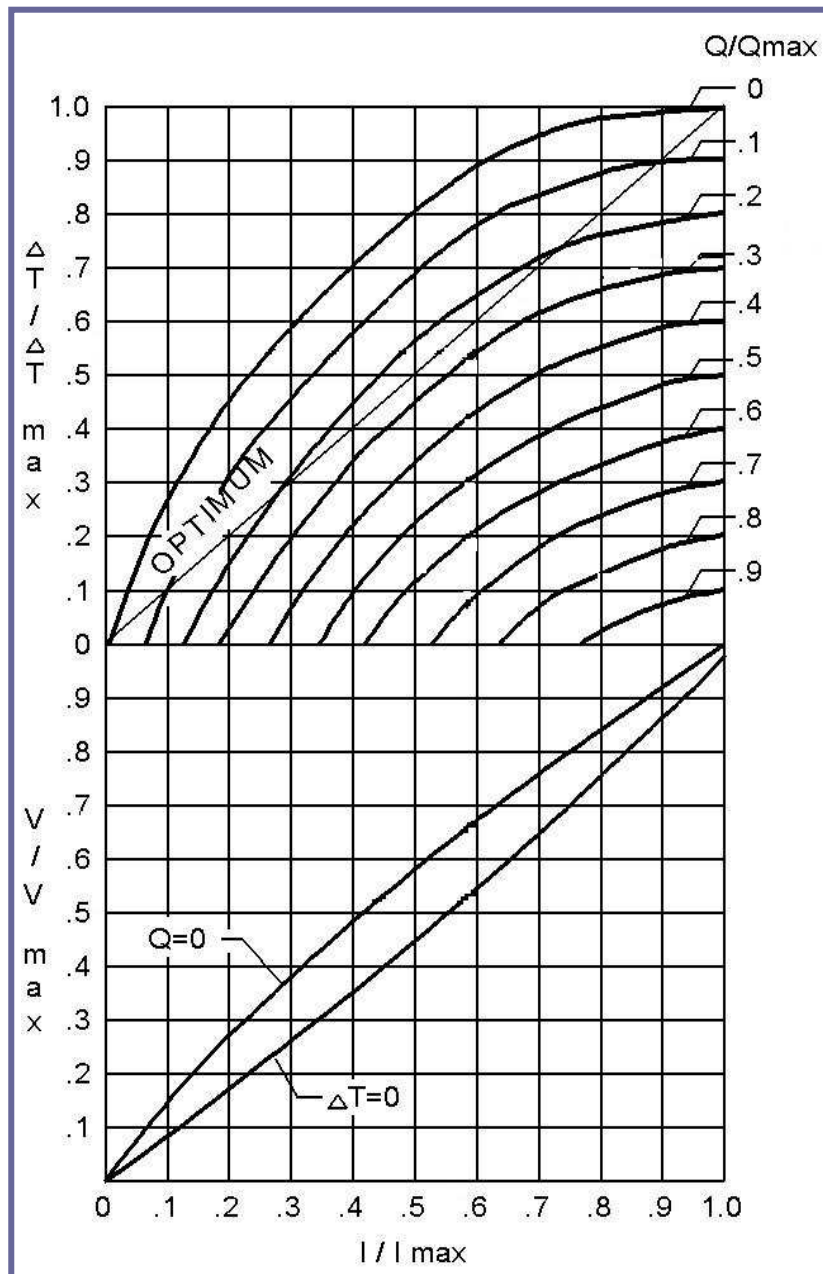
L'ordre d'estudi ha estat:

1. Càlcul i verificació de la Cel·la Peltier escollida.
2. Verificació de la calor dissipada per la pròpia Cel·la Peltier.
3. Verificació del radiador escollit. Necessitat de un ventilador?.
4. Càlcul amb el ventilador acoblat al radiador del sistema de la cel·la Peltier.
5. Càlcul del temps necessari desde que es treu l'aliment de la nevera fins que el dispositiu es posa en funcionamnet.
6. Càlcul de la temperatura de l'aliment fins que arriba a la sonda naso-gàstrica passant pel tub que va unit a la xeringa.

1. Càlcul i verificació de la Cel·la Peltier escollida

Per aquest càlcul ens hem basat en les corbes universals del funcionamnet de les Cel·les Peltier.





**Gràfic 11.1** Gràfic de rendiment universal. Aquesta taula serà amb la que ens ajudarem a la realització del dimensionament de la Cel·la Peltier.

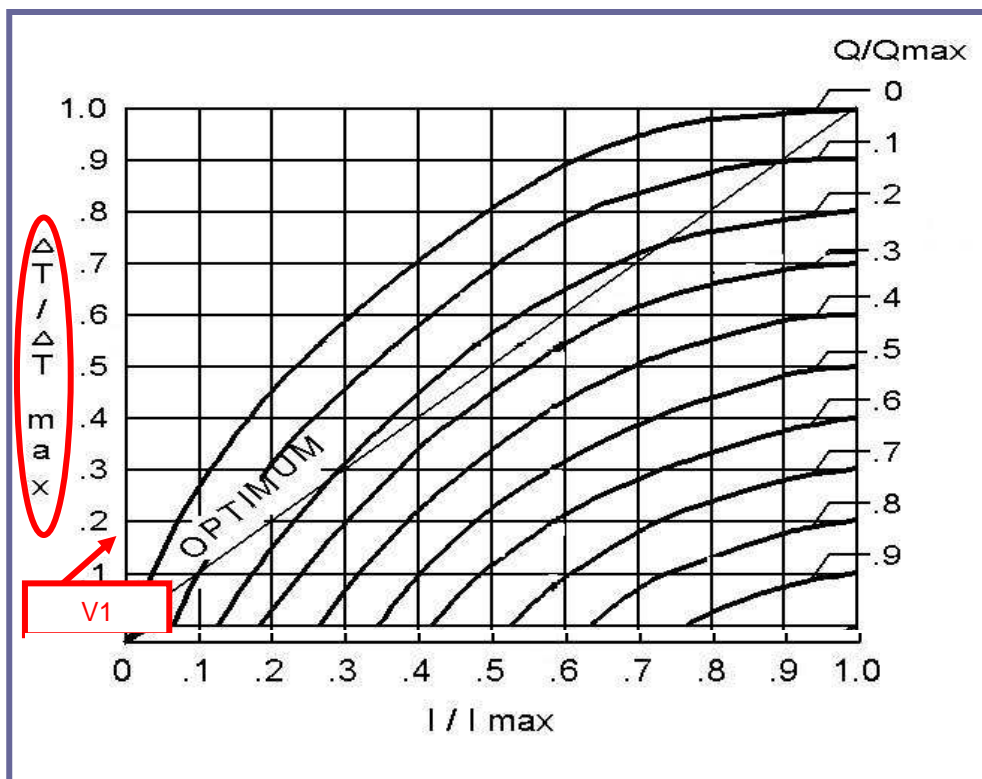
Ha esta amb un grafic com el presentat amb el que ens hem ajudat al dimensionamnet de la Cel·la Peltier.

En aquest gràfic apareixen el les ordenades de la dreta  $\Delta T / \Delta T_{max}$  i en les ordenades de l'esquerra  $Q/Q_{max}$ . En la part inferior obtenim la  $I/I_{max}$  d'utilització.

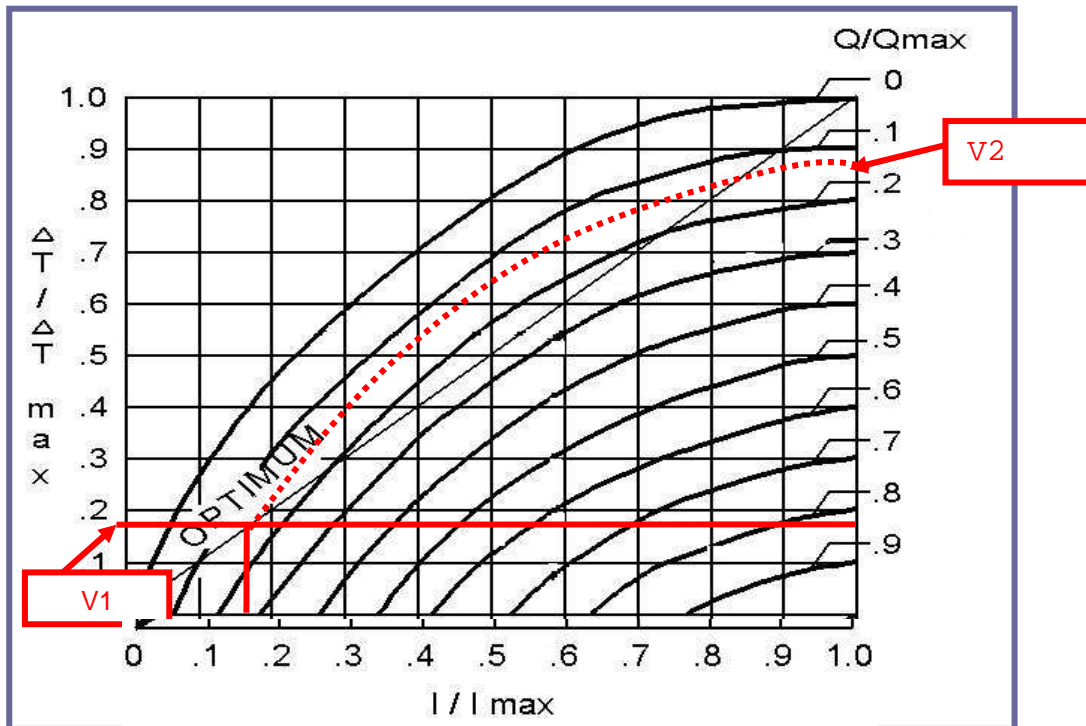
Amb el grafic anteriorment descrit efectuarem unes operacions per tal de calcular la  $\Delta T / \Delta T_{\max}$  mitjançant el calcul de  $\Delta T$  de treball i la  $\Delta T_{\max}$  que en l'actualitat és de 65 °C.

Havent calculat el quocient entre aquest dos nombres, el resultat ens donarà un número, que el disposarem a la barra d'ordenades de l'esquerra  $\Delta T / \Delta T_{\max}$ . Aquest número ens marcarà el punt que hem de traçar paral·lel a les corbes de la gràfica fins arribar a la ordenada de l'esquerra.

$$\frac{\Delta T}{\Delta T_{\max}} = \frac{\text{Diferencia de temperatures}}{64} = V1$$



**Gràfic 11.2** Gràfic amb els càlculs inicials. Observem en la taula següent les traçades inicials per tal de trobar la calor màxima produïda per la nostra Cel·la Peltier.



Gràfic 11.3 Taula amb el valor trobat de V2.

Un cop arribat aquí ja hauréu trobat el valor de  $Q / Q_{max}$ .

Ens disposarem a calcular el valor de la nostra Cel·la Peltier.

Efectuant la següent operació

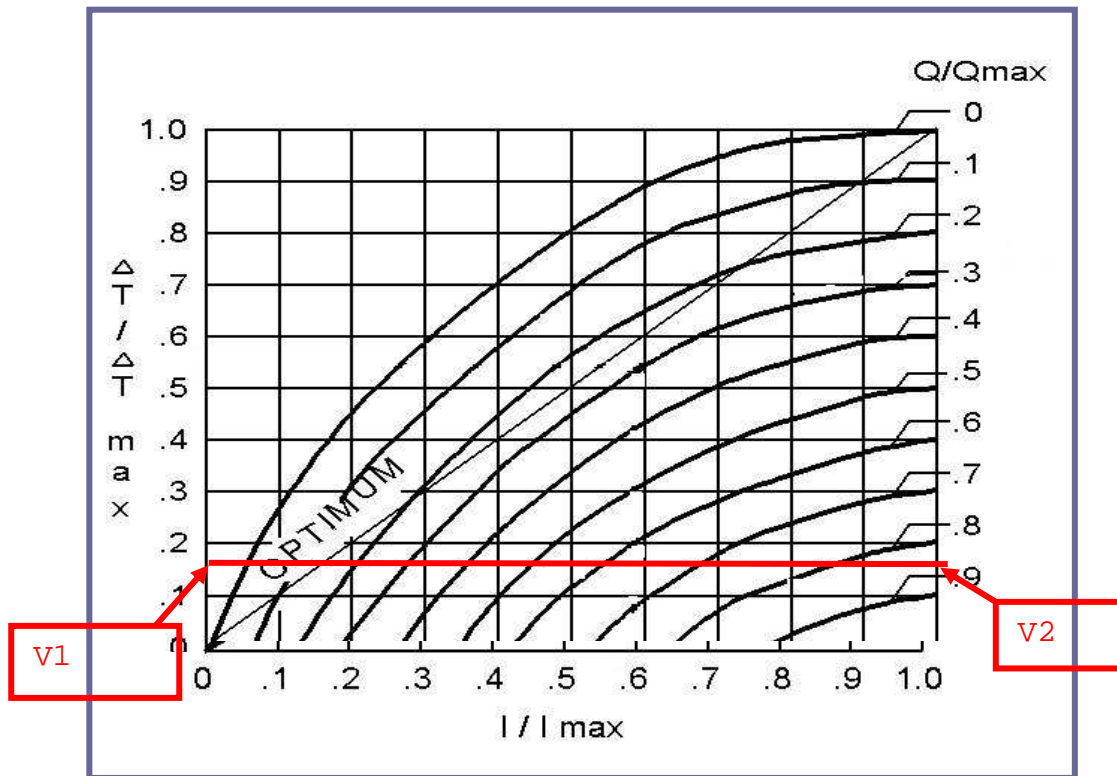
$$\frac{Q}{Q_{max \text{ òptim}}} = V2$$

$$Q_{max \text{ òptim}} = \frac{Q}{V1}$$

A on  $Q_{max \text{ òptim}}$  serà el valor de la calor òptima pel nostre dispositiu,  $Q$  és la calor que desitgem absorbir i  $V1$  és el valor trobat a l'ordenada de la dreta.

Seguidament ens disposarem a calcular la  $Q_{suficient}$ , que es tracta de la  $Q$  mínima pel nostre dispositiu d'estudi.

EL seu càlcul està tal i com es troba al gràfic que ve a continuació:



Gràfic 11.4 Gràfic amb els càlculs del valor de la calor generada suficient

Amb les dades resultats en tot aquest procés de càlcul gràfic hem obtingut dos potències per tal d'escollir una Cel·la Peltier. Una seria la idònia i l'altre la mínima pel funcionament del dispositiu.

Per tal de verificar aquests càlculs ens hem ajudat de un software de càlcul de Cel·les Peltier de la casa Melcor.

Amb aquest software solsament hem d'introduir la temperatura exterior, la que es vol assolir.

Les dades a introduir són la temperatura ambient, la temperatura a la que es vol refredar (en el nostre cas serà la cara freda), i els watts estimats necessaris que necessita el nostre sistema pel seu correcte funcionament.

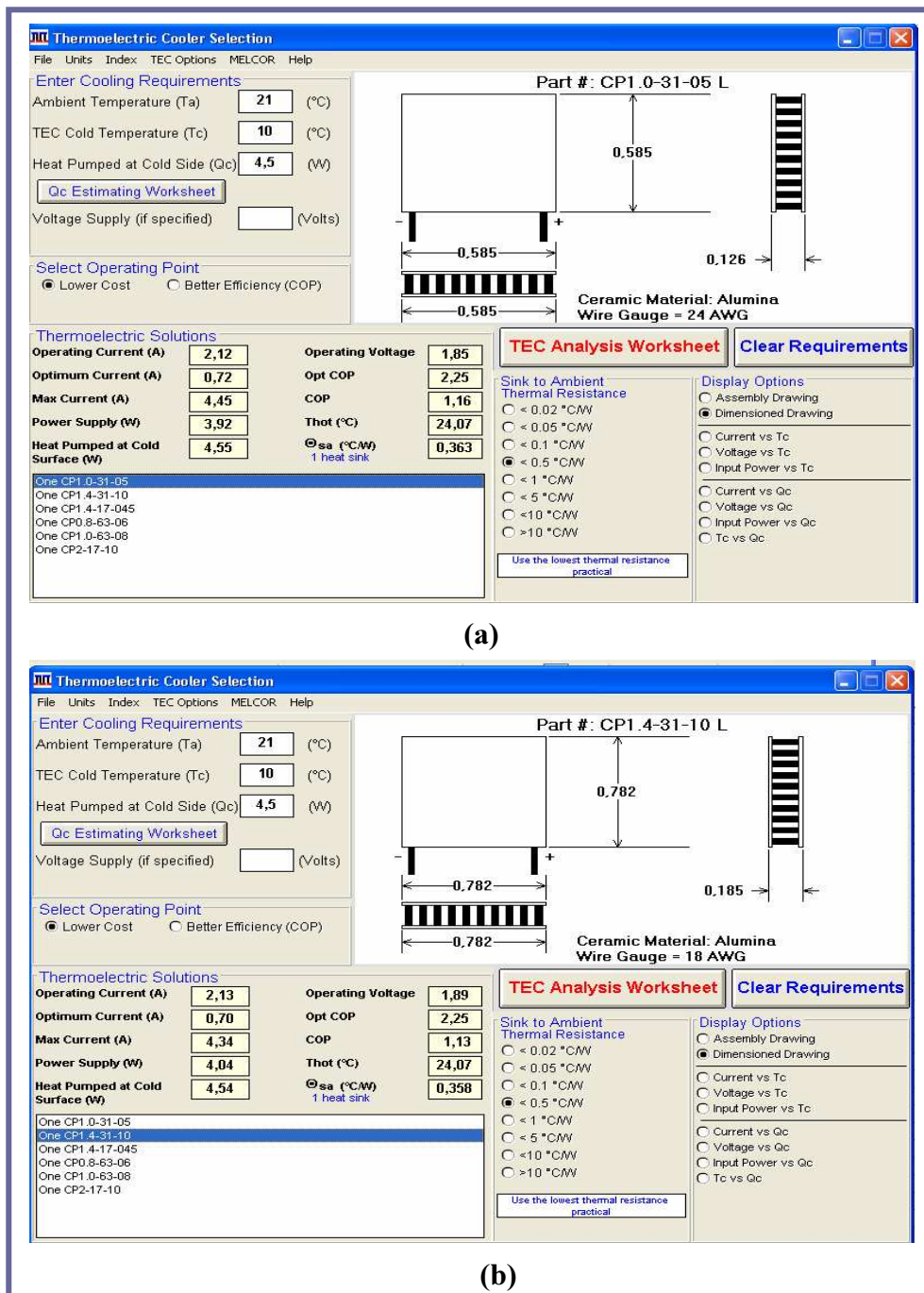


Figura 11.3 Figura extreta del programa de selecció de cel·les Peltier de l'empresa Melcor. Es pot observar com el propi programa dona diferents possibilitats de Cel·les Peltiers útils per el sistema proposat amb la introducció de les dades que se li faciliten al programa.(a) resultat per una potència de 4,45 W i (b) resultat per una potència de 4,34 W

Amb els resultats obtinguts amb aquest software els hem contrastat amb els que previament havíem obtingut gràficament i poder obtenir una unificació en tots dos càlculs per tal de trobar la Cel·la Peltier més adient.

En tot cas la Cel·la Peltier utilitzada en el dispositiu es tracta una Cel·la del tipus Tes1-12702T200, amb una potència de 18,8 W i unes mesures de 30 mmx30 mmx4,4 mm.

Com ja s'ha dit anteriorment l'elecció d'aquesta Cel·la Peltier ha estat per una qüestió econòmica, escollint una Cel·la Peltier amb una bona potència i una baixa qualitat, ja que s'ha decidit que el sobrecost respecte els radiadors i els ventiladors que es puguin adaptar al dispositiu és prou baix com per fer una inversió més gran en una Cel·la Peltier de millors qualitat i menor potència, això si en aquest últim cas el cost de la Cel·la Peltier seria més elevat.

S'ha decidit treballar sobre el radiador que fer-ho sobre la pròpia Cel·la Peltier.

## 2. Verificació de la calor dissipada per la pròpia Cel·la Peltier

S'han realitzats el càlculs tèrmics per tal de poder concloure si el dispositiu tenia la necessitat de l'adopció de un radiador que ajudés a la dissipació de la calor generada en la part calenta de la cel·la Peltier.

En aquest cas hem obtingut:

Si ens fixem només en la calor absorbida per part de la cara freda de la Cel·la Peltier procedent de l'aliment de la xeringa (el qual té un valor de 1,334 W), es pot veure que la cara calenta de la Peltier ja es incapaç de dissipar aquesta calor pel convecció natural i radiació (ja que sols pot dissipar 0,34 W). Això implica que a la cel·la Peltier se li ha d'incorporar un dissipador o un radiador en la seva part calenta.

Amb tot això podem concloure que la cel·la Peltier no té la capacitat com per a dissipar la calor requerida pel seu bon funcionament i en el cas que es fes treballar a la Cel·la Peltier sense l'ajuda de un dissipador, un radiador, aquesta arribaria, sens dubte, a cremar-se en el desenvolupament del seu funcionament.

## 3. Verificació del radiador escollit. Necessitat de un ventilador?.

Hem realitzat els càlculs oportuns per tal de calcular si el radiador del que es disposava era apte pel seu ús en el dispositiu.

Els càlculs que s'han realitzat s'han fet amb el programa EES per una banda i amb ANSYS i s'han comparat els resultats.

Cal destacar que en aquest punt el programa EES ha estat de gran ajuda ja que la seva capacitat d'iterar ha estat determinant per la consecució dels resultats, ja que per una banda ha estret el perfil de 6 temperatures i per un altre ens ha donat la temperatura a aplicar a la base del radiador en el programa d'elementos finits ANSYS.

Per part del programa EES hem obtingut les següents taules de resultats, amb el model de les resistències tèrmiques:

Resultats estrets del càlcul amb el procés iteratiu amb convecció natural								
$K_{\text{epoxy}}$	$L_{\text{epoxy}}$ (m)	$\epsilon$	$T_1$ (°C)	$T_b$ (°C)	$T_{\text{extrem}}$ (°C)	$Q_{\text{sobre}}$ (W)	$Q_{\text{sota}}$ (W)	$Q_{\text{total}}$ (W)
2	0,0001	0,04	44,63	44,61	44,42	6,27	0,3	6,58
2	0,0001	0,2	44,59	44,56	44,35	6,95	0,38	7,33
2	0,0001	0,4	44,54	44,51	44,27	7,79	0,47	8,26
2	0,0001	0,8	44,44	44,4	44,11	9,46	0,65	10,11

**Taula 11.2** Taula resum comparativa amb diferents resultats extrets dels assatjos amb el procés iteratiu amb convecció natural amb diferents emissivitats i mateix gruix de material epoxy.

Resultats estrets del càlcul amb el procés iteratiu amb convecció natural								
$K_{\text{epoxy}}$	$L_{\text{epoxy}}$ (m)	$\epsilon$	$T_1$ (°C)	$T_b$ (°C)	$T_{\text{extrem}}$ (°C)	$Q_{\text{sobre}}$ (W)	$Q_{\text{sota}}$ (W)	$Q_{\text{total}}$ (W)
2	0,00013	0,04	44,48	44,45	44,26	6,22	0,3	6,52
2	0,00013	0,2	44,42	44,39	44,18	6,89	0,37	7,26
2	0,00013	0,4	44,34	44,31	44,08	7,71	0,46	8,18
2	0,00013	0,8	44,2	44,16	43,88	9,34	0,65	9,99

**Taula 11.3** Taula resum comparativa amb diferents resultats extrets dels assatjos amb el procés iteratiu amb convecció natural amb diferents emissivitats i mateix gruix de material epoxy.

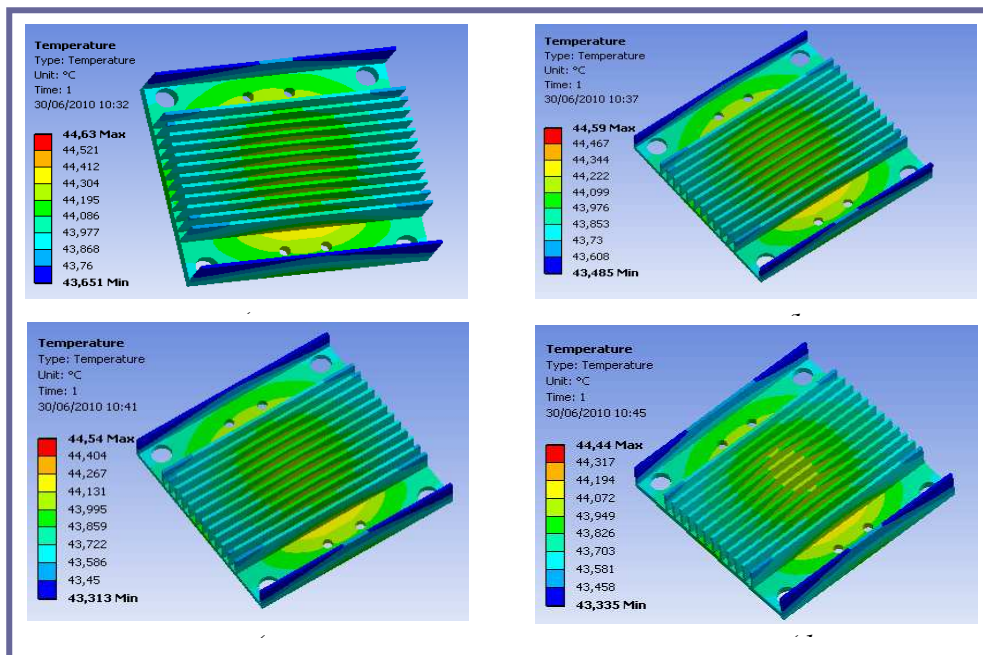
Resultats estrets del càlcul amb el procés iteratiu amb convecció natural								
$K_{\text{epoxy}}$	$L_{\text{epoxy}}$ (m)	$\epsilon$	$T_1$ (°C)	$T_b$ (°C)	$T_{\text{extrem}}$ (°C)	$Q_{\text{sobre}}$ (W)	$Q_{\text{sota}}$ (W)	$Q_{\text{total}}$ (W)
2	0,0001	0,4	44,54	44,51	44,27	7,79	0,47	8,26
2	0,00013	0,4	44,34	44,31	44,08	7,71	0,46	8,18
2	0,00015	0,4	44,32	44,29	44,06	7,7	0,46	8,17
2	0,00018	0,4	44,19	44,16	43,93	7,65	0,46	8,11

**Taula 11.4** Taula resum comparativa amb diferents resultats extrets dels assatjos amb el procés iteratiu amb convecció natural amb un tipus d'emissivitat emissivitats i un gruix de material epoxy que el fem variar.

Com es pot observar s'han fet diferents assajos, obtenint resultats semblants, però escollint com el de treball el de emissivitat de 0,4 i espesor de la pasta epoxy de 0,0001 mm.

Seguidament s'han efectuat els càlculs amb ANSYS obtingut els següents resultats.

En quant a temperatures al radiador en la situació de convecció natural:

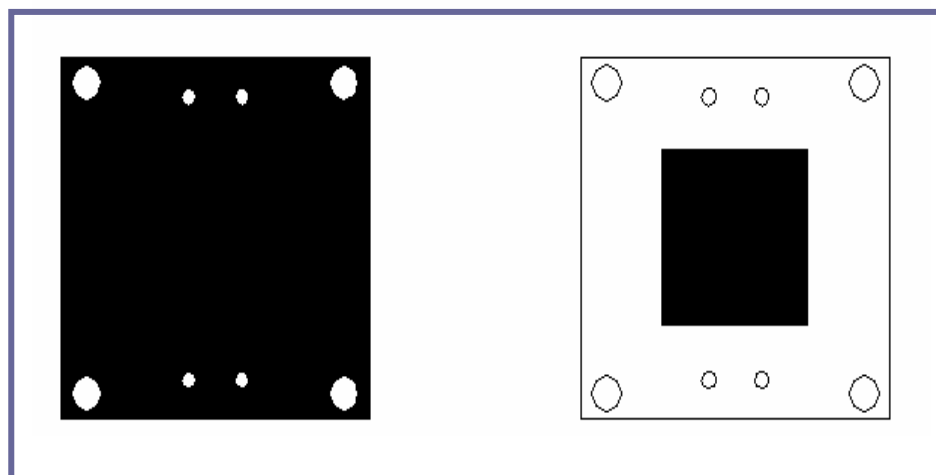


**Figura 11.4** Figura amb els assaigs de convecció natural amb diferents valors de l'emissivitat de l'alumini. (a)  $\epsilon = 0,04$  a  $T=44,63^{\circ}\text{C}$ ; (b)  $\epsilon = 0,2$  a  $T=44,59^{\circ}\text{C}$ ; (c)  $\epsilon = 0,4$  a  $T=44,54^{\circ}\text{C}$  i (d)  $\epsilon = 0,8$  a  $T=44,54^{\circ}\text{C}$ .

De la mateixa manera que hem obtingut perfils de temperatura en el radiador també hem extret uns valors de calors dissipats.

Els resultats tant de les temperatures com de les calors dissipades diferien una mica dels resultats obtinguts amb EES.

La raó ha estat que els càlculs amb el procés iteratiu amb EES s'ha realitzat per excés degut a que s'ha escollit una superfície amb temperatura uniforme més gran que l'escollida pel càlcul amb elements finits mitjançant ANSYS.



**Figura 11.5** Esquema de les dues eleccions de superfícies amb temperatures uniformes (a) superfície a temperatura uniforme escollida pel càlcul amb el procés iteratiu amb EES, (b) superfície a temperatura uniforme escollida pel càlcul d'elements finits amb ANSYS.



Els valors comparatius en convecció natural en el radiador a l'assaig són de 8,43 W per l'assaig efectuat amb el programa d'elements finits a una temperatura de la base de 44,54°C, i de 8,26 W per l'assaig efectuat amb el programa del procés iteratiu a la mateixa temperatura amb la que s'ha efectuat l'assaig d'elements finits 44,54°C.

Tot i aquestes petites discrepàncies hem conclòs que el dispositiu tenia la necessitat d'un ventilador per tal de produir-hi convecció forçada al radiador de la cel·la Peltier i així augmentar la dissipació de calor.

El sistema compleix just pel seu funcionament, però degut a que es vol salvaguardar el funcionament del dispositiu es decideix realitzar els càlculs amb convecció forçada en el radiador.

#### 4. Càlcul amb el ventilador acoblat radiador del sistema de la cel·la Peltier.

El mecanisme dels càlculs amb convecció forçada són iguals que els realitzats amb els de convecció natural, a excepte de les formulacions per la convecció forçada.

Per part del programa EES hem obtingut les següents taules de resultats, amb el model de les resistències tèrmiques:

Resultats estrets del càlcul amb el procés iteratiu amb convecció forçada								
$K_{\text{epoxy}}$	$L_{\text{epoxy}}$ (m)	$\epsilon$	$T_1$ (°C)	$T_b$ (°C)	$T_{\text{extrem}}$ (°C)	$Q_{\text{sobre}}$ (W)	$Q_{\text{sota}}$ (W)	$Q_{\text{total}}$ (W)
2	0,0001	0,04	42,98	42,83	41,76	36	0,28	36,28
2	0,0001	0,2	42,95	42,79	41,71	36,54	0,35	36,89
2	0,0001	0,4	42,91	42,74	41,65	37,22	0,43	37,65
2	0,0001	0,8	42,82	42,65	41,52	38,56	0,6	39,16

**Taula 11.5** Taula resum comparativa amb diferents resultats estrets dels assatjos amb el procés iteratiu amb convecció natural amb diferents emissivitats i mateix gruix de material epoxy.

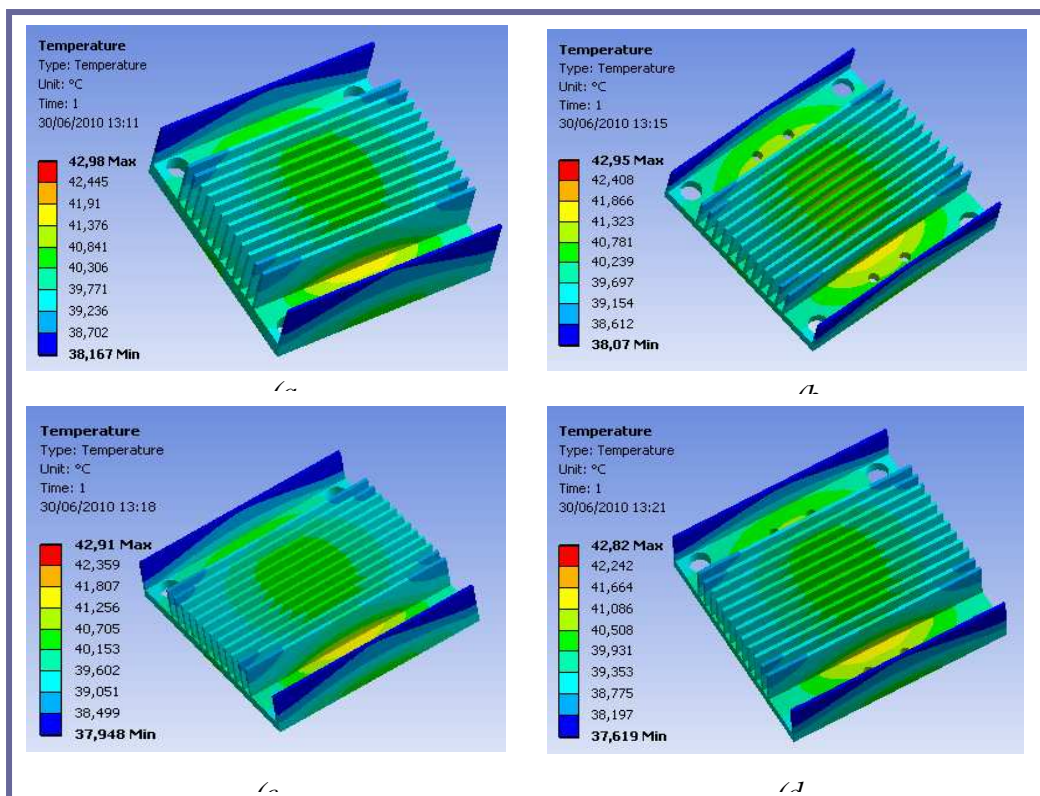
Resultats estrets del càlcul amb el procés iteratiu amb convecció forçada								
$K_{\text{epoxy}}$	$L_{\text{epoxy}}$ (m)	$\epsilon$	$T_1$ (°C)	$T_b$ (°C)	$T_{\text{extrem}}$ (°C)	$Q_{\text{sobre}}$ (W)	$Q_{\text{sota}}$ (W)	$Q_{\text{total}}$ (W)
2	0,00013	0,04	42,44	42,29	41,25	35,11	0,27	35,38
2	0,00013	0,2	42,4	42,25	41,19	35,63	0,33	35,96
2	0,00013	0,4	42,35	42,19	41,12	36,27	0,42	36,68
2	0,00013	0,8	42,25	42,08	40,97	37,53	0,58	38,11

**Taula 11.6** Taula resum comparativa amb diferents resultats estrets dels assatjos amb el procés iteratiu amb convecció natural amb diferents emissivitats i mateix gruix de material epoxy.

Resultats estrets del càlcul amb el procés iteratiu amb convecció natural								
$K_{epoxy}$	$L_{epoxy}$ (m)	$\epsilon$	$T_1$ (°C)	$T_b$ (°C)	$T_{extrem}$ (°C)	$Q_{sobre}$ (W)	$Q_{sota}$ (W)	$Q_{total}$ (W)
2	0,0001	0,4	42,91	42,74	41,65	37,22	0,43	37,65
2	0,00013	0,4	42,35	42,19	41,12	36,27	0,42	36,68
2	0,00015	0,4	41,99	41,84	40,78	35,66	0,41	36,07
2	0,00018	0,4	41,48	41,33	40,3	34,79	0,4	35,18

**Taula 11.7** Taula resum comparativa amb diferents resultats extrets dels assatjos amb el procés iteratiu amb convecció natural amb un tipus d'emissivitat i un gruix de material epoxy que el fem variar.

En quant a l'assaig amb elements finits hem obtingut els següents perfils de temperatures:



**Figura 11.6** Figura amb els assatjos de convecció forçada amb diferents valors de l'emissivitat de l'alumini. (a)  $\epsilon = 0,04$  a  $T=42,98^\circ\text{C}$ ; (b)  $\epsilon = 0,2$  a  $T=42,95^\circ\text{C}$ ; (c)  $\epsilon = 0,4$  a  $T=42,91^\circ\text{C}$  i (d)  $\epsilon = 0,8$  a  $T=42,82^\circ\text{C}$ .

El resultat dels assajos ha esta positiva obrtenint una viavilitat per l'adopció de un ventilador pel seu funcionamnet.

### **Càlcul del temps necessari desde que es treu l'aliment de la nevera fins que el dispositiu de la Peltier es posa en funcionamnet.**

S'han realitzats els càlculs necessaris per tal de verificar el temps en que l'aparell tarda en posar-se en funcionamnet un cop s'ha tret l'aliment de la nevera, els resultats ens han donat que el dispositiu arrencarà a funcionar en un temps estimat de 4 minuts, això si fos el cas en que l'aliment tal com surt de la nevera es posa amb el dispositiu a funcionar.

En els casos reals aquest temps d'espera sol ser menor, ja que després de treure l'aliment de la nevera aquest es deixa en repós i s'acobla al dispositiu més tard.

### **Càlcul de la temperatura de l'aliment fins que arriba a la sonda naso-gàstrica passant pel tub que va unit a la xeringa.**

Amb l'ajuda del programa EES hem verificat que la temperatura en que arriba a la sonda naso-gàstrica del nadó a través del tub que comunica amb la xeringa eren le idonies per la seva nudrició.

Els resultats han estat optims donant-nos que amb un temps de ingestió de l'aliment que oscil·li entre els 30 minuts i els 35 minuts la temperatura de l'aliment al final del tub està entre uns 16,47 °C (per una ingestió de 30 minuts), i de 17,08°C (per un temps de ingestió de 35 minuts). Aquestes xifres són valides per la majoria de temps en que el nadó està sent alimentat, ja que l'aliment no sobrepassa la barrera de temperatura en que els bacteris es tornen actius i comencen a reproduir-se.

#### **Cost del producte:**

En comparació amb els dispositius tradicionals el nostre producte manté els estàndards de preu qualitat molt semblants als diferents dispositius que actualment es comercialitzen al mercat per els hospitals.

#### **Experiència i utilització del projecte:**

El producte presentat en aquest projecte que ha estat desenvolupat amb col·laboració amb Cidete Enginyers, està actualment en funcionament a hospitals de pediatria com l'Hospital del Mar i a diversos hospitals de França.

En la realització i desenvolupament d'aquest projecte he tingut un enriquiment personal, adquirint nous coneixements, i aprenent noves tecnologies.

#### **Aportació personal:**

A partir d'aquest disseny he pogut valorar diferents softwares de disseny assistit per ordinador CAD per tal de dissenyar el producte final, he tingut que aprendre diferents programes. Això m'ha aportat una fluïdesa en la utilització d'aquestes tecnologies.

S'han utilitzat màquines d'estelitografia amb l'objectiu d'elaborar els primers dissenys per tal de poder comprovar si es complien les premisses de funcionament, grandària, errors de dissenyo, etc...

Tot aquest procés d'aprenentatge m'ha motivat dintre de la problemàtica dels hospitals i poder veure com es podien millorar els diferents processos y veure com es podien millorar a partir de la observació rigorosa de com es desenvolupaven aquests processos.

Difícilment aquest projecte no hagués vist la llum si no hagués tingut a l'abast les modernes tecnologies de disseny i simulació que he utilitzat en el seu desenvolupament. Tot això ha ajudat molt a obtenir el desenvolupament del producte en un curt termini de temps, baixant molt notòriament els costos de disseny.



(a)

(b)

(c)

**Fotografia 11.4** Fotografia de les diferents tecnologies utilitzades en el projecte. (a) Màquina d'estelitografia amb dispositiu acoblat per realitzar el netejat de la peça després de la impressió. (b) Primer programa de disseny en 3D Solid Woks. (c) Segon programa de disseny Catia V5.

Entre els diferents sistemes i fenòmens físics que he tingut que aprendre trobem fenòmens físics, elèctrics, tèrmics així com un coneixement de la tecnologia Peltier, en el que es basa aquest mateix projecte.

### **Estudi coneixement, i manipulació de la termoelectricitat:**

Entre els coneixements bàsics que he tingut que aprendre han estat coneixements de fenòmens ja esmentats com són l'efecte Joule, efecte Peltier, efecte Seebeck, així com fenòmens físics estudiats tals com la radiació, convecció, convecció forçada etc...

Havent conegut aquest gran ventall de fenòmens tant elèctrics, com tèrmics he pogut observar la estructura conjunta d'aquest fenòmens així com un conjunt ampli de possibilitats, que en el cas del projecte ha estat la obtenció de calor mitjançant l'electricitat que en projectes futurs es pot ben bé utilitzar per l'obtenció de fred, de la mateixa manera la generació d'electricitat a través de la producció de fred i calor.

És amb aquest mètode estudiat i amb el que he treballat molt estretament una forma d'obtenir la temperatura adequada a través d'una tecnologia neta i respectuosa amb el medi ambient.

També m'he endinsat en els càlculs tèrmics necessaris per la consecució del projecte.

### Producte final

El producte final després d'haver desenvolupat el projecte consta d'un "pack". En aquest hi trobem el cos del disseny del dispositiu, una cèl·la Peltier, amb el seu dispositiu de dissipació de la calor i termòstat, un pack de xeringues reutilitzables, de diversos tipus adaptades a diferents necessitats, un transformador de corrent necessari per l'alimentació del sistema creat.

Aquest "pack" se li ha calculat un cost en quan al disseny del dispositiu d'aproximadament 3000 € i està a la venda en quan a producte del mercat a un cost de 160 €/u., comercialitzat per l'empresa SEGAP, una empresa de la mateixa FRESENIUS



**Fotografia 11.5** Fotografia de l'interior de un dels "packs" comercialitzats. Podem observar les etiquetes plàstiques que hi ha a l'exterior, indicant diferents direccions com també indicant el lloc de producció d'aquests producte.

### **Conclusions més remarcables del PFC**

1. Com a conclusió final d'aquest projecte, es pot afirmar que he contribuït en el disseny i construcció i la posada en marxa d'un dispositiu per regular la temperatura de de les xeringues de l'aliment dels nadons d'incubadora que finalment ha rebut el certificat de qualitat europeu i ha sortit al mercat en forma d'un "pack" de preu a la venda al públic de 160 €, el qual dóna una solució a una problemàtica que es presentava des de ja fa temps en el sector hospitalari.
2. D'altra banda, recalcar que la solució donada en aquest projecte a aquesta problemàtica té un caràcter innovador en el àmbit hospitalari, ja que s'ha utilitzat cel·les Peltier, una solució mai vista fins el moment en aquest sector.
3. També apuntar que el disseny fet originariament aplicat a l'alimentació de nadons d'incubadora també pot aplicar-se a altres àrees dintre de l'àmbit hospitalari: Poc a poc s'han vist les grans possibilitats i la enorme versatilitat del dispositiu dissenyat, ja que tractant-se d'un dispositiu de unes molt reduïdes dimensions i que s'acobla a la immensa majoria de dispositius "impulsor d'èmbol", s'ha anat modificant la seva funcionalitat de les sales de neonats fins a sales de malalts terminals, malalts en coma, malalts de amb problemes de ingestió gàstrica, etc.



# bibliografia

---

## **12.- BIBLIOGRAFIA**

---





## 12.- BIBLIOGRAFIA

### 1.- Llibres

[1] Besançon, Robert M: “*An Introduction to Equilibrium Thermodynamics*”, 2<sup>a</sup> ed, Editorial Prentice-Hall, Inc., Unitates States of America Englewood Cliffs, N.J, (1966).

[3] Besançon, Robert M: “*The Encyclopedia of Physics*”, 2<sup>a</sup> ed, Editorial Van Nostrand Reinhold Company, New York, Unitates States of America (1984).

[2] David M. Rowe: “*CRC Handbook of Thermoelectrics*”, 1<sup>a</sup> ed, Editorial CRC Press, NewYork, Unitates States of America (1995)

[4] David M.Rowe: “*Thermoelectrics Handbook: Macro to Nano*”, 1<sup>a</sup> ed., Editorial Springer, NewYork, Unitates States of America (2006)

[5] Wilhelm, Luther R., Dwayne A. Suter, and Gerald H. Bruswitz: “*Appendix. In Food &Process Engineering Technology*” 2<sup>a</sup> ed, Editorial American Society of Agricultural Engineers (Rev. Aug. 2005.), Joseph, Michigan (2005)

2004., 293-303. St.. ©.

## 2.- Articles Tècnics

[12] G. Tessier<sup>1</sup>, S. Pavageau<sup>1</sup>, C. Filloy<sup>1</sup>, B. Charlot<sup>2</sup>, G. Jerosolimski<sup>1</sup> and D. Fournier<sup>1</sup>, B. Cretin<sup>3</sup>, S. “*Quantitative thermoreflectance imaging: calibration method and validation on a dedicated integrated circuit*”. *Therminic* 1-4 (2005).

[6] Hilmar Straube, Jan-Martin Wagner, and Otwin Breitenstein: “*Measurement of the Peltier coefficient of semiconductors by lock-in thermography*”, Max Planck Institute of Microstructure Physics, *Applied Physics Letters*, Volume 95, Issue 5,(3 pages) (2009).

[8] Yu. A. Skripnik and A. I. Khimicheva UDC 536.532: “*Methods and devices for measuring the peltier coefficient of an inhomogeneous electric circuit* ”, *Measurement Techniques*, Vol 40, No. 7, (1997).

### 3.- Monografies Tècniques

[11] Gerald Recktenwald, Portland State University, "*Temperature Measurement*", Department of Mechanical Engineering:, 4-549 (2010)

[5] M.V.Chereisin A.F.Ioffe "*Peltier Effect Related Correction to Ohmic Resistance*" Physical-Technical Institute.

[7] Universidad Interamericana de Puerto Rico, Bayamon Campus: "*Mechanical Measurements and Instrumentation Laboratory-3*", MECN, 3-8 (2008).

[9] University of Puerto Rico Mayagüez Campus - College of Engineering, "*Temperature Measurements using thermocouples*" Mechanical Engineering Department, INME 4031 (2007)

#### 4.- Projectes Fi de Carrera

[15] Antonio Ayala Rey: “Diseño de una caja de refrigeración por termocélulas” EPSEVG (UPC), 9 de Febrero de 2009

[14] Emilio José Pérez Salgado “*Diseño de un sistema de aire acondicionado portátil termoeléctrico*” EPSC (UPC), 23 de Febrero de 2006

## 5.- Catàlegs Tècnics

- [13] German Noriega, Fernando Noriega, Sharon Feng: “Thermoelectrics”, CIDETE Ingenieros S.L. “Publications”, (2005).
- [16] ILT “Disipadores de calor y accesorios para semiconductores” Catálogo 2000/2001
- [10] Sistelec - Automatización Industrial “*Termoelectricidad y células Peltier*” Sistelec Ind. 1-1 (2006).
- [17] Tetechnology, INC. “Corbes de rendiment de Cel·les Peltier”
- [18] Tetechnology, INC “Thermoelectrics”
- [19] UWE electronic “Temperaturmanagement”

## 6.- Pàgines d'Internet ó Webgrafia

[20] [www.laflecha.net](http://www.laflecha.net)

En aquesta pagina podem trobar contingut divers de ciència i tecnologia, així com notícies d'actualitat així com multitud de articles tècnics en els quals ens podem informar molt sobre un tema en concret.

Es tracta d'una pàgina de referència en quant a investigació en quant als articles tècnics que hi trobem penjats en ella.

Data aproximada última consulta al portal: 6 Juny 2009

[21] [www.pharmafocusasia.com](http://www.pharmafocusasia.com)

En aquesta pagina es pot trobar tot allò relacionat amb el món de la farmàcia, amb diferents articles tècnics farmacèutics, venda de material farmacèutic, novetat en medicaments, investigacions, etc...

Data aproximada última consulta al portal: 20 Març 2009

[22] [www.highbeam.com](http://www.highbeam.com)

En aquesta pagina, es tracta d'un portal de busques de articles i investigacions que han estat publicades en diferents revistes de la premsa, en quant a ciència, tecnologia biologia....

En aquest portal es recullen aquestes publicacions amb un senzill motor de busqueda.

Data aproximada última consulta al portal: 1 Juliol 2009

[23] [www.fujitaka.com](http://www.fujitaka.com)

Empresa japonesa dedicada al subministre d'electrodomèstics. Un del tipus d'electrodomèstics son sistemes de refrigeració a través de peltiers, com ara sistemes de refrigeració per aliments, per conservació de ampolles de vi.

Data aproximada última consulta al portal: 16 Juliol 2009

[24] [www.sistelec.com.ar](http://www.sistelec.com.ar)

Portal de una empresa especialitzada em sistemes d'electrònica i automatització industrial.

En el portal troben un petit resum sobre els sistemes peltiers i un conjunt de preguntes amb les seves respectives respostes sobre aquest tipus de refrigeració elèctrica.

Data aproximada última consulta al portal: 4 Setembre 2009

[25] [www.conacyt.mx](http://www.conacyt.mx)

Portal de ciència i tecnologia. Es tracta de un portal mexicà destinat a la divulgació de coneixements sobre ciència i tecnologia. Podem trobar diferents articles tècnics entre els quals hi ha nombrosos referents sobre la termoelectricitat, efectes de la calor i Cel·les Peltier.

Data aproximada última consulta al portal: 4 Octubre 2009

[26] [www.edplastics.co.uk](http://www.edplastics.co.uk)

Portal d'empresa especialitzada en plàstics. Hem extret diferents taules de propietats dels materials plàstics per tal d'efectuar els càlculs pertinents.

Data aproximada última consulta al portal: 10 Maig 2010

[27] [www.aniq.org.mx](http://www.aniq.org.mx)

Empresa dedicada a la construcció de dispositius plàstics i peces de plàstics. Hem extret d'aquesta web les propietats dels plàstics que en requeríem per alguns dels nostres càlculs.

Data aproximada última consulta al portal: 10 Maig 2010

[28] [www.plasticbages.com](http://www.plasticbages.com)

Empresa que es dedica a la venda de tubs i estructures, entre elles està la d'elaboració amb plàstic. S'han extret d'aquesta pàgina propietats d'alguns plàstics per tal d'efectuar els càlculs requerits.

Data aproximada última consulta al portal: 10 Maig 2010

[29] [www.tetech.com](http://www.tetech.com)

Empresa Americana dedicada al subministre de Cel·les Peltier. Es poden observar diferents tipus de Peltier, amb gran varietat de potencials i grandàries.

Data aproximada última consulta al portal: 16 Agost 2009

[30] [www.tec-microsystems.com](http://www.tec-microsystems.com)

Empresa Alemanya dedicada al subministre de Cel·les Peltier. Es poden observar diferents tipus de Peltier, amb gran varietat de potencials i grandàries, podem afirmar que tenen una molt alta qualitat i un preu competitiu.

Data aproximada última consulta al portal: 30 Agost 2009

[32] [www.hebeiltd.com.cn](http://www.hebeiltd.com.cn)

Empresa Xinesa dedicada al subministre de Cel·les Peltier. Es poden observar una extensíssima varietat de Cel·les Peltier, amb gran varietat de potencials i grandàries. El preu és molt baix, i la seva qualitat molt baixa, solen donar problemes.

Data aproximada última consulta al portal: 15 Gener 2010

[33] [www.quick-cool.com](http://www.quick-cool.com)

Empresa d'Alemanya dedicada al subministre de Cel·les Peltier. Tenen un catàleg petit però de una gran qualitat. El seu cost unitari és alt.

Data aproximada última consulta al portal: 29 Març 2010

[34] [www.tetech.com](http://www.tetech.com)

Empresa dels Estats Units dedicada al subministre de Cel·les Peltier. Tenen un catàleg extens, i de una gran qualitat. El seu cost unitari és competitiu pel mercat.

Data aproximada última consulta al portal: 2 Decembre 2009

[34] [www.melcor.com](http://www.melcor.com)

Empresa distribuïdora i fabricant de Cel·les Peltier. Disposa de software gratuït pel càlcul de Cel·les Peltier. Aquest software està basat amb el tipus de Cel·les Peltier que ells fabriquen i comercialitzen

Data aproximada última consulta al portal: 2 març 2010



Nombre de archivo: Vers1.12BSenseProposta.doc  
Directorio: C:\Documents and Settings\Mafia  
Team\Escritorio\P.F.C UPC\Projecte en Word\Versiones  
Proyecto  
Plantilla: C:\Documents and Settings\Mafia Team\Datos de  
programa\Microsoft\Plantillas\Normal.dot  
Título: TREBALL FI DE CARRERA  
Asunto:  
Autor: Guest  
Palabras clave:  
Comentarios:  
Fecha de creación: 01/07/2010 8:56  
Cambio número: 13  
Guardado el: 01/07/2010 9:22  
Guardado por: Mafia Team  
Tiempo de edición: 25 minutos  
Impreso el: 01/07/2010 9:22  
Última impresión completa  
Número de páginas: 344  
Número de palabras: 59.312 (aprox.)  
Número de caracteres: 326.219 (aprox.)