

Escola Universitària Politécnica de Mataró

Centre adscrit a:



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

**APROFITAMENT DE L'ENERGIA TÈRMICA DEL TUB VERD PER LA CREACIÓ
D'UN SISTEMA DAQ SENSE FILS**

Avantprojecte

**JORDI POZO PEIRIS
PONENT: VIRGINIA ESPINOSA DURÓ**

PRIMAVERA 2018



**TecnoCampus
Mataró-Maresme**

Índex.

Índex de figures.....	III
Índex de taules.....	V
Glossari de termes.	VII
1. Objecte.....	1
2. Antecedents i necessitats d'informació.....	3
2.1. Energy Harvesting.	3
2.1.1. Tecnologies Energy Harvesting.	5
2.2. Efecte termoelèctric.	7
2.2.1. Efecte Seebeck.	7
2.2.2. Efecte Peltier.	9
2.2.3. Efecte Thompson.....	10
2.2.4. Cèl·lules termoelèctriques.....	12
2.3. Transferència tèrmica.....	19
2.3.1. Conducció.....	20
2.3.2. Convecció.....	20
2.3.3. Radiació.....	21
2.4. Projectes i aplicacions termoelèctriques.	22
2.5. Tub Verd Mataró.	29
2.5.1. Descripció.....	30
2.5.2. Funcionament.	31
2.5.3. Resultats actuals.	32
3. Abast.....	33
4. Objectius i especificacions tècniques.....	35
5. Generació i plantejament de possibles alternatives de solució.	37
6. Selecció de l'alternativa més adequada.	39
7. Anàlisi de viabilitat.	41
7.1. Viabilitat tècnica.	41
7.2. Viabilitat econòmica.	52
7.3. Viabilitat mediambiental.....	54
8. Desenvolupament de la solució.....	59

9. Planificació del projecte.....	63
10. Pressupost.....	71
10.1. Amidaments.....	71
10.2. Quadre de preus.	73
10.3. Pressupost parcial.	74
10.4. Pressupost global.	77
11. Referències.	79

Índex de figures.

Fig. 2.1 - Total de dispositius connectats a IoT. Font: SEMICO Research.....	4
Fig. 2.2 - Principals tecnologies de EH. Font: Article Piezoelectric Energy Harvesting Solutions [5].....	5
Fig. 2.3 - Potències de les principals tecnologies de EH. Font: Texas Instruments.	6
Fig. 2.4 - Representació efecte Seebeck.....	8
Fig. 2.5 - Representació gràfica de l'efecte Peltier.....	9
Fig. 2.6 - Representació gràfica de l'efecte Thompson. Font: www.researchgate.net	11
Fig. 2.7 - Estructura de muntatge per cèl·lula termoelèctrica. Font: nergiza.com	13
Fig. 2.8 - Esquema exemple d'una cèl·lula termoelèctrica en mode refredador. Font: ScienceProg.	15
Fig. 2.9 - TEC model HP-127-1.4-1.5-74. Font: TE Technology INC.	16
Fig. 2.10 - Esquema exemple de funcionament d'un TEG. Font: OTE Materials.....	17
Fig. 2.11 - TEG model TE-MOD-22W7V-56. Font: TEGPro.	18
Fig. 2.12 - Equivalent de Thevenin d'un TEG.....	19
Fig. 2.13 - Smartwatch PowerWatch de Matrix. Font: www.powerwatch.com	23
Fig. 2.14 - HEAT-R i exemple d'instal·lació del mòdul de AEInnova. Font: AEInnova.....	24
Fig. 2.15 - Verificacions del projecte TEGMarine. Font: TEGma.	25
Fig. 2.16 - Anàlisi d'energia consumida d'un automòbil. Font: [29].	26
Fig. 2.17 - implementació Thermagy a TATA Steel. Font: RGS Development.	28
Fig. 2.18 - gSKIN de l'empresa GreenTEG. Font: GreenTEG.	29
Fig. 2.19 - Mapa de distribució del Tub Verd. Font: www.tubverd.cat.	30
Fig. 2.20 - Fases del Tub Verd. Font: Mataró Energia Sostenible (MES).....	32

Fig. 7.1 - Relació dels diferents dispositius TEG analitzats: A.- Kryotherm TGM-127-2.0-1.3. B.- TEGpro TGPR-22W-7V-56S. C.- Marlow TG12-8-01LS.	41
Fig. 7.2 - Xbee de Digi. Font: http://xbee.cl/	43
Fig. 7.3 - Possibles topologies de xarxa de XBee. Font: Digi International...	44
Fig. 7.4 - Topologia estàndard SigFox. Font: Libelium.	45
Fig. 7.5 - Cobertura SigFox mundial. Font: www.sigfox.com	46
Fig. 7.6 - Cobertura SigFox a Espanya. Font: www.sigfox.com	46
Fig. 7.7 - Mòdul SigFox de Libelium. Font: www.libelium.com	47
Fig. 7.8 - Topologia xarxa LoRaWAN. Font: www.lora-alliance.org	48
Fig. 7.9 - Mòdul LoRaWAN de Libelium. Font: www.libelium.com	48
Fig. 7.10 - Waspnote de Libelium. Font: www.libelium.com	50
Fig. 7.11 - Sonda Pt100 de Remberg, model Pt-S12D6-10M. Font: www.linkersystem.com	51
Fig. 7.12 - LTC2983 de Linear. Font: experimentalavionics.com	51
Fig. 8.1 - Proposta de distribució d'unitats d'adquisició de temperatura al llarg del Tub Verd.....	59
Fig. 8.2 - Solució esquemàtica general.	60
Fig. 8.3 - Muntatge de TEGs per aprofitament d'energia tèrmica de la canonada.	61
Fig. 8.4 - Etapa d'adquisició, conversió i enviament de la unitat.	62
Fig. 9.1 - Gantt de la fase de disseny.	67
Fig. 9.2 - Gantt de la fase d'implementació.	69

Índex de taules.

Taula 6.1 - Rúbrica de valoració de la solució sobre sensors no cablejats sense bateries.....	39
Taula 6.2 - Rúbrica de valoració de la solució sobre sensors en xarxa wireless.....	40
Taula 7.1 - Taula anàlisi TEGs.	42
Taula 7.2 - Comparativa dels 3 mètodes de comunicació.	49
Taula 7.3 - Taula de rendibilitat econòmica del projecte.....	53
Taula 7.4 - Accions d'impacte a les fases del projecte.....	56
Taula 7.5 - Factors ambientals d'impacte.	56
Taula 10.1 - Hores dedicades al disseny del projecte.	71
Taula 10.2 - Hores dedicades a la implementació del projecte.....	72
Taula 10.3 - Material del projecte.....	72
Taula 10.4 - Relació preus per hora dels recursos emprats en disseny i implementació del projecte.	73
Taula 10.5 - Preus de material necessari per la implementació del projecte. 74	
Taula 10.6 - Pressupost parcial de la fase de disseny.	75
Taula 10.7 - Pressupost parcial de la mà d'obra a la fase d'implementació..	76
Taula 10.8 - Preu material per la fase d'implementació.	76
Taula 10.9 - Preu amortitzacions.	77

Glossari de termes.

AC	Corrent alterna.
Bi ₂ Te ₃	Bismut-Tel·lur.
BOE	Bolletí oficial de l'Estat.
CH ₄	Metà.
CO ₂	Diòxid de carboni.
COP	Coefficient of Performance – Coeficient de rendiment.
CTRSUM	Consorci pel Tractament de Residus Sòlids Urbans del Maresme.
CTVRSU	Consorci de Tractament i Valorització de Residus Sòlids Urbans.
Cu-Bi	Coure-Bismut.
DC	Corrent contínua.
DHC	<i>District Heating and cooling.</i>
EDAR	Estació d'Aigües Residuals.
EH	<i>Energy Harvesting.</i>
EM	Electromagnètiques.
EUA	Estats Units d'Amèrica.
ICB	Índex de cost – beneficis.
IEEE	Institut d'Enginyeria Elèctrica i Electrònica.
IMO	<i>International Maritime Organization</i> – Organització Marítima Internacional.
IoT	<i>Internet of Things</i> – Internet de les coses.
IVA	Impost sobre el valor afegit.
LPWAN	<i>Low Power Wide Area Network.</i>
MESH	Topologia de comunicació tipus malla.
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration.</i>
ONU	Organització de les Nacions Unides.

ORC	Cicle Orgànic de Rankine.
PbTe	Tel·lur de Plom.
PERR-TO-PEER	Topologia de comunicació punt a punt.
QFD	<i>Quality Function Deployment</i> – Desplegament de la funció de qualitat.
RF	Radio freqüència.
RTD	<i>Resistance Temperature Detector</i> – Detector de temperatura resistiu.
SiGe	Silíci-Germani.
SM	Semiconductor.
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i> .
Tc	Temperatura cara freda.
TC	<i>Turbo-Compound</i> .
TEC	<i>Thermoelectric cooler</i> – Generador tèrmic.
TEG	<i>Thermoelectric generator</i> – Generador termoelèctric.
Th	Temperatura cara calenta.
TIR	Tassa interna de retorn.
VAN	Valor actual net.
VOC	Voltatge en circuit obert.
WPAN	<i>Wireless Personal Area Network</i> .
WSN	<i>Wireless sensor network</i> - xarxa de sensors sense fils.
Z	Figura de Mèrit.
ZT	Figura de Mèrit expressada conjuntament amb la mitjana de la temperatura.

1. Objecte.

L'objecte d'aquest projecte és l'estudi de la viabilitat sobre l'aprofitament de l'energia tèrmica de rebuig del Tub Verd, projecte sostenible situat a la ciutat de Mataró. L'energia tèrmica recollida per mitjà de cèl·lules termoelèctriques fabricades segons el principi de Seebeck, s'utilitzarà per dissenyar una xarxa de sensors, autònoms i sense bateries.

Es desenvoluparà la viabilitat tècnica, econòmica i mediambiental de la capacitat d'aprofitament de l'energia tèrmica de rebuig que es desprèn del circuit del Tub Verd, on circula aigua calenta d'impulsió a 85-90 °C, i així alimentar elèctricament sensors distribuïts a distàncies determinades al llarg del circuit, per mesurar paràmetres físics d'interès pel projecte.

L'autonomia total dels sensors sense cables ni bateries aportarà el disseny d'una xarxa de comunicació *wireless* per l'enviament de dades obtingudes pels sensors, i dirigides al centre de control del Tub Verd, creant així una xarxa de sensors autònoms ó *Wireless sensor network* (WSN).

Amb la WSN, s'introdueix una nova manera d'interpretació de l'adquisició de dades físiques, on s'elimina la utilització de bateries per alimentar elèctricament els sensors, i es descarta qualsevol tipus de cablejat o consum elèctric del sistema, sent així una solució sostenible. La xarxa es crearà amb una topologia viable i un protocol eficient, la qual aconseguirà un enviament i centralització de dades òptim.

El projecte està motivat per la millora continua en el desenvolupament de materials de cèl·lules termoelèctriques, que impliquen un increment d'eficiència en l'adquisició d'energia tèrmica, fet que contribueix a donar un nou impuls a la necessitat global de desenvolupament de solucions tecnològiques sostenibles.

2. Antecedents i necessitats d'informació.

Des de que existeix la humanitat, ha hagut de consumir energia per la seva supervivència. Tan per a bo com per a dolent, l'energia ha representat, i representa, un pilar de la societat.

En tota l'evolució humana, les necessitats creixents d'energia han comportat diferents mètodes d'extracció i d'ús, juntament amb diferents tipus de fonts del recurs. Aquesta creixent i imparabile tendència, també representa un efecte molt negatiu pel Planeta, ja que moltes d'aquestes fonts d'energia utilitzades, principalment les fòssils, resulten molt contaminants i tenen data d'extinció.

És per aquest motiu que en les últimes dècades, la tendència de la societat és la aposta per energies renovables i sostenibles. Les més conegudes, com poden ser la eòlica o la solar, responen a demandes de nivell mitja o alt d'energia, en canvi, la societat cada vegada viu amb més dispositius electrònics de baix consum, gràcies als avenços de la tecnologia, on aquestes necessitats responen a nivells baixos de consum.

Aquest fet, ha generat una nova manera d'interpretar l'energia, un nou concepte, conegut com *Energy Harvesting*.

2.1. Energy Harvesting.

El terme *Energy Harvesting* (A partir d'ara, EH), es refereix al procés pel qual s'aprofita l'energia residual present a l'ambient per produir energia elèctrica, que pot ser emmagatzemada o utilitzada per alimentar petits dispositius elèctrics o electrònics de baix consum o de baixa potència, amb l'objectiu de poder subministrar energia a dispositius autònoms i sense fils [1]. La traducció literal del concepte és collita d'energia, sent molt significant.

Els dispositius autònoms que funcionen amb alimentació elèctrica, necessiten de bateries o sistemes d'emmagatzematge d'energia pel seu correcte funcionament. El concepte EH, permet poder eliminar les bateries d'aquests dispositius, el resultat d'això suposaria la reducció d'un contaminant immens actual, o des d'una altra perspectiva: significaria poder

allargar la vida útil de les bateries d'aquests dispositius, ja que els cicles de càrrega/descàrrega es reduirien considerablement.

Actualment, hi ha un clar augment de necessitats d'obtenir cada vegada més informació sobre sistemes domèstics, industrials, entre d'altres, per optimitzar la pròpia gestió d'aquests sistemes [2]. Un concepte innovador, per exemple, és el de *Internet of Things* ó IoT, que augura un futur pròxim on tots els dispositius transmeten informació del que controlen, i poden ser gestionats remotament. Amb EH aplicat, es podria aconseguir que a més, fossin autònoms i sense fils. La evolució dels dispositius IoT es pot veure a la Fig. 2.1.

Un exemple del mencionat, és ZigBee [3], que és una aliança que crea un llenguatge de comunicació sense fils, de baix consum, creat perquè els dispositius es comuniquin entre si, i puguin ser controlats remotament. A més, distribueixen dispositius de molt baix consum habilitats per la seva xarxa.

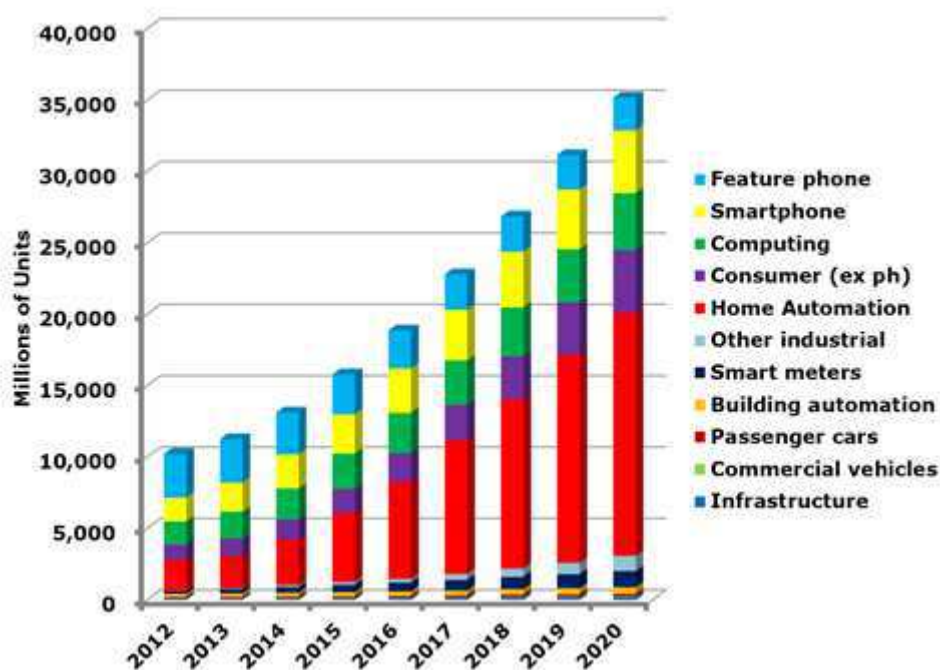


Fig. 2.1 - Total de dispositius connectats a IoT. Font: SEMICO Research.

Les necessitats són tan clares i creixents, que un estudi en diferents segments preveu un augment de 288.088 milions de dòlars al 2017, fins a 591.531 milions de dòlars al 2022 sobre el mercat de sistemes EH, segons RESEARCH AND MARKETS [4].

2.1.1. Tecnologies Energy Harvesting.

Les principals tecnologies de collita d'energia són, les vibracions, l'energia solar o llum, l'efecte tèrmic i l'energia de les ones electromagnètiques de radio freqüència, tal com es veu a la Fig. 2.2 següent.

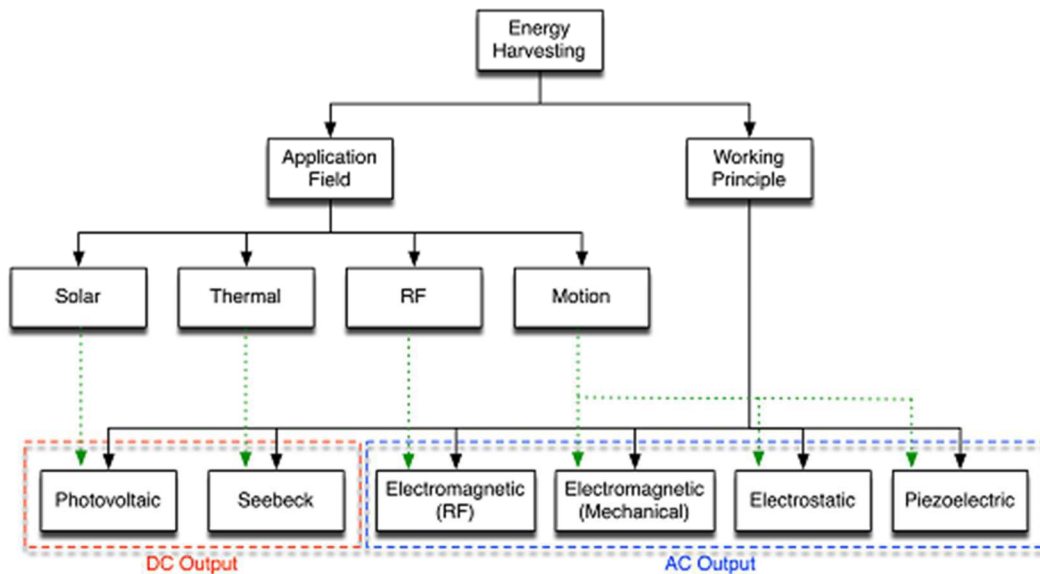


Fig. 2.2 - Principals tecnologies de EH. Font: Article Piezoelectric Energy Harvesting Solutions [5]

Energia solar o llum: El mitjà més conegut és la recollida d'energia que irradia el Sol, a través de les cèl·lules solars. Aquestes cèl·lules transformen la radiació electromagnètica en la banda de l'infraroig tèrmic del Sol, en energia elèctrica.

Un exemple d'aquesta tecnologia es pot trobar al parc solar de El Casar, a la província de Guadalajara, que subministra 13 MW d'energia elèctrica per alimentar a 7.200 habitatges de la província [6].

Energia de Radio Freqüència (RF): Es tracta de transformar l'energia de les ones electromagnètiques (EM) dins de l'interval freqüencial corresponent al de la RF que emeten infinitat de dispositius, en energia elèctrica. S'ha de tenir en compte que el nombre d'emissors d'ones de radio continua creixent, per tant, és una font d'energia en contínua expansió.

Per exemple, la marca PowerCast® comercialitza el xip Px110 915MHz RF Powerharvester™, que pot generar fins a 5,25 V de sortida, amb un corrent de 50 mA, amb el senyal de RF del ambient [7].

Energia del moviment o de vibracions: Es tracta de recol·lectar energia de vibracions de motors industrials, moviments d'objectes, moviments del cos humà o d'animals. Els sensors recol·lectors són piezoelèctrics, que transformen aquesta energia de moviment en energia elèctrica.

PAVEGEN, és una empresa anglesa que realitza projectes per aconseguir energia elèctrica mitjançant les petjades de persones al carrer [8].

Energia tèrmica: Es tracta de capturar l'energia tèrmica residual en molts sistemes, i transformar-la en energia elèctrica. Aquesta transformació es realitza mitjançant materials termoelèctrics o piroelèctrics, que serien els encarregats de realitzar la captació i transformació, que detecten variacions o gradients de temperatura i ho processen. Aquests materials respondrien a l'efecte termoelèctric.

L'empresa alemanya Micropelt, comercialitza solucions i productes per automatitzar el control de temperatura domèstic mitjançant l'efecte termoelèctric, i amb la possibilitat d'enviar dades mitjançant comunicació ZigBee [9].

Les quantitats d'energia aproximada que es poden recol·lectar, de les quatre principals tecnologies del EH, es poden veure a la Fig.2.3.

Energy Source	Characteristics	Efficiency	Harvested Power
Light	Outdoor Indoor	10~24%	100 mW/cm ² 100 μW/cm ²
Thermal	Human Industrial	~0.1% ~3%	60 μW/cm ² ~1-10 mW/cm ²
Vibration	~Hz-human ~kHz-machines	25~50%	~4 μW/cm ³ ~800 μW/cm ³
RF	GSM 900 MHz WiFi	~50%	0.1 μW/cm ² 0.001 μW/cm ²

Fig. 2.3 - Potències de les principals tecnologies de EH. Font: Texas Instruments.

La present memòria tracta sobre una de les tecnologies de EH, concretament la del reaprofitament d'energia tèrmica mitjançant recol·lectors termoelèctrics. Es per això que la documentació en endavant, és més concisa sobre l'efecte termoelèctric.

Les fonts d'energia ambiental més comuns són els processos industrials i la tecnologia, ja que sempre tenen pèrdues. Per exemple, en centrals elèctriques, quasi tota l'energia al món és generada per motors tèrmics, que són turbines accionades per gas o vapor, i aquesta energia mecànica és convertida en elèctrica [10].

La indústria a Europa crema cada any 63 milions d'euros i els llança a l'atmosfera.

Traduint això en termes energètics [11]:

Al voltant del 65% d'energia consumida en processos productius, es rebutja en forma d'emissions. Generalment, es perd en xemeneies i en conductes de transport, i suposa, només a Europa, prop del 21% de tota l'energia consumida.

2.2. Efecte termoelèctric.

L'efecte termoelèctric és la conversió d'una diferència de temperatura sobre materials termoelèctrics en voltatge elèctric, i l'inrevés. La NASA, per exemple, va utilitzar l'efecte termoelèctric per primera vegada als anys 70, per generar energia per a les sondes Voyager, que 40 anys després, encara alimenten els seus circuits mitjançant aquest efecte.

A moltes fonts d'informació, l'efecte termoelèctric es pot trobar com efecte Peltier-Seebeck, tot i que aquest efecte es pot dividir en tres efectes diferenciats: efecte Peltier, efecte Seebeck, efecte Thomson.

2.2.1. Efecte Seebeck.

El primer efecte descobert, relacionat amb la termoelectricitat, va ser l'efecte Seebeck. El físic que el va descobrir, va ser l'alemany Thomas Johann Seebeck, que va començar a investigar sobre la relació entre la calor i l'electricitat. Va ser al 1921, quan estava soldant dos materials diferents (Cu-Bi) i aplicant calor a un d'ells, va observar que es generava un

camp elèctric entre ells, i que si aquest calor se li aplicava a la unió dels materials, es generava una diferència de potencial entre ells [12], tal com es veu a la Fig.2.4.

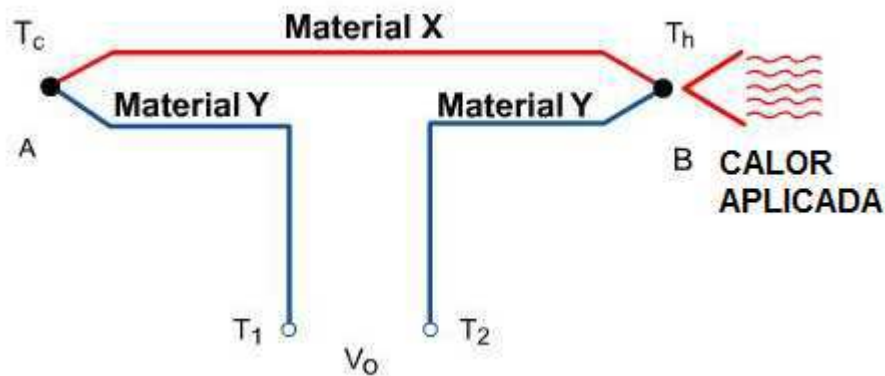


Fig. 2.4 - Representació efecte Seebeck.

Connectant una càrrega per a tancar el circuit obert de l'extrem fred entre els dos materials, es genera un corrent i un voltatge continu sobre la càrrega, que és proporcional a la diferència de temperatura entre la part calenta i la freda. Aquesta generació d'energia elèctrica no té cap pas entremig de correcció, és per això que l'energia termoelèctrica és classificada com una conversió d'energia directe [13].

És important realitzar l'observació que el corrent generat en circuit tancat, depèn de la resistència dels conductors i de la càrrega, en canvi, la força electromotriu generada és únicament funció de la diferència de temperatura entre les unions i de la natura dels materials [14].

Seguint la mateixa terminologia de la representació de l'efecte Seebeck exposat a la Fig.2.4., es defineix doncs, com a coeficient Seebeck (α) l'expressió (2.1).

$$\alpha_{XY} = \frac{(V_{T1} - V_{T2})}{(T_h - T_c)} = \frac{V_o}{\Delta T} \quad (2.1)$$

On el coeficient de Seebeck dels materials X i Y és α_{xy} , la força electromotriu generada per l'efecte Seebeck és V_o , i la diferència de temperatura entre la unió calenta i freda és ΔT .

2.2.2. Efecte Peltier.

Aquest efecte termoelèctric va ser descobert al 1834, pel físic francès Jean Charles Athanase Peltier, denominat com l'efecte Peltier.

L'efecte Peltier va sorgir sobre la base del efecte Seebeck, el qual consisteix en l'escalfament o refredament d'una unió entre dos materials diferents al circular una intensitat elèctrica a través d'ella. Si el sentit d'aquesta corrent canvia, també canvia el sentit del flux de calor. És a dir, si s'aplica un corrent elèctric a una unió de dos materials diferents en un sentit, la unió cedirà calor, i al invertir aquest corrent, la mateixa unió absorbirà calor, per tant, es refredarà [14]. La representació d'aquest efecte es pot veure a la Fig. 2.5.

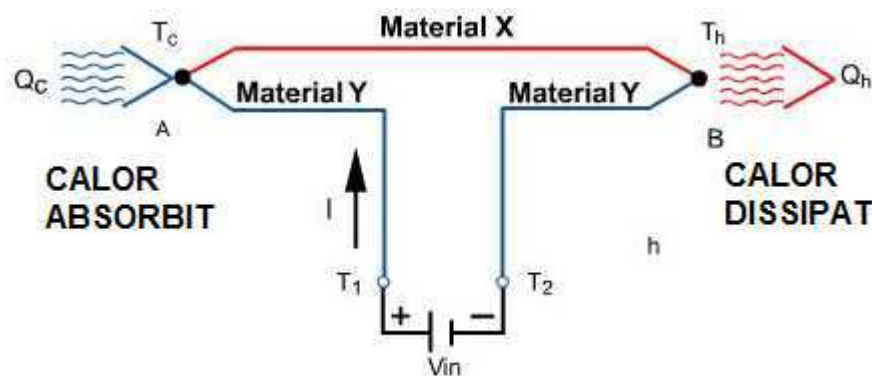


Fig. 2.5 - Representació gràfica de l'efecte Peltier.

És important realitzar l'observació, que aquest efecte és reversible i independent de la forma i dimensions dels conductors. Depèn només de la composició dels materials i de la temperatura de la unió.

Aquesta dependència resulta ser, també, lineal i és descrita pel coeficient de Peltier (π), que es defineix com el calor generat en la unió entre el material X i Y per unitat de corrent elèctric, càrrega positiva, que circula del material Y al material X.

Seguint la mateixa terminologia de la representació de l'efecte Peltier exposat a la Fig.2.5., es defineix doncs, com a coeficient Seebeck (π), l'expressió (2.2).

$$\pi_{XY} = \frac{Q}{I} \quad (2.2)$$

On el coeficient Peltier del material X i Y, és π_{xy} , la calor generada o absorbida és Q , i la intensitat elèctrica que circula a través de la unió dels materials X i Y és I .

El fet de que el calor de la unió sigui proporcional al corrent elèctric, i no al corrent elèctric al quadrat, marca la diferència respecte l'efecte Joule [14].

L'efecte Joule és el fenomen que s'observa al circular un corrent elèctric per un conductor, i part de l'energia cinètica d'aquest electrons en moviment és dissipada en forma de calor que genera el propi material conductor. Aquest efecte és irreversible.

En el cas en que es vulgui fer un escalfament o refredament mitjançant l'efecte Peltier, si es fa circular un corrent elèctric suficientment gran pels materials que produeixen la unió per l'efecte Peltier, a part d'escalfar o refredar per aquest efecte, es produiria un escalfament per efecte Joule. Cosa que pot generar errors de mesures o discrepància entre la temperatura que es vol aconseguir, i la que es mesura.

2.2.3. Efecte Thompson.

L'efecte Thompson va ser descobert pel físic i matemàtic William Thompson, també conegut com Lord Kelvin, al 1.947-54.

Aquest efecte termoelèctric consisteix en l'absorció o alliberació de calor per part d'un conductor homogeni, amb temperatura no homogènia, pel que circula un corrent elèctric. Aquest calor alliberat, és proporcional al corrent, no al seu quadrat (efecte Joule), i és per això que canvia de signe a l'invertir el sentit del corrent [14].

S'absorbeix calor al fer passar corrent elèctric des del punt més fred, al més calent, i s'allibera calor quant el flux de corrent va del més calent al més fred. La representació d'aquest efecte, es pot veure a la Fig. 2.6.

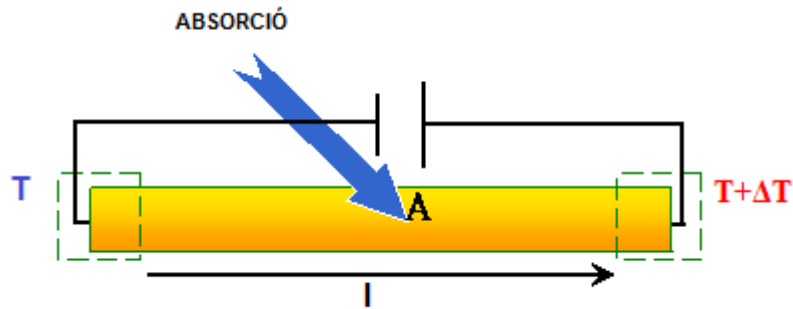


Fig. 2.6 - Representació gràfica de l'efecte Thompson. Font: www.researchgate.net

Es pot observar que aquest efecte es produeix sobre un sol material, i no cal cap unió de dos materials diferents, com el que s'ha vist als efectes anteriors, Peltier i Seebeck.

El coeficient Thompson (τ), expressa que per la injecció de corrent elèctric I , produeix un gradient de temperatura ($\partial T/\partial x$), que indueix una velocitat d'escalfament o refredament ($\partial Q/\partial x$) per unitat de longitud [12]. Tal com es veu a (2.3).

$$\tau = \frac{\frac{\partial Q}{\partial x}}{I \frac{\partial T}{\partial x}} \quad (2.3)$$

Les relacions entre els coeficients termoelèctrics poden determinar-se per els principis de la termodinàmica irreversible. Aquestes relacions, que determina Thompson, són conegudes com les lleis de Kelvin [15], tal com es veu a 2.4. i a 2.5.

$$\pi_{XY} = \alpha_{XY} T \quad (2.4)$$

$$\tau_X - \tau_Y = T \frac{\partial \alpha_{XY}}{\partial T} \quad (2.5)$$

L'efecte Joule, és per suposat, un efecte a considerar també, quant es treballa amb l'efecte Thompson.

2.2.4. Cèl·lules termoelèctriques.

Les cèl·lules termoelèctriques, també anomenades cèl·lules Peltier, són dispositius que consisteixen en un array de semiconductors tipus p, que són els que presenten un dèficit d'electrons, i tipus n, que són els que presenten un excés d'electrons. Aquests semiconductors (SM) estan connectats elèctricament en sèrie, i tèrmicament en paral·lel. L'array de SM s'aïlla elèctricament de l'exterior per a dos plaques de ceràmica, el qual és un material amb una conducció tèrmica molt elevada, cobrint cada cara tèrmica del dispositiu [13]. Aquest muntatge es pot observar a la Fig.2.7.

Per a la construcció d'aquestes cèl·lules, s'utilitza principalment Bismut-Telur per al material dels semiconductors, fortament dopat pel tipus n i dèbilment dopat pel tipus p [16].

Aquests dispositius poden treballar tant en efecte Peltier (generadors tèrmics ó TEC), com en efecte Seebeck (generadors termoelèctrics ó TEG), encara que els fabricants dissenyen específicament pel seu ús específic. Presenten avantatges tals com multitud d'aplicacions, no tenen manteniment, la seva vida útil és molt llarga, són silenciosos, són modulars fàcilment acoblables, entre d'altres.

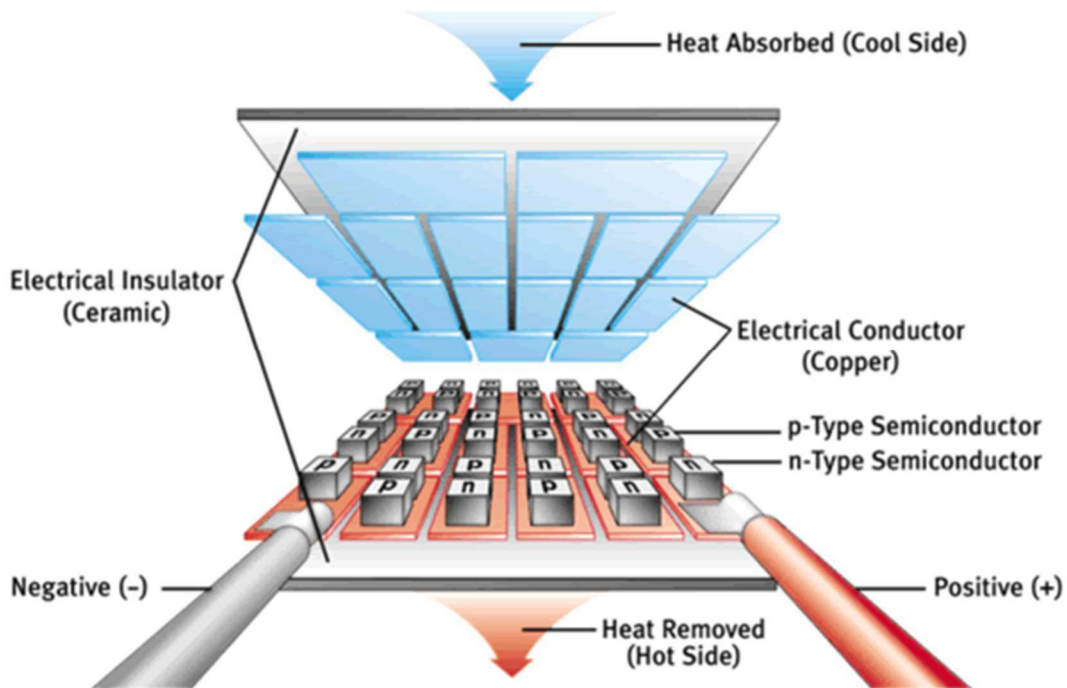


Fig. 2.7 - Estructura de muntatge per cèl·lula termoelèctrica. Font: nergiza.com

Com a terme general, i funcionant tant com a escalfadores/refredadores ó com a generadors elèctrics, existeixen bàsicament dos paràmetres genèrics a tenir en compte en una cèl·lula termoelèctrica:

- El *Coefficient of Performance*, coeficient de rendiment ó COP. El COP respon a la quantitat de calor bombejada o de traspàs Q , dividida entre la energia elèctrica subministrada P_{in} . Expressa quantes unitats de calor de traspàs s'obtidran per cada unitat d'energia elèctrica que es subministri [17]. Tal com es veu a (2.6).

$$COP = \frac{Q}{P_{in}} \quad (2.6)$$

En general, el coeficient de rendiment, es troba entre 0,4 i 0,7 per aplicacions d'una sola etapa. No obstant això, es poden aconseguir COP més alts amb mòduls termoelèctrics optimitzats i personalitzats.

- La Figura de Mèrit ó Z. Aquest paràmetre és influència únicament de característiques del semiconductors, i afecta directament al rendiment de la cèl·lula termoelèctrica. La Z relaciona la conductivitat elèctrica σ , amb el coeficient de Seebeck α i amb la conductivitat tèrmica k [18]. És pot observar l'expressió (2.7).

$$Z = \frac{\sigma \alpha^2}{k} \quad (2.7)$$

És més comú expressar aquest paràmetre multiplicat per la mitjana de la temperatura [19], com es veu a (2.8).

$$ZT = \frac{\sigma \alpha^2}{k} \frac{(T_h - T_c)}{2} \quad (2.8)$$

Valors de $ZT=1$ es consideren bons, de $ZT= 3$ ó 4 són valors essencials perquè la termoelectricitat sigui un competidor de la generació mecànica i la refrigeració en eficiència [20].

Actualment, hi ha una tendència a la millora de ZT amb nous materials i nous semiconductors anomenats *Skutterudites*.

Les cèl·lules termoelèctriques, com ja s'ha mencionat, poden tenir infinitat d'aplicacions. Seguidament, es mostren algunes de típiques:

- Deshumidificadors.
- Petits refrigeradors, com poden ser neveres petites.
- Refrigeració de làsers quirúrgics.
- Generadors d'energia elèctrica per a dispositius de baix consum.
- Refrigeració en circuits o dispositius electrònics.
- Entre molts d'altres.

A continuació, es pot observar els principis de funcionament de les cèl·lules termoelèctriques com a mode de treball Seebeck o Peltier.

Cèl·lula termoelèctrica per a escalfament/refredament

Quan una cèl·lula termoelèctrica s'utilitza per escalfar o refredar (Thermoelectric Cooler - TEC), el calor absorbit de la part freda es traspasa a la cara calenta, on es dissipa aquest calor, en una taxa proporcional al corrent que circula pel circuit i el nombre de parells de semiconductors existents a la cèl·lula.

Quant la cèl·lula funciona com a refredador, la part calenta resta connectada a un dissipador de calor, i amb l'aplicació de corrent contínua en el sentit adequat, la cara freda absorbeix calor per a traspasar-ho a la cara calenta on el dissipador ho subministrarà al ambient. Si treballa com a escalfador, el sentit del corrent ha d'ésser invers, i l'intercanvi de temperatura es realitza d'una cara freda, on hi ha una font de fred forçada (una de les fonts més utilitzades és una placa d'alumini), a una cara calenta, on es sol instal·lar un ventilador per a dissipar el calor per l'ambient.

El moviment d'electrons és contrari al sentit del corrent, per tant, quant el corrent passa d'un element dopat n a un element dopat p, els electrons van del p al n i la unió del p-n absorbeix el calor (cara freda).

Tanmateix, quant el corrent va del dopat p al dopat n, els electrons van del n al p, i la seva unió desprèn calor (cara calenta) [12]. Aquesta explicació es pot veure a la Fig. 2.8.

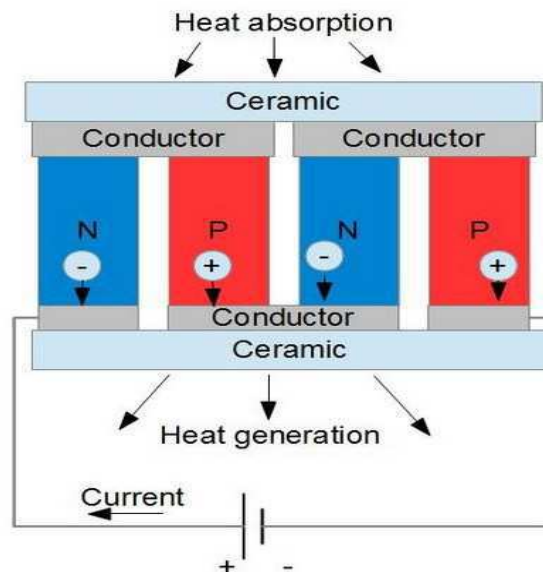


Fig. 2.8 - Esquema exemple d'una cèl·lula termoelèctrica en mode refredador. Font: ScienceProg.

Les TEC, són les més utilitzades en el mercat, degut al seu baix preu, i el seu gran camp d'aplicació, com per exemple el refredament a temperatura ambient, que és molt utilitzat [18].

Les característiques importants per a escollir TEC, són:

- Q_{max}.: La quantitat de calor que un TEC pot eliminar a diferència de temperatura de zero graus Celsius, quan el costat calent dels elements dins del mòdul termoelèctric es troba a 300 K.
- I_{max}.: És el corrent que produeix la màxima diferència de temperatura entre cares, quant la part calenta del TEC està a 300 K.
- V_{max}.: És el voltatge que produeix el màxim corrent que produeix la màxima diferència de temperatura entre cares, quant la part calenta del TEC està a 300 K.
- DT_{max}.: La diferència màxima de temperatura obtinguda entre el costat fred i calent del TEC quant s'aplica I_{max} i no hi ha càrrega de calor aplicada al mòdul. Aquest paràmetre es basa en que el costat calent es troba a 300 K. En realitat, és pràcticament impossible eliminar totes les fonts de calor per aconseguir la veritable DT_{max}. Per tant, el número només funciona com a indicador estàndard de la capacitat de refrigeració d'un mòdul termoelèctric.

Un exemple de TEC, es pot trobar al fabricant TE Technology INC. Per exemple una cèl·lula termoelèctrica refrigeradora de model **HP-127-1.4-1.5-74**, com es pot veure a la Fig.2.9.

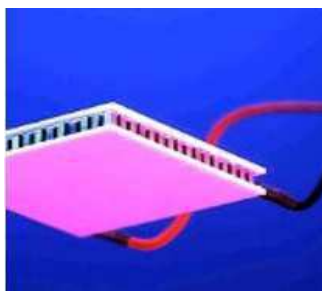


Fig. 2.9 - TEC model HP-127-1.4-1.5-74. Font: TE Technology INC.

Les característiques del model d'exemple són:

- Q_{max} (W) = 65,0 W a 27°C cara calenta / 71,3 W a 50°C cara calenta.

- I_{max} (A) = 6,3 A a 27°C cara calenta / 6,3 A a 50°C cara calenta.
- V_{max} (V) = 16,7 V a 27°C cara calenta / 18,5 V a 50°C cara calenta.
- DT_{max} (°C) = 74°C a 27°C cara calenta / 84°C a 50°C cara calenta.

El full de característiques d'aquest TEC, amb les gràfiques de comportament, juntament amb una explicació d'interpretació de les gràfiques, es pot trobar a l'ANNEX 1.

Cèl·lula termoelèctrica com a generador

Dos objectes a diferents temperatures posats en contacte intercanvien energia en un intent d'establir equilibri tèrmic. Qualsevol treball realitzat durant aquest procés, és la diferència de calor perduda per un objecte i guanyat per un altre objecte. Aquesta és la primera Llei de la Termodinàmica, en altres paraules, l'energia sempre es conserva.

Quant una cèl·lula termoelèctrica s'utilitza com a generador (Thermoelectric Generator - TEG), s'aplica una font de calor a la cara calenta del TEG. La font de calor conduirà electrons en l'element tipus-n, cap a la regió més freda, deixant "forats" en aquesta transició i fent que més electrons vulguin omplir aquests "forats" de l'element dopat p cap al n. Aquesta circulació d'electrons entre elements tipus n i p, fa que el TEG quedi polaritzat amb càrrega positiva i negativa al altre extrem, provocant així una diferència de potencial en els extrems del TEG. Tal com es veu a la Fig. 2.10.

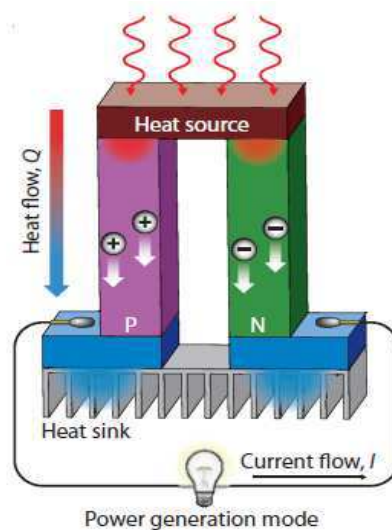


Fig. 2.10 - Esquema exemple de funcionament d'un TEG. Font: OTE Materials.

A l'hora d'escollir TEG per una aplicació, a part de considerar les condicions de contorn a les que estarà exposada la cèl·lula, com per exemple la temperatura màxima que suportarà, s'ha de tenir present alguns paràmetres importants, com poden ser:

- VOC: Tensió de sortida en circuit obert. S'ha de tenir en compte que disminuirà considerablement al connectar-li una càrrega.
- Resistència interna: Serà la resistència que oferirà el TEG al pas del corrent elèctric en circuit tancat. Aquesta resistència canviarà en funció de la temperatura d'intercanvi i de l'efecte Joule.
- Iout màxima: La corrent de sortida màxima que permet el TEG.
- Pout màxima: La potència màxima de sortida que permet el TEG.

Un exemple de TEG, es pot trobar a la marca comercial TEGPro, com per exemple el model **TE-MOD-22W7V-56**, com es pot veure a la Fig.2.11.



Fig. 2.11 - TEG model TE-MOD-22W7V-56. Font: TEGPro.

Les característiques del model d'exemple són:

- $VOC (V) = 14,4 V$.
- $R (\Omega) = 2,4 \Omega$.
- $I_{out} (A) = 3 A$.
- $P_{out} (W) = 21,6 W$.

El rendiment en els TEG també és un paràmetre molt important, ja que indica la relació entre la potència calorífica absorbida i la potència de sortida. Aquest paràmetre sol ser bastant

baix, del ordre del 5% al 10%. El full de característiques d'aquest TEG, amb les gràfiques de comportament, es pot trobar a l'ANNEX 2.

A manera de modelitzar un TEG de manera simple, aquesta cèl·lula es pot convertir en un equivalent de Thevenin, on la tensió de Thevenin és la tensió de Seebeck, i on l'equivalent tindrà un valor de resistència interna del TEG [18]. Es pot veure a la Fig.2.12.

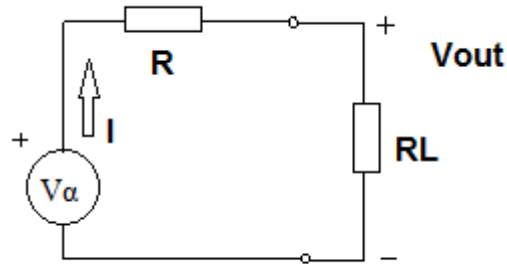


Fig. 2.12 - Equivalent de Thevenin d'un TEG.

Simplificant d'aquesta manera, el càlcul de la tensió de sortida del TEG, es pot veure a (2.9).

$$V_{out} = \alpha \Delta T - I R \quad (2.9)$$

La tensió de sortida V_{out} , és la tensió de Seebeck ($\alpha \Delta T$) menys les pèrdues degudes a la resistència interna del TEG ($I R$).

2.3. Transferència tèrmica.

L'energia calorífica es transmet des de les zones de més alta temperatura, a les zones de més baixa temperatura, amb un intent d'equilibrar tèrmicament el medi o material on es produeix la transferència [21]. La transmissió d'energia tèrmica es pot donar per mitjà de tres mecanismes bàsics: conducció, convecció i radiació.

2.3.1. Conducció.

L'energia calorífica es transmet durant el contacte directe entre cossos, o entre parts del mateix cos, amb una diferència de temperatura, i té lloc mitjançant xocs o acoblaments entre molècules del sistema. La conducció és de gran importància per a sòlids, però és de menor importància en líquids i gasos, on normalment apareix combinat amb la convecció i és, pràcticament, emmascarat per aquest mecanisme [21].

Quant en aquests sòlids existeix un gradient de temperatura en la direcció x , el calor es transmet de la part calenta a la freda, sent el flux de calor transmès $Q_{cd} [W]$, proporcional al gradient de temperatura $\partial T/\partial x$, i a la superfície $A [m^2]$, a través de la qual es transmet, i també, de la conductivitat tèrmica $k [W/m K]$. Aquesta relació per establir el flux de calor, es coneix com la llei de Fourier, i es pot observar a (2.10).

$$Q_{cd} = -kA \frac{\partial T}{\partial x} \quad (2.10)$$

El signe negatiu, és conseqüència del Segon Principi de la Termodinàmica, segons el qual, el calor ha de fluir cap a la zona de temperatura més baixa. El gradient de temperatura és negatiu si la temperatura disminueix per valors creixents de x , pel que si el calor transferit en la direcció positiva ha de ser una magnitud positiva, en el segon membre de la equació s'ha d'introduir un signe negatiu.

2.3.2. Convecció.

Quant un fluid es posa en contacte amb una superfície sòlida a una temperatura diferent, el procés resultant d'intercanvi d'energia tèrmica es denomina convecció, i existeix de dos tipus, forçada o natural [22].

La convecció natural té com a força motriu la diferència de densitats del fluid, en canvi la convecció forçada, la força motriu és un element extern que fa circular aquest fluid.

Aquest mecanisme de transferència de calor només es produeix en fluids, on els àtoms i molècules són lliures de moure's pel medi. Definint la convecció com a $Q_{cv} [W]$, es troba que depèn d'un coeficient de convecció $h [W/m^2 K]$, de la superfície del sòlid que resta en

contacte amb el fluid $A [m^2]$, i de la diferència de temperatures entre la superfície $T_s [K]$ i el fluid no afectat pel sòlid $T_f [K]$. Aquesta definició és coneguda com la llei de refredament de Newton, i es pot observar a (2.11).

$$Q_{cv} = h A (T_s - T_f) \quad (2.11)$$

El flux de calor per convecció és positiu si el calor es transmet des de la superfície del sòlid, al fluid, i és negatiu si la transferència de calor és al inrevés.

2.3.3. Radiació.

L'energia calorífica es transmet en forma d'energia de radiació electromagnètica, emesa per tots els cossos pel fet d'estar a una temperatura T , i es propaga a la velocitat de la llum, ja que és llum de diferents longituds d'ona, a més pot ser absorbida pels cossos, augmentant així la seva temperatura [21].

La quantitat d'energia, o flux de calor, que abandona una superfície $A [m^2]$, depèn de la temperatura absoluta $T [K]$ i de la natura de la superfície. Un radiador perfecte, o cos negre, emet una quantitat d'energia radiant $Q_r [W]$ de la seva superfície, tal com es veu a (2.12) [22].

$$Q_r = \sigma A T^4 \quad (2.12)$$

Es pot observar la constant σ , que és coneguda com la constant de Stefan-Boltzmann, i que equival a $5,67 \times 10^{-8} [W/m^2 K^4]$.

L'equació (2.12), sempre indica el valor menys restrictiu, ja que és definida com a cos negre. A la realitat existeix un factor ε com a propietat radiativa de la superfície, que s'anomena emissivitat, on el seu rang és $0 < \varepsilon < 1$, i es pot definir com una mesura de la eficiència amb la que la superfície emet energia radiant. Afegint la emissivitat, l'expressió es veu modificada, tal com es veu a (2.13).

$$Q_r = \varepsilon \sigma A T^4 \quad (2.13)$$

2.4. Projectes i aplicacions termoelèctriques.

L'Unió Europea té com a objectiu fins al 2020, produir el 20% de la seva energia a partir de fonts renovables, aconseguint una reducció del 20% de les emissions de gasos d'efecte hivernacle i una millora del 20% en l'eficiència energètica respecte als nivells de 1990. Per assolir aquests objectius, el consum d'energia ha de disminuir, el que resulta en la reducció de les emissions [23].

L'activitat humana genera grans quantitats de calor residual, les quals són descarregades contínuament al medi ambient. No obstant això, la majoria d'aquestes fonts tèrmiques es troben a baixes temperatures (menors que 150 °C), la qual cosa impedeix la seva recuperació mitjançant generadors convencionals [24].

Seguidament, es mencionen aplicacions, projectes o empreses distribuïdores de productes EH tèrmics, que a l'actualitat, fan possible un camí cap a aconseguir l'objectiu d'una reducció del desapfitament d'energia que la societat viu.

Relotge de polsera termoelèctric

Un dels problemes de portar dispositius portables, és la seva autonomia, i el rellotge de polsera no és una excepció. L'empresa Matrix ha dissenyat un model de rellotge batejat com a PowerWatch, que s'alimenta de l'energia termoelèctrica del propi cos.

La part TEG està col·locada a la part del rellotge que està en contacte amb la pell de la persona, mentre que la zona de la caràtula ha estat fabricada amb un material dissipador, per afavorir el flux de calor.

Disposa d'una petita bateria interna, concretament de 200 mAh, que serveix per a mantenir l'hora i la data si el rellotge deixa de tenir la font de calor. Conté funcions de SmartWatch, però només algunes, ja que de moment, l'energia generada pel circuit TEG es queda curta, tot i tenir la possibilitat de comunicació per Bluetooth amb el mòbil [25]. El rellotge es pot veure a la Fig.2.13.



Fig. 2.13 - Smartwatch PowerWatch de Matrix. Font: www.powerwatch.com

Unitats de recuperació energètica industrial

L'empresa AEInnova, constituïda a finals del 2014, des dels inicis ha tingut una orientació cap a la investigació, la innovació i el desenvolupament de nous productes relacionats amb energies alternatives, els sensors i l'Internet de les coses.

Formant part de la Fundació Repsol, estan desenvolupant tota una gama de productes relacionats amb la generació d'energia elèctrica a partir del calor residual. Un dels seus productes més interessants, per la relació amb la present memòria, és les unitats de recuperació energètica, anomenades HEAT-R, que ja estan considerades per l'ONU com a un dels sistemes que podrien canviar el món.

Aquest producte està orientat a la millora de l'eficiència energètica i a la reducció de la petjada de CO₂ de la indústria. S'instal·len directament als tubs de sortida de residu tèrmic de la indústria, posant-los en sèrie, on s'aconsegueix recuperar el calor residual mitjançant l'efecte termoelèctric. La mostra del dispositiu, es pot veure a la Fig. 2.14.

Cal afegir, que aquest projecte està finançat SME Instrument Phase 1 de la Comissió Europea.



Fig. 2.14 - HEAT-R i exemple d'instal·lació del mòdul de AEInnova. Font: AEInnova.

Projecte TEGMarine

El grup Scatec [26], és un grup d'empreses de Noruega, que té com a visió desenvolupar i implementar noves idees tecnològiques per produir energies renovables i materials avançats. Formant part d'aquest grup, destaca una empresa anomenada TEGma, ja que treballa en la línia d'aquesta memòria [27].

TEGma ha analitzat l'energia tèrmica residual que es produeix en el sector del transport, industrial i de l'automòbil, i desenvolupa nous materials i sistemes per aplicacions termoelèctriques d'alta temperatura, treballant en la línia de la reducció de la petjada de CO₂ que deixen aquests sectors, i aprofitant per a reduir el cost de l'energia produïda.

El primer sector marcat per aquesta empresa recuperadora d'energía tèrmica residual, és el sector de transport naval, essent un gran generador de calor residual, ja que la potència en les sales de màquines poden arribar a l'ordre de MW. Amb els sistemes de recuperació de calor residual, TEGma pretén reduir el consum de combustible un 3-5%, i acomplir l'objectiu de la IMO (*International Maritime Organization*) de reduir la petjada de CO₂ del transport naval, del 2.015 al 2.020 en un 10% [28].

Aquest projecte, anomenat TEGMarine, és la recerca i desenvolupament d'un sistema basat en TEG, d'alt rendiment, per la recuperació del calor residual dels sistemes d'escapament dels vaixells. Amb un finançament de 7,1 milions de Corones Noruegues des de 2.016 fins 2.018, per part de NFR i MAROFF.

Aquest projecte de desenvolupament, està en fase pilot a bord d'un vaixell de proves de 4 motors dièsel de 30 MW, amb un potencial d'estalvi d'energia pel sistema TEG de 1.000-2.000 tones de dièsel/any per vaixell.

Les verificacions realitzades a petita escala, són possibles per desviaments a les canonades de conducció de fluids, tal com es pot veure a la Fig.2.15.



Fig. 2.15 - Verificacions del projecte TEGMarine. Font: TEGma.

Varis exemples de AETEG (TEG en l'Automòbil)

La recuperació d'una part d'energia tèrmica residual dels sectors del transport, en especial de l'automòbil, ja fa anys que s'està investigant per part dels investigadors internacionals. Aquests propòsits són deguts a dades de pèrdua energètica, tal com que en un automòbil d'usuari, es calcula que l'energia utilitzada per la propulsió del vehicle es només del 25% del total consumit. La resta són pèrdues de calor, escapament de gas, refrigeració, entre d'altres, com es pot veure a la Fig.2.16, següent.

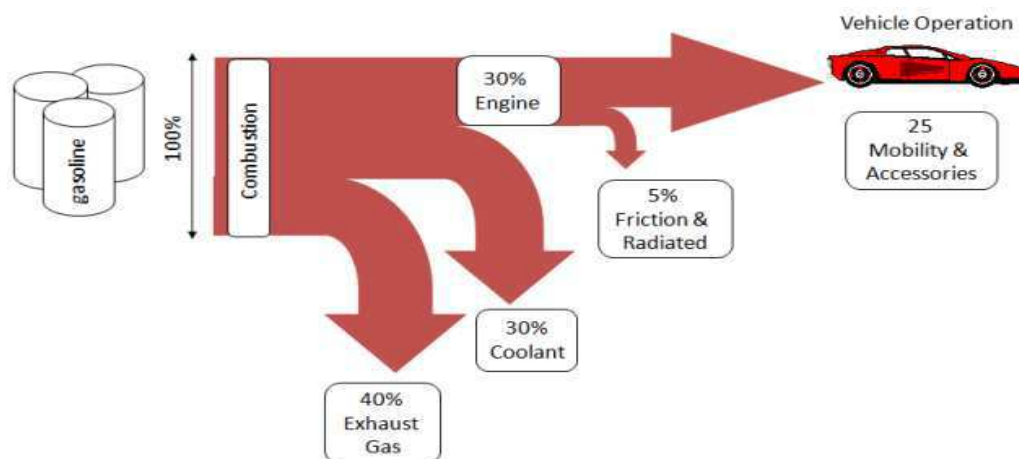


Fig. 2.16 - Anàlisi d'energia consumida d'un automòbil. Font: [29].

Tot i que el material termoelèctric comercial Bismut-Tel·lur (Bi_2Te_3) només té un 5% d'eficiència i un límit de temperatura del lateral calent de $250\text{ }^\circ\text{C}$, és possible generar energia elèctrica amb potència màxima d'1 kW a partir d'un motor. Si un automòbil està equipat amb un TEG de 500W de generació, un cotxe de passatgers té capacitat per estalviar més del 2% de consum de combustible i, per tant, reduir l'emissió de CO_2 . Un TEG té l'avantatge que és una peça compacta i immòbil, en relació amb altres tecnologies de collita tèrmica, com ara el Cicle Orgànic de Rankine (ORC) i Turbo-Compound (TC).

S'estan duent a terme treballs de recerca intensos per millorar l'eficiència tèrmica dels materials termoelèctrics i augmentar el límit de temperatura de la part calenta. Es preveu que els futurs TEG tinguin una eficiència del 10% al 20%, i un límit superior de temperatura de $500\text{ }^\circ\text{C}$ [23].

Els AETEG són generadors termoelèctrics d'escapament del automòbil, i seguidament, es mostren alguns èxits o esdeveniments en les línies d'investigació i desenvolupament dels AETEG [30].

En 1988, Porsche va desenvolupar un prototip per a la prova d'un AETEG, utilitzant el gas d'escapament i el sistema de circulació d'aigua del vehicle. El material del dispositiu que es va utilitzar va ser FeSi_2 , i va ser connectat a un motor Porsche 944. Els resultats van tenir una bona cohesió amb els càlculs, per una diferència de temperatura de 490 K entre les parts freda i calenta de l'element. La potència de sortida era de 58 W per a 90 TEG. A més, els autors van suggerir que l'ús d'altres materials amb una major figura de mèrit, podria millorar la potència de sortida.

En 1.994, Hi-Z, realitza proves utilitzant vuit motors de camions dièsel finançats pel departament d'energia dels EUA i Califòrnia, *Energy Comissió*. El sistema AETEG, va utilitzar 72 mòduls que van ser produïts per Hi-Z, amb material Bismut-Telur. L'estudi va discutir sobre l'ús de Bi_2Te_3 , PbTe ó SiGe , i va decidir que Bi_2Te_3 tenia el millor rendiment, independentment del seu màxim de temperatura de funcionament. L'objectiu era arribar a 1 kW d'energia elèctrica i com a resultat, la potència màxima va ser d'uns 1.068 W, a 300 cv i 1.700 rpm.

Al 2.009, els investigadors de BMW, van desenvolupar prototip d'AETEG, basat en material Bi_2Te_3 . El vehicle implicat, era un BMW 530i. Com a resultat de les proves, es va aconseguir al voltant de 200 W de potència elèctrica, mitjançant 24 mòduls TEG a 130 km/h. Finalment, es va afirmar que la futura potenciació dels generadors termoelèctrics anirà relacionada amb la millora de les qualitats dels materials per a la seva fabricació.

En 2.014, X. Liu *et al.*, va construir un sistema de recollida d'energia, que es va utilitzar en un tub d'escapament d'automòbil. Es va fer una prova de carretera en un vehicle prototip anomenat *Warrior*. La potència màxima aconseguida va ésser de 600 W de mitjana, amb una diferència de temperatura de 182 °C, mentre que l'eficiència del sistema era de l'1,25%. Finalment, es va recomanar que l'optimització del disseny seria fonamental per millorar el rendiment d'un AETEG.

Thermagy

RGS Development, ha desenvolupat i comercialitzat Thermagy, uns panells a mida que, mitjançant la conversió termoelèctrica de l'efecte Seebeck, transformen l'energia tèrmica de rebuig en electricitat.

La peculiaritat d'aquest mòduls TEG, és que estan dissenyats per a treballar i recollir l'energia tèrmica d'indústria de processos d'alta temperatura. Tenen com a objectiu reduir la petjada de CO_2 que realitza la indústria de processos, a més de reduir el consum energètic, per un model d'indústria més sostenible [31].

Aquests TEG estan preparats per a treballar amb fonts d'escalfor de 700 °C a 1.200 °C, amb un resultat de sortida de potència del ordre de 1,5 kW/m² – 2,5 kW/m², depenen de la situació i distància que es col·loqui el TEG de la font de calor.

Les aplicacions són varies, com per exemple a la indústria de fundació d'acer, *TATA Steel*, s'ha implementat recuperació d'energia tèrmica mitjançant Thermagy [31], com es pot veure a la Fig.2.17.

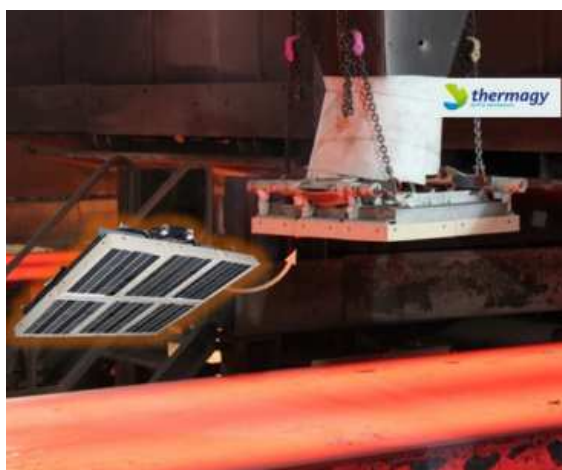


Fig. 2.17 - implementació Thermagy a TATA Steel. Font: RGS Development.

GreenTEG

GreenTEG AG, va ser fundada al 2009 a Suïssa, i es dedica al desenvolupament, fabricació i comercialització de sensors tèrmics pel control de flux de calor, i potència o posicionament làser. A més, ofereix consultoria sobre la integració tèrmica dels seus productes.

En el camp de la física de l'edificació, *U-Value* és el terme utilitzat per descriure el coeficient de transferència de calor d'un element de construcció, com per exemple, d'un mur. El *U-Value* descriu la qualitat d'aïllament d'un edifici. La unitat d'aquest coeficient és W/m²K. Com més petit sigui el coeficient, millor serà la qualitat d'aïllament de l'element de construcció.

Un dels productes més interessants d'aquesta empresa, és gSKIN, que no és més que un TEG amb un disseny específic per a la correcta mesura del *U-Value*. Aquest producte doncs, es

comercialitza amb un petit kit de muntatge i un software d'anàlisi, per obtenir les mesures corresponents del coeficient d'aïllament en el camp de l'edificació [32].

El gSKIN es pot veure seguidament, a la Fig.2.18.



Fig. 2.18 - gSKIN de l'empresa GreenTEG. Font: GreenTEG.

2.5. Tub Verd Mataró.

El *Tub Verd* respon una xarxa urbana de distribució de calor i fred mitjançant la circulació d'aigua per canonades soterrades, a partir de l'energia de l'Estació Depuradora d'Aigües Residuals de Mataró i del Centre Integral de Valorització de Residus del Maresme [33].

Aquest tipus de xarxa urbana s'anomena *District heating and cooling* (DHC), i es emprada des de fa molts anys a altres països europeus, com a Àustria (Viena), on és gestionada Wien Energie, Bulgària, on es situen una dotzena de sistemes que daten de 1.949 repartits en pobles i ciutats, ó Dinamarca, on el DHC cobreix més del 60% de la calefacció i l'escalfament d'aigua [34], entre d'altres països.

El projecte és impulsat per Aigües de Mataró, S.A. i Gas Natural Fenosa, i està relacionat amb l'Agenda 21 de la ciutat de Mataró.

És important per aquesta memòria, degut a que des del punt de vista adequat, aquesta xarxa de calor i fred que recorre la ciutat de Mataró, es pot entendre com una font d'energia per als TEG al llarg de la ciutat.

2.5.1. Descripció.

Com s'ha avançat al punt anterior, el Tub Verd és una xarxa urbana de calor i fred que transporta aigua calenta a 85-90 °C, i freda a 5-6 °C, a través de canonades d'acer aïllades tèrmicament, per evitar pèrdues tèrmiques, i sepultades sota terra. La iniciativa aprofita l'energia procedent de l'Estació Depuradora d'Aigües Residuals de Mataró i del Consorci pel Tractament de Residus Sòlids Urbans del Maresme (CTRSUM) [33].

El sistema escalfa aigua per a dutxes, piscines, així com l'aire per climatitzar totes les zones o generar el fred per a aire condicionat. Aquesta xarxa arriba tant a edificis públics com privats, com per exemple l'Hospital de Mataró ó el Tecnocampus, i fins i tot a habitatges particulars com al barri de la Renglera de Mataró, amb una llargada actual de 18,5 km de canonades i distribució tal com es pot veure a la Fig. 2.19., següent.

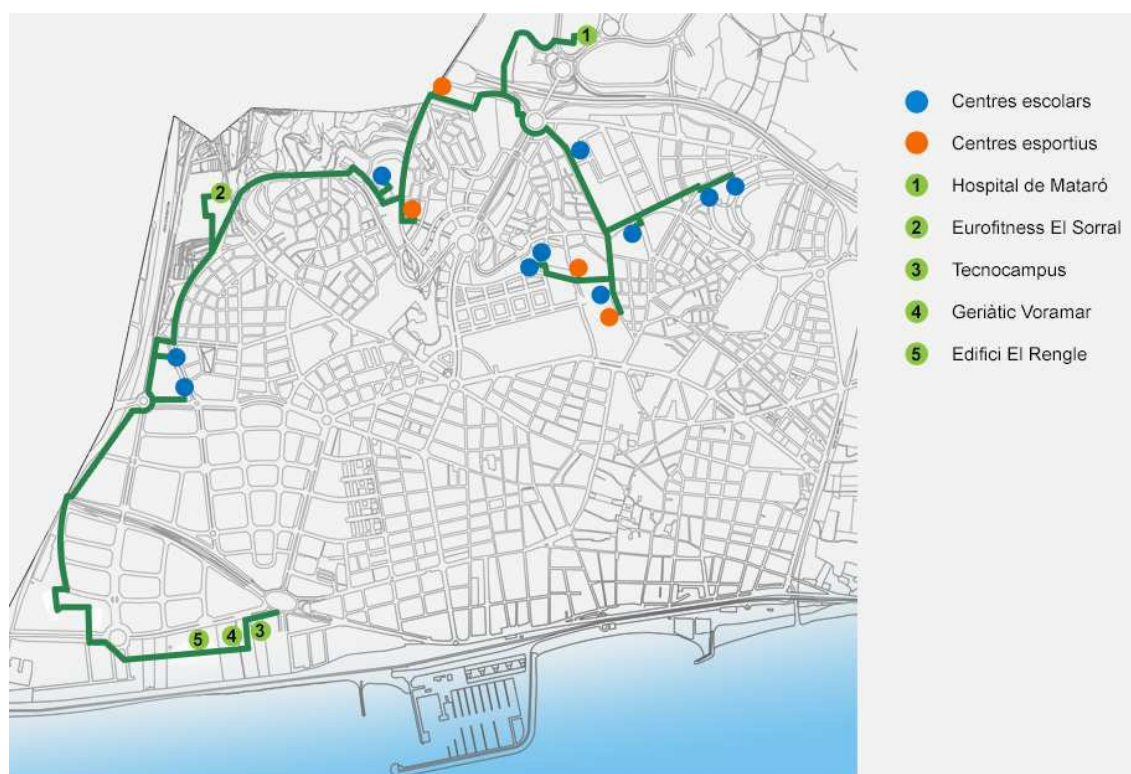


Fig. 2.19 - Mapa de distribució del Tub Verd. Font: www.tubverd.cat.

2.5.2. Funcionament.

El Tub Verd és un sistema tancat de recirculació d'aigua, amb un funcionament genèric molt similar al d'una calefacció domèstica clàssica. Concretant, es pot dividir en tres grans fases que divideixen el procés [35], tal com es pot veure a la Fig.2.20.:

Fase 1: La fase de recuperació. Aquesta fase consta de l'aprofitament d'energies residuals d'infraestructures ambientals a Mataró. Des de l'Estació d'Aigües Residuals (EDAR), s'aprofita l'energia tèrmica que genera la combustió del CH₄, originat per la digestió anaeròbica de les aigües residuals de Mataró, que és bàsicament la descomposició del material biodegradable mitjançant bacteries [36]. Des del Consorci de Tractament i Valorització de Residus Sòlids Urbans (CTVRSU), s'aprofita l'energia tèrmica residual de la incineració de residus, que s'utilitza principalment per la generació d'energia elèctrica mitjançant generadors amb motors de vapor. Existeix un tercer possible assortiment d'energia, que és la caldera de gas natural, que s'utilitza per assegurar el servei de subministra, en cas de manca de recuperació dels altres dos mètodes.

Fase 2: Fase de transformació i producció. Pel circuit de calor, es manté la temperatura constant del circuit tancat, mitjançant l'aire calent de la crema del biogàs dels digestors de la EDAR, i el vapor ja utilitzat del CTVRSU. Pel circuit de fred, les màquines refredadores, pel mètode d'absorció o centrifugació, transformen en fred l'energia tèrmica aportada i mantenen la temperatura del circuit tancat d'aigua freda.

Fase 3: Distribució. Els circuits tancats d'aigua freda o calenta transporten l'energia tèrmica fins a l'usuari. Les instal·lacions de l'usuari final, consten d'un bescanviador que transfereix l'energia tèrmica de l'aigua del Tub Verd a l'aigua de l'usuari, sense tenir contacte. D'aquesta manera, es dona el servei tant com per climatització d'edificis, com per l'escalfament d'aigua d'ús domèstic.

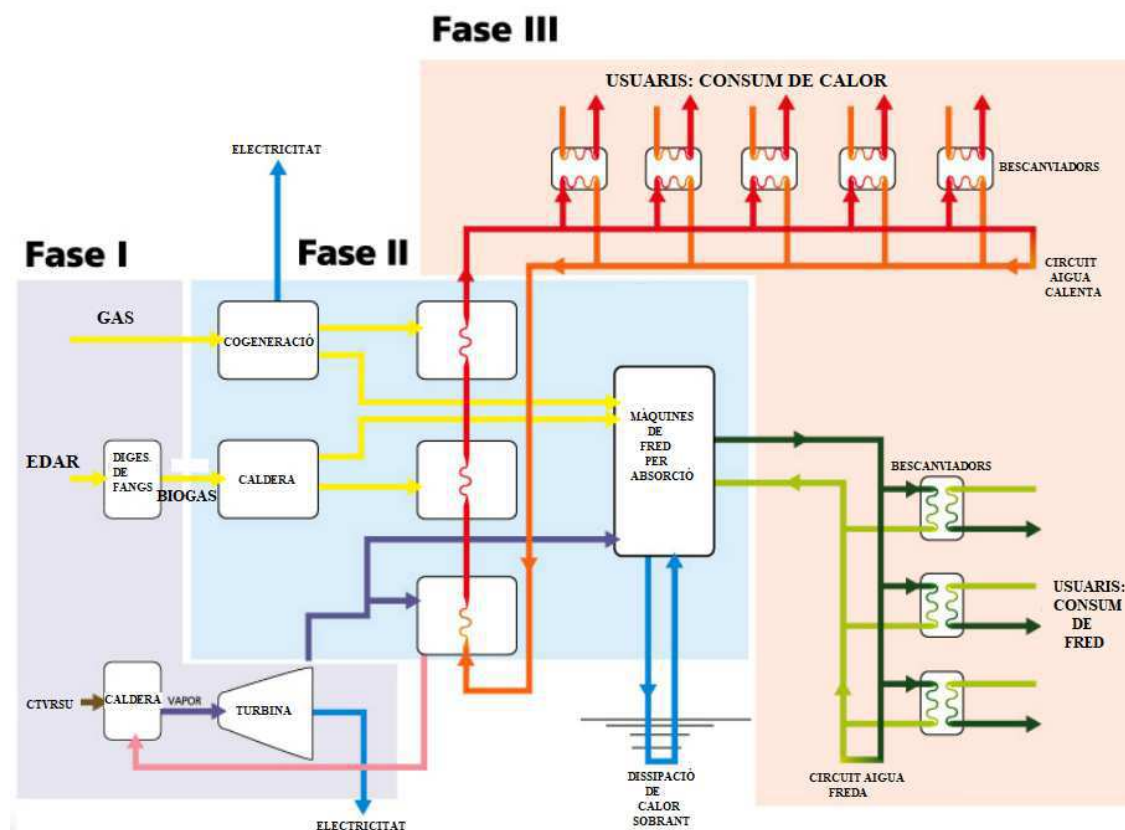


Fig. 2.20 - Fases del Tub Verd. Font: Mataró Energia Sostenible (MES).

2.5.3. Resultats actuals.

El Tub Verd subministra anualment 43.910.000 kWh d'energia tèrmica, equivalent al consum anual de 7.000 famílies. Redueix les emissions de CO₂ en 16.800 t/any. Genera un estalvi de 243.890 kWh/any elèctrics [33]. Amb aquestes dades, es pot assegurar que el Tub Verd és una solució energètica que respecta el medi ambient i minimitza les emissions de gasos d'efecte hivernacle.

3. Abast.

Per la realització del projecte, cal definir les limitacions de les tasques. La informació de l'abast del projecte, és necessària per visualitzar de manera ràpida, les tasques que es realitzaran, i les que no. Seguidament, es detallen conceptes i tasques del projecte.

El projecte compren les etapes i fases següents:

- Estudi i càlcul d'extracció d'energia tèrmica del circuit tancat d'aigua calenta del Tub Verd, mitjançant l'efecte Seebeck que es produeix en una cèl·lula termoelèctrica.
- Mostra esquemàtica de topologia de col·locació dels TEG sobre la canonada.
- Cerca i argumentació de sensors de baix consum, sense bateria.
- Càlcul de capacitat i muntatge elèctric dels TEG per alimentar els sensors.
- Raonament dels paràmetres físics a adquirir del sistema, per un augment d'informació amb la menor inversió possible.
- Disseny d'una WSN viable pel sistema.
- Disseny d'una topologia viable de la WSN.
- Selecció i justificació del protocol de la WSN.
- Viabilitat econòmica, tècnica i mediambiental de la solució.

El projecte no inclourà:

- Disseny exhaustiu del mòdul i topologia de col·locació dels TEG sobre la canonada.
- En cas de no existir sensors amb el protocol del WSN, no s'encarrega de dissenyar plaques electròniques per a possibilitar la comunicació amb el sensor.
- No es dissenya ni s'estudia la configuració ni la trama del protocol escollit.
- No es realitza una prova amb un prototip, ni existeix cap prova a laboratori.
- No s'ha comptat amb el seguiment de la fase d'implementació, degut a que la implementació pertany a l'empresa constructora. Aquest projecte només mostrarà programació i cost de la fase d'implementació, per tal de tenir una justificació detallada per la viabilitat econòmica.

4. Objectius i especificacions tècniques.

Es defineixen els objectius del projecte, juntament amb les especificacions tècniques associades per assolir-los de manera més eficient.

- Disseny i estudi d'un sistema *Energy Harvesting* per mitjà de cèl·lules termoelèctriques, per aprofitar l'energia tèrmica de rebuig del circuit tancat de distribució d'aigua calenta del Tub Verd.
 - Generadors termoelèctrics amb una bona eficiència.
- Alimentació elèctrica dels sensors del circuit tancat de distribució d'aigua calenta del Tub Verd, per mitjà de generadors termoelèctrics, per tal d'obtenir sensors autònoms.
 - Topologia de muntatge dels TEG per maximitzar la conversió energètica.
 - Sensors de baix consum elèctric.
- Determinar les necessitats de paràmetres físics a obtenir a partir dels sensors, per un control òptim del sistema de distribució.
 - Minimitzar la varietat de sensors, maximitzant la informació.
- Disseny i estudi d'una topologia de sensors adequada, pel correcte subministrament de dades a la central del Tub Verd, aconseguint per tant, una WSN viable.
 - Protocol de comunicació *wireless* adient.
 - Distribució de sensors i elements de xarxa òptims.
 - Sensors amb capacitat de comunicació sense cables, o sistema amb aquesta capacitat i compatibilitat amb el sensor.
- Obtenir un millor control del Tub Verd, mitjançant una incorporació d'adquisició de dades, amb una solució sostenible.
 - Augment d'informació del sistema.
 - Sensors autònoms i sense bateries.

S'ha realitzat un anàlisi *Quality Function Deployment* (QFD), per determinar la importància dels objectius i les especificacions tècniques pel projecte de la memòria. El detall del anàlisi QFD, es pot trobar a l'ANNEX 3. Les conclusions extretes són les següents:

Els objectius més importants del projecte són, el de dissenyar i realitzar l'estudi d'un sistema EH per mitjà de cèl·lules termoelèctriques, per aprofitar l'energia tèrmica de rebuig del circuit tancat de distribució d'aigua calenta del Tub Verd, a més d'aconseguir alimentació elèctrica dels sensors del circuit tancat, per mitjà de generadors termoelèctrics, per tal d'obtenir sensors autònoms, i finalment amb una lleu menor importància que els dos objectius anteriors, el d'obtenir un disseny d'una topologia de sensors adient, per aconseguir un WSN viable. Per tant, els recursos invertits per assolir aquest objectius hauran de ser majors a la resta.

Les especificacions tècniques que són més rellevants, i que afecten a més d'un objectiu, són, la topologia de muntatge dels TEG per maximitzar la conversió energètica, a més de realitzar el projecte amb generadors termoelèctrics amb una bona eficiència, i treballar amb sensors de baix consum per a reduir l'exigència energètica dels TEG.

5. Generació i plantejament de possibles alternatives de solució.

S'ha realitzat un *brainstorming* per obtenir possibles solucions als punts principals del projecte. Les alternatives proposades tenen la finalitat d'acomplir i respectar el màxim possible els objectius, i les especificacions tècniques definides.

Les alternatives a la solució obtingudes, són les que es detallen a continuació:

1. **Sistema d'aprofitament i recollida d'energia:** no s'ha plantejat cap alternativa de solució en el principi d'extracció d'energia tèrmica, degut a que la motivació d'aquest projecte, és l'aprofitament d'energia tèrmica sobrant mitjançant cèl·lules termoelèctriques, basades en el principi de Seebeck. Per tant, el canvi en la metodologia d'*Energy Harvesting*, suposaria el replantejament i la definició del projecte des de la fase de conceptualització del mateix.
2. **Tipus d'alimentació de sensors:** es plantegen diferents solucions per l'alimentació elèctrica dels sensors. Aquests sensors s'incorporaran al Tub Verd pel compliment de l'objectiu de millorar el control del sistema mitjançant adquisició de dades.
 - a. Sensors no cablejats amb bateries: els sensors s'alimentaran de l'energia elèctrica convertida a partir de l'energia tèrmica, mitjançant els TEG. S'incorporarà una bateria al sensor, per dotar-lo d'autonomia en cas de que la font de collita d'energia no fos suficient.
 - b. Sensors no cablejats sense bateries: els sensors s'alimentaran de l'energia elèctrica convertida a partir de l'energia tèrmica, mitjançant els TEG. No s'incorporarà cap tipus d'element d'emmagatzemat d'energia, per tant, tota l'energia elèctrica serà la corresponent als TEG.
 - c. Sensors cablejats: els sensors s'alimentaran de l'energia elèctrica de la xarxa. S'haurà de cablejar tots els sensors distribuïts pel circuit tancat del Tub Verd. No s'incorporarà cap tipus d'element d'emmagatzemat d'energia.
3. **Tipus de xarxa de sensors:** es mostren les alternatives al tipus de xarxa de sensors. Aquesta varietat de xarxes és important, ja que s'haurà de tenir en compte pel tipus

de protocol que s'utilitzarà finalment al projecte. Determinarà també, la topologia dels sensors al llarg del circuit d'aigua calenta.

- a. Xarxa wireless: es crearà una topologia de sensors òptima, per la creació d'una xarxa sense cables per l'enviament dels paràmetres obtinguts pels sensors. La topologia i distribució serà definida juntament amb el protocol d'utilització.
- b. Xarxa semi-cablejada: es crearà una topologia i distribució de sensors òptima. S'instal·larà quadres elèctrics perifèrics de comunicació *wireless* al llarg del Tub Verd, distribuïts estratègicament, per poder transmetre els paràmetres obtinguts pels sensors. La comunicació de dades entre els sistemes perifèrics i els grups de sensors, es realitzarà amb cablejat elèctric, obtenint així una xarxa de sensors semi-cablejada.

6. Selecció de l'alternativa més adequada.

S'ha valorat i seleccionat l'alternativa més adequada, segons el criteri d'avaluació definit segons rúbriques. El criteri i les explicacions per la selecció, es poden trobar a l'ANNEX 4. Fent referència a l'apartat de generació i plantejament de possibles alternatives de solució de l'avantprojecte, es detallen les solucions triades.

Tipus d'alimentació de sensors

La solució en el tipus d'alimentació dels sensors, és la de dissenyar el projecte amb sensors no cablejats i sense bateries. La valoració d'aquesta alternativa, es pot veure a la Taula 6.1.

SENSORS NO CABLEJATS SENSE BATERIES			
CRITERI	PONDERACIÓ	VALORACIÓ	PARCIAL
Compleix objectius i especificacions tècniques	3	5	15
Innovació	2,5	4	10
Sostenible	3	5	15
Relació qualitat/cost	1,5	5	7,5
TOTAL			47,5

Taula 6.1 - Rúbrica de valoració de la solució sobre sensors no cablejats sense bateries.

La rúbrica mostra que compleix més d'un objectiu i especificacions tècniques, com són la implementació de sensors per un control òptim del sistema, dissenyar una *wireless sensor network* viable, i especificacions tècniques com sensors autònoms i sense bateries. El criteri de complir objectius i especificacions tècniques és molt valorat degut a la importància de l'apartat d'objectius.

Actualment, s'utilitzen sensors no cablejats, però molts funcionen amb bateries. La puntualització de dissenyar un sistema de sensorització sense bateries és molt més innovadora, a la par que sostenible.

Tipus de xarxa de sensors

La implementació de la xarxa de sensors, es realitzarà mitjançant el disseny d'una xarxa *wireless*. A la Taula 6.2, es detalla la valoració d'aquesta alternativa.

XARXA WIRELESS			
CRITERI	PONDERACIÓ	VALORACIÓ	PARCIAL
Compleix objectius i especificacions tècniques	3	5	15
Innovació	2,5	2	5
Sostenible	3	5	15
Relació qualitat/cost	1,5	4	6
TOTAL			41

Taula 6.2 - Rúbrica de valoració de la solució sobre sensors en xarxa wireless.

La rúbrica mostra que compleix més d'un objectiu i especificacions tècniques, com són la implementació de sensors per un control òptim del sistema, dissenyar una *wireless sensor network* viable, i especificacions tècniques com sensors autònoms i sense bateries i protocol de comunicació *wireless*. El criteri de complir objectius i especificacions tècniques és molt valorat, com ja s'ha comentat, degut a la importància de l'apartat d'objectius.

No és una solució innovadora, ja que les xarxes *wireless* són molt utilitzades, i per descomptat també en el camp de la sensorització.

Queda valorada com una solució sostenible, ja que és respectuosa amb el medi ambient, té avantatges en l'àmbit social amb una millora de la qualitat del sistema, i és sostenible en l'àmbit de l'economia, ja que s'estalvia cablejat principalment, que pot arribar a tenir un cost molt elevat.

7. Anàlisi de viabilitat.

7.1. Viabilitat tècnica.

En aquest apartat, s'analitzaran els elements més importants que compondran el projecte, la seva definició per poder així determinar el model concret que s'haurà d'utilitzar pel desenvolupament del projecte. La informació dels elements analitzats es pot consultar en l'ANNEX 8.

Cèl·lules termoelèctriques (TEG)

Els TEG que s'utilitzaran al projecte, són molt importants, ja que són la base de la motivació del projecte. Com ja s'ha comentat a l'apartat d'antecedents i necessitats d'informació d'aquest avantprojecte, les característiques més importants a l'hora de seleccionar un TEG, són el voltatge en circuit obert (VOC), la resistència interna que ofereix el TEG al pas del corrent elèctric (R_i), la intensitat de sortida amb una càrrega òptima (I_o) i la potència de sortida amb la mateixa càrrega òptima (P_o). Es farà ús d'aquesta mateixa línia d'argumentació per analitzar els propers 3 TEG de marques conegudes.

El primer TEG és de la marca Kryotherm amb referència TGM-127-2.0-1.3. El segon TEG és de la marca TEGpro amb referència TGPR-22W-7V-56S. El tercer i últim TEG respon a la marca Marlow amb referència TG12-8-01LS. Es pot observar l'aspecte físic de cadascun dels tres dispositius comentats a la Fig. 7.1.

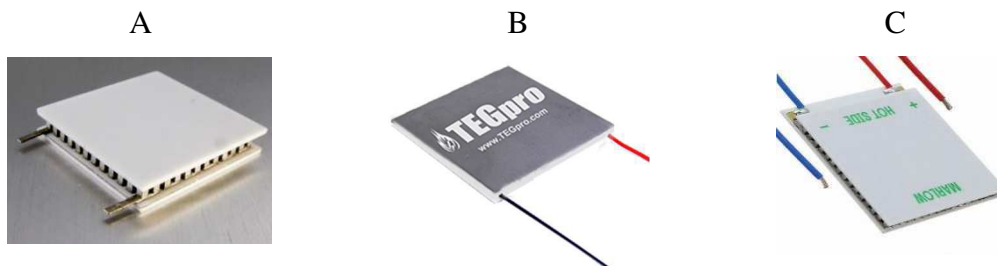


Fig. 7.1 - Relació dels diferents dispositius TEG analitzats: A.- Kryotherm TGM-127-2.0-1.3. B.- TEGpro TGPR-22W-7V-56S. C.- Marlow TG12-8-01LS.

Seguidament, es mostra els paràmetres dels tres models escollits, tal com es veu a la Taula 7.1. Aquest paràmetres han estat extrets de les gràfiques de comportament de dispositius, que es poden veure en l'ANNEX 8. El comportament particular del projecte, es considerat com a temperatura calenta (T_h) de 85 °C, i temperatura cara freda (T_c) de 30 °C, ja que són valors aproximats a la realitat del entorn del Tub Verd.

	TGM-127-2,0-1,3	TGPR-22W-7V-56S	TG12-8-01LS
Voltatge circuit obert (VOC) [V]	≈ 2,1	≈ 2,5	3,27 (a $T_c=50^\circ\text{C}$)
Voltatge amb càrrega [V]	≈ 1	≈ 1,2	1,86 (a $T_c=50^\circ\text{C}$)
Corrent amb càrrega [A]	≈ 1,6	≈ 0,7	1,48 (a $T_c=50^\circ\text{C}$)
Potència amb càrrega [W]	≈ 1,7	≈ 1,1	1,19 (a $T_c=50^\circ\text{C}$)
Resistència interna a $T_h=85^\circ\text{C}$, $T_c=30^\circ\text{C}$ [Ω]	≈ 0,62	≈ 1,8	2,9 (a $T_c=50^\circ\text{C}$)
Ample [mm]	48	56	40
Llarg [mm]	48	56	40
Profund [mm]	3,6	5	3,5
Preu [€]	45,43	57,5	11,6

Taula 7.1 - Taula anàlisi TEGs.

Finalment, l'utilitzat serà el model **TGPR-22W-7V-56S** de TEGpro, degut a que el seu voltatge amb càrrega combinada és el més elevat, juntament amb la seva potència en condicions òptimes que arriba a 22 W, i a nivell d'informació, és una marca molt reconeguda. El model de Marlow s'ha descartat per a no disposar especificacions en temperatures a les quals engloben el projecte. El model de Kryotherm s'ha descartat, tot i ser millor en alguns paràmetres com per exemple la potència amb càrrega, per mostrar una fabricació de qualitat dubtosa i forta presència de falsificacions de producció a Internet. Com es pot observar, es valora molt, la fiabilitat del producte.

Tipus de comunicació *wireless* i topologia de xarxa per als sensors

El tipus de comunicació *wireless* que s'utilitzarà pel disseny de la WSN, definirà la metodologia de transmetre la informació, la topologia de sensors, i la viabilitat del projecte. Respon per tant, a un element de selecció que determinarà els pròxims elements a la viabilitat tècnica.

El tipus de comunicació ha de ser de baix consum, sent important per la caracterització del projecte. Les xarxes *wireless* de baix consum més utilitzades a l'actualitat en el món IoT, són SigFox i LoRaWAN, caracteritzades com dues *Low Power Wide Area Network* (LPWAN), i una tercera que s'anomena ZigBee, classificada com una *Wireless Personal Area Network* (WPAN). Seguidament, es realitza un anàlisi per la selecció de la tipologia i topologia de xarxa que s'utilitzarà.

ZigBee:

ZigBee és un protocol de comunicacions *wireless* basat en l'estàndard de comunicacions per xarxes *wireless* IEEE_802.15.4, creat per ZigBee Alliance [3], una organització teòricament sense ànim de lucre, de més de 200 empreses com Philips, Motorola, Mitsubishi, entre d'altres [37].

L'empresa Digi, distribueix mòduls anomenats XBee, que són solucions integrades per la comunicació entre dispositius basada en el protocol ZigBee [38]. Aquest mòdul, observar Fig.7.2, van ser dissenyats per aplicacions que requereixen un alt tràfic de dades, baixa latència i baix consum. El protocol ZigBee permet xarxes amb topologia tipus malla (MESH), punt a punt (PEER-TO-PEER) i arbre, veure Fig.7.3.



Fig. 7.2 - Xbee de Digi. Font: <http://xbee.cl/>

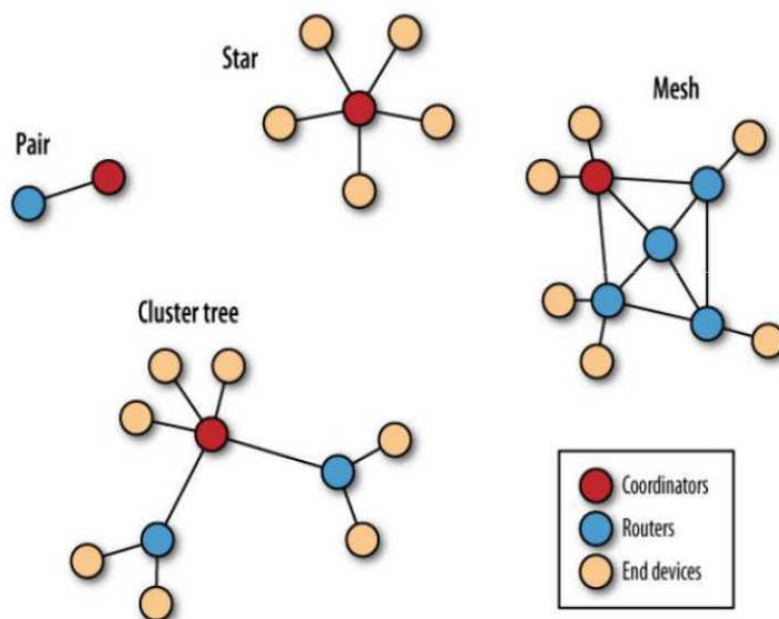


Fig. 7.3 - Possibles topologies de xarxa de XBee. Font: Digi International.

El protocol ZigBee es caracteritza per a tenir 3 elements clarament diferenciats a la xarxa: el coordinador, responsable de mantenir la xarxa i només pot haver-hi un; el router, que actua com a missatger i han d'estar connectats sempre; el dispositiu terminal, que pot enviar i rebre informació però no actua com a missatger d'un altre dispositiu.

Per a la comparativa entre possibles comunicacions de xarxa, s'utilitza els mòduls XBee basats en el protocol ZigBee. Aquests, es diferencien en diferents famílies o models, que treballen a diferents freqüències i presenten diferent abast de comunicació, però estan acotats per regions de treball certificades. Considerant que el projecte a realitzar està situat a la Unió Europea, l'elecció del model per la comparativa és el Digi XBee-PRO ZigBee [39].

El model escollit per a comparar de la família XBee, pot arribar a una distància de comunicació fins a 1,2 km, amb consums de 33 mA a la transmissió i 28 mA en recepció, amb una freqüència de funcionament a 2,4 GHz. La comparativa amb altres mètodes de comunicació, es detalla a la Taula 7.2.

SigFox:

SigFox, empresa creada al 2.010, té com a objectiu de comunicar tots el objectes del món en un futur pròxim, aproximant l'ideal de IoT. SigFox crea una xarxa independent de radiofreqüència amb el seu nom, que on per connectar-se és necessari hardware compatible amb el tipus de comunicació [40]. Per fer possible aquest fet, treballa amb fabricants com Texas Instruments i Atmel, entre d'altres.

Dissenyada per IoT, la xarxa SigFox transmet missatges de 12 bytes, amb la capacitat d'enviar 140 missatges per dia. L'enllaç de radio utilitza bandes de ISM sense llicència, on les freqüències exactes poden variar segons les regulacions nacionals, però a Europa la banda és de 868 MHz [41]. L'abast d'aquesta comunicació per ràdio pot ser de 30-50 km en zones rurals, a 3-10 km en zones urbanes. La topologia de les xarxes SigFox, es mostra a la Fig.7.4.



Fig. 7.4 - Topologia estàndard SigFox. Font: Libelium.

La xarxa SigFox pot ser un complement de xarxes actuals, o pot actuar de manera independent. La manera de treballar pel projecte a desenvolupar, serà compartint xarxa amb operadors privats que siguin distribuïdors de SigFox. La xarxa està en continua expansió, es pot veure la cobertura mundial a la Fig.7.5, i la cobertura on es desenvoluparà el projecte, concretament a Mataró, a la Fig.7.6.

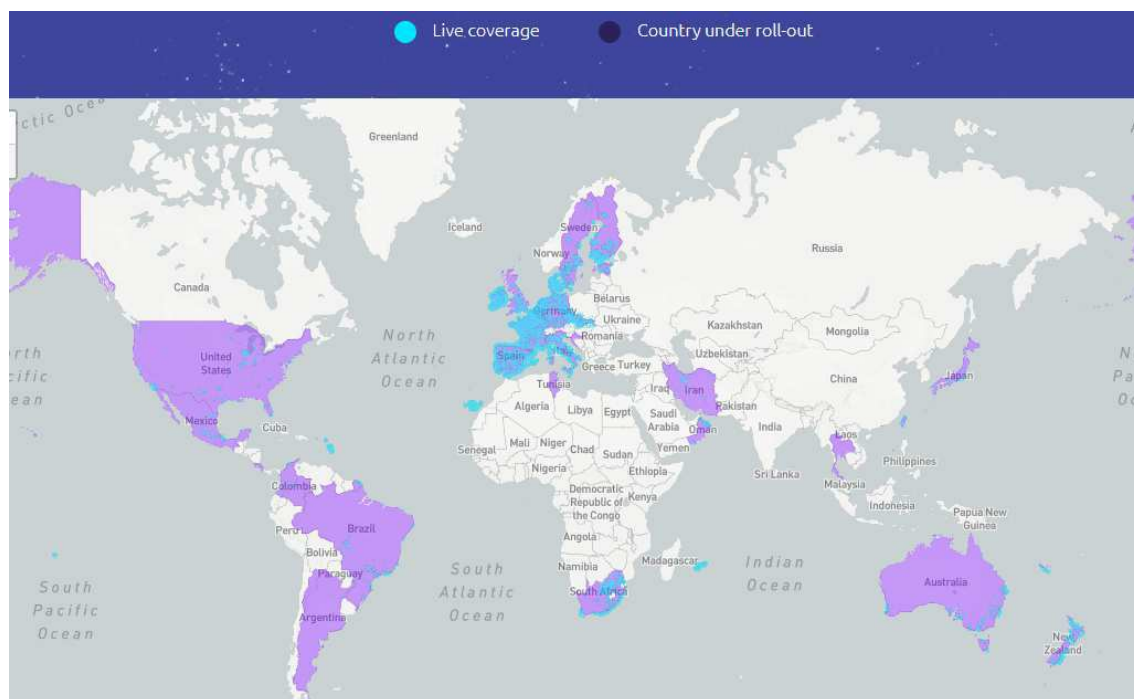


Fig. 7.5 - Cobertura SigFox mundial. Font: www.sigfox.com.

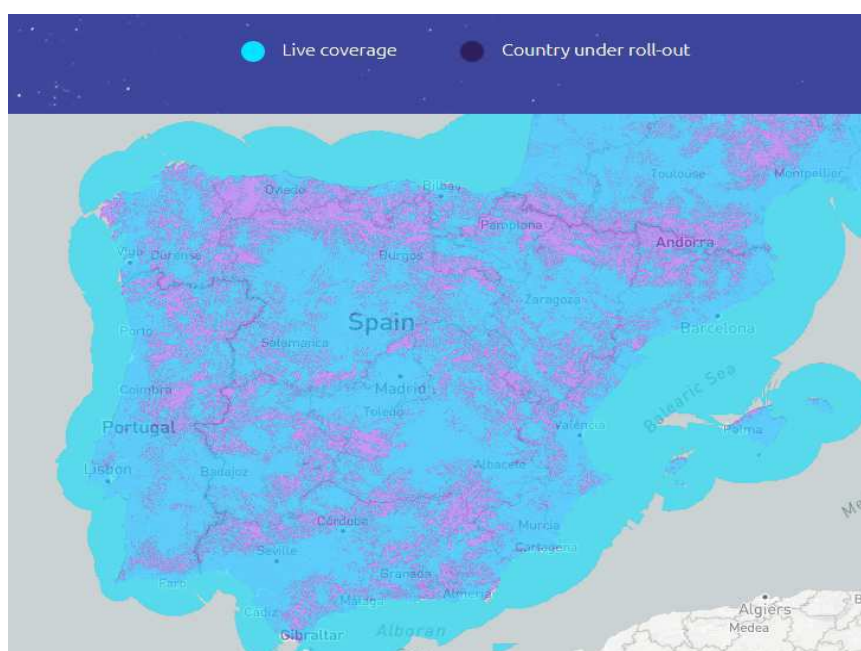


Fig. 7.6 - Cobertura SigFox a Espanya. Font: www.sigfox.com.

SigFox, a més, ofereix un API i un CLOUD SigFox com a interfície d'aplicació web per la gestió de dispositius i de dades.

Libelium fabrica mòduls SigFox amb un consum de 51 mA, es pot veure a la Fig.7.7.

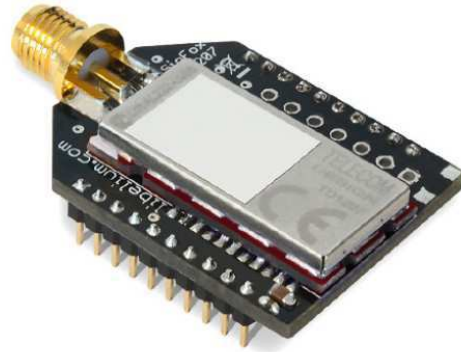


Fig. 7.7 - Mòdul SigFox de Libelium. Font: www.libelium.com.

La comparativa amb altres mètodes de comunicació, es pot veure a la Taula 7.2.

LoRaWAN:

LoRa és un tipus de modulació en radiofreqüència patentat per Semtech. LoRaWAN és un protocol de xarxa que utilitza la tecnologia LoRa per comunicar i administrar dispositius compatibles amb LoRa. És una tecnologia Open Source i la seva estratègia està regida per la aliança LoRa [42].

Les xarxes LoRaWAN poden arribar a un abast de 10-15 km a camp obert, i es redueix en àmbit urbà a 2-5 km. Té una baixa transferència de dades, fins a 242 bytes, també dissenyada per a IoT, com SigFox. Pot operar com a xarxa independent o compartir xarxa amb operadors, com SigFox, però amb la diferència que a Espanya encara no consta oferta comercial. La seva freqüència és 868 MHz.

La topologia es pot veure a la Fig.7.8., es basa en nodes i portes d'enllaç o *gateways*. Les portes d'enllaç envien dades al CLOUD propi, també com SigFox, on poden ser gestionades.

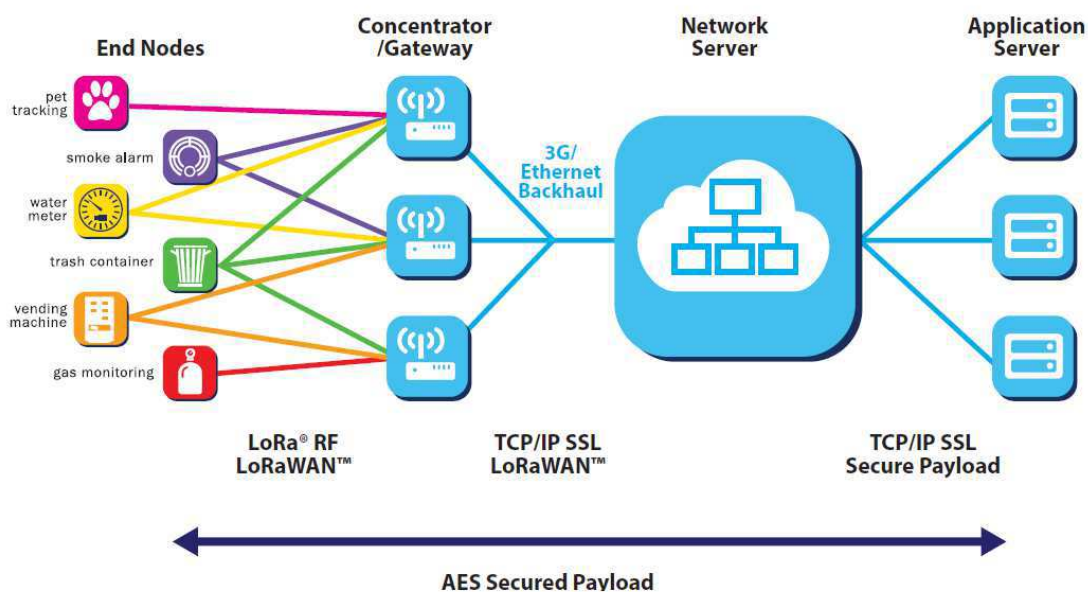


Fig. 7.8 - Topologia xarxa LoRaWAN. Font: www.lora-alliance.org.

Resumint, LoRaWAN és la competència directa de SigFox per ser molt similar i tenir el mateix objectiu d'acomplir el propòsit de IoT.

Libelium fabrica mòduls LoRaWAN amb un consum de 38,9 mA. Aquest mòdul es detalla a la Fig.7.9.



Fig. 7.9 - Mòdul LoRaWAN de Libelium. Font: www.libelium.com.

La comparativa amb altres mètodes de comunicació, es pot veure a la Taula 7.2.

	Xbee	LoRaWAN	SigFox
Abast comunicació [km]	1,2	2 a 5	3 a 10
Freqüència	2,4 [GHz]	868 [MHz]	868 [MHz]
Topologia	Mesh Estrella P2P Arbre	Mesh Estrella P2P	Mesh Estrella P2P
Consum [mA]	33 / 28	38,9	51

Taula 7.2 - Comparativa dels 3 mètodes de comunicació.

El tipus de comunicació sense cables finalment seleccionada per la realització del projecte, és **SigFox**, degut a que és una xarxa dissenyada per a dispositius remots, amb un abast de comunicació acceptable per a xarxes urbanes i amb cobertura operativa a la zona del projecte.

XBee es descarta per considerar l'abast de la seva comunicació insuficient, i LoRaWAN es descarta per no tenir presencia d'operadors per oferir cobertura al territori català.

S'ha de tenir en compte que la comunicació seleccionada pel projecte, ha de transmetre informació de paràmetres físics dels sensors, per tant, es necessita un concentrador o col·lector de senyals elèctriques del sensor per després enviar-la per SigFox al Cloud. S'utilitzarà el mòdul hardware Waspote de Libelium, que presenta un consum de 17 mA i un voltatge d'entrada de corrent continu de 3,3 V a 4,2 V, a més de subministrar 8 entrades/sortides digitals, 7 entrades analògiques i un port SPI (*Serial Peripheral Interface*), suficient per a recollir informació del sensor. Waspote es pot veure a la Fig.7.10.



Fig. 7.10 - Wasp mote de Libelium. Font: www.libelium.com.

S'afegirà el mòdul de comunicació SigFox seleccionat, que es pot veure a la Fig.7.7. Per tant la solució de l'adquisició de dades del sensor i posterior enviament vindrà donada pel hardware Wasp mote amb el mòdul de comunicació SigFox. Les dades d'aquests dos elements poden ser consultats a l'ANNEX 8.

Tipus de sensor

S'ha determinat que el paràmetre a captar serà la temperatura exclusivament, degut a que els sensors d'altres paràmetres, com la pressió, necessiten alimentació a 24 V en C.C, fet que implicaria un augment considerable del muntatge de TEGs. Per tant, el paràmetre a adquirir del sistema és la temperatura de la canonada que es pot aconseguir amb un sensor passiu, concretament amb una RTD tipus Pt100.

La sonda de temperatura Pt100 del fabricant Remberg, ofereix una adquisició de la temperatura superficial de la canonada, evitant així cap modificació mecànica del sistema, i així saber la temperatura del líquid en circulació degut a la transferència d'energia tèrmica per conducció.

La sonda Pt100 de Remberg, model Pt-S12D6-10M, treballa en un rang de temperatures de -50 °C a 250 °C, suficient pel Tub Verd. Té una longitud de cable de 10 metres, utilitzables per col·locar la sonda al punt d'adquisició de temperatura, i transmetre la variació de la resistència al mòdul convertidor, situat a la superfície per la següent emissió de la informació

mitjançant SigFox. El model de Pt100 es pot veure a la Fig.7.11, i les dades amb més detall es poden consultar a l'ANNEX 8.

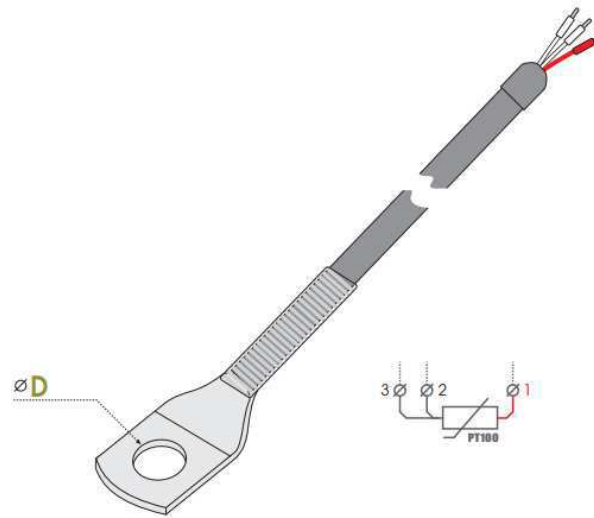


Fig. 7.11 - Sonda Pt100 de Remberg, model Pt-S12D6-10M. Font: www.linkersystem.com.

El convertidor on es connecta la sonda Pt100 és del fabricant Linear Technology, concretament el model LTC2983. Aquest convertidor passa d'entrades analògiques, com poden ser les RTDs o termoparells, a digital, concretament a comunicació SPI. La comunicació SPI serà el mitjà per a transferir la informació de la temperatura superficial al Wisp mote. El LTC2983 s'alimenta amb un rang de 2,85 V a 5,25 V, i es pot veure a la Fig.7.12, i ampliar la informació tècnica d'aquest dispositiu a l'ANNEX 8.



Fig. 7.12 - LTC2983 de Linear. Font: experimentalavionics.com.

Per els anàlisi i les justificacions mostrades, es determina que el projecte és viable des del punt de vista tècnic.

7.2. Viabilitat econòmica.

En aquest apartat, s'analitzarà la viabilitat del projecte, des del punt de vista econòmic, per garantir que la inversió realitzada serà rentable econòmicament.

Per aconseguir la justificació econòmica, es realitza l'anàlisi seguint la línia argumental que el Tub Verd té periòdicament avaries de fuga a les canonades soterrades al llarg de la ciutat de Mataró, concretament 1 avaria cada 2 anys de mitjana. Per a resoldre les avaries del sistema, el Tub Verd té un cost molt elevat comparant-lo amb el cost que tindria al haver implementat el projecte de millora del control de dades del sistema mitjançant una xarxa de sensors sense fils, ó WSN, alimentats elèctricament per els generadors termoelèctrics.

La diferència entre el cost de la solució de l'avaria sense el projecte de millora, amb el cost de la solució de l'avaria amb el projecte de millora implementat, es tracta com un benefici econòmic del Tub Verd per l'anàlisi de la rendibilitat. La argumentació es pot observa amb més detall a l'ANNEX 5.

Es considera que el Tub Verd té el límit de temps d'amortització de la inversió del projecte de millora de control del sistema en 10 anys. A la Taula 7.3. es pot observar el detall de l'anàlisi econòmic, per seguidament, calcular el VAN, la TIR i l'ICB, que demostraran la rendibilitat econòmica del projecte.

	1 ANY	2 ANY	3 ANY	4 ANY	5 ANY	6 ANY	7 ANY	8 ANY	9 ANY	10 ANY
INGRESSOS	23.270	23.270	23.270	23.270	23.270	23.270	23.270	23.270	23.270	23.270
COSTOS	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960
AMORTITZACIONS	8.670,9	8.670,9	8.670,9	8.670,9	8.670,9	8.670,9	8.670,9	8.670,9	8.670,9	8.670,9
BENEFICIS ABANS D'IMPOSTOS [BAI]	13.639,1	13.639,1	13.639,1	13.639,1	13.639,1	13.639,1	13.639,1	13.639,1	13.639,1	13.639,1
BENEFICIS NETS [BN]	11593,2	11593,2	11593,2	11593,2	11593,2	11593,2	11593,2	11593,2	11593,2	11593,2
CASH-FLOW	20.264,1	20.264,1	20.264,1	20.264,1	20.264,1	20.264,1	20.264,1	20.264,1	20.264,1	20.264,1

Taula 7.3 - Taula de rendibilitat econòmica del projecte.

El detall de la Taula 7.3., és, a la fila d'ingressos s'ha considerat l'estalvi de cost que genera aplicar la millora que representa el projecte, repartint-lo entre 2 anys, degut a que es considera que hi haurà una avaria cada 2 anys de mitjana. Els costos indiquen la quota de connexió SigFox anual, que representa 10 €/mes per connexió genèrica, i 7 €/mes per dispositiu. Les amortitzacions representen la inversió inicial sense I.V.A., entre els anys que estan disposats a amortitzar la inversió.

Amb les dades anteriors, s'ha realitzat l'anàlisi del període de temps on la inversió del Tub Verd quedarà amortitzada. S'ha considerat un interès per als primers 5 anys d'un 2,7% i d'un 2,3% els últims 5 anys. S'ha estimat també, la taxa d'inflació dels primers 5 anys en 2,1% i en 1,6 les dels últims 5 anys.

Per calcular el VAN s'ha de tenir en compte la inversió inicial [C_0], el *cash-flow* anual [C_n], l'interès anual [i_n], i taxa d'inflació [g_n]. El càlcul del VAN, es pot veure a l'expressió (7.1).

$$VAN = -C_0 + \sum_{n=1}^N \frac{C_n}{(1+i)^n * (1+g)^n} \quad (7.1)$$

$$\begin{aligned} VAN = & -86.709 + \frac{20.264,1}{1,027 * 1,021} + \frac{20.264,1}{1,027^2 * 1,021^2} + \frac{20.264,1}{1,027^3 * 1,021^3} + \frac{20.264,1}{1,027^4 * 1,021^4} \\ & + \frac{20.264,1}{1,027^5 * 1,021^5} + \frac{20.264,1}{1,023^6 * 1,016^6} + \frac{20.264,1}{1,023^7 * 1,016^7} + \frac{20.264,1}{1,023^8 * 1,016^8} \\ & + \frac{20.264,1}{1,023^9 * 1,016^9} + \frac{20.264,1}{1,023^{10} * 1,016^{10}} \end{aligned}$$

$$\text{VAN} = -86.709 + 9.894,58 + 9.662,593 + 9.435,964 + 9.214,571 + 8.998,3 + 9.021,88 + 8.848,7 \\ + 8.678,73 + 8.511,93 + 8.348,23 = \mathbf{3.906,48 \text{ €}}$$

Es pot observar que la inversió inicial estarà completament assolida abans dels 10 anys.

L'ICB indica la relació cost-benefici, i es pot veure a l'expressió (7.2).

$$\text{ICB} = \frac{\text{VAN}}{C_0} = \frac{3.906,48}{86.709} * 100 = \mathbf{4,5\%} \quad (7.2)$$

La taxa interna de retorn ó TIR, permet saber quin és el percentatge del interès màxim que el client pot acceptar per poder assolir la inversió inicial. S'ha realitzat els càlculs amb software específic, amb un resultat de:

$$\text{TIR} = \mathbf{19\%}.$$

Amb l'anàlisi de rendibilitat econòmica, es pot determinar que el projecte serà sostenible des del punt de vista econòmic.

7.3. Viabilitat mediambiental.

El projecte aprofitarà el calor residual de les canonades del Tub Verd, pel que circula aigua prèviament escalfada mitjançant la incineració de residus i el biogàs generat per la digestió anaeròbica de fangs, per a generar electricitat, i alimentar així una estructura de sensors de temperatura. Aquests sistema de sensors no consumiran l'energia de bateries, sinó de l'energia tèrmica, per tant, no només s'utilitza una metodologia d'Energy Harvesting altament sostenible, sinó que a més es redueix el residu altament contaminant, com són les bateries. S'alimentaran també els emissors SigFox amb la mateixa energia tèrmica del circuit tancat del Tub Verd, que funcionen també sense bateries. El projecte per tant, està dissenyat des de un punt de vista respectuós amb el medi ambient.

La comunicació sense cables es realitzarà per SigFox, que es basa en la comunicació mitjançant ones electromagnètiques a l'espectre de la radiofreqüència, fet que pot afectar a persones amb electrosensibilitat, o a aparells electrònics sensibles.

A la fase d'implementació, poden haver-hi riscos derivats de la possible necessitat de desviar el trànsit temporalment per obra pública. Pot existir afectació a la vida quotidiana del veïnat de Mataró. Poden també esdevenir-se riscos degut a la generació de pols per causa d'obra pública, amb el conseqüent augment de la concentració de partícules en suspensió. Es contempla que la fase d'implementació serà temporal, per aquest motiu, els efectes d'aquesta fase també ho seran.

Per una mala implementació per l'empresa que ho durà a terme, pot haver-hi rastres o conseqüències de irregularitats al sòl urbà.

La implementació del projecte generarà una lleu contaminació visual, degut a la instal·lació d'emissors i antenes SigFox al llarg del casc urbà.

A la fase d'execució, i passat el temps, poden existir avaries d'equips electrònics, els quals hauran de ser substituïts, i reciclats a la deixalleria local, per al respecte del medi ambient.

Es pot trobar un anàlisi més exhaustiu a l'informe de detall, que es pot consultar a l'ANNEX 6. Es recullen a continuació, en forma de taula, les principals accions i factors que s'hauran de prendre en consideració al projecte de detall.

Accions d'impacte

A la Taula 7.4., es recullen les accions d'impacte en les diferents fases del projecte.

Accions d'impacte		Observacions
Fase de Construcció	Instal·lació del projecte	Les accions d'impacte de la fase de construcció, es consideren però no són importants. Les úniques accions que poden repercutir són les accions relacionades amb l'obra pública.
Fase d'Explotació	Pròpia utilització del projecte	En la fase d'explotació no s'observa cap impacte important que pugui afectar. És te en compte el correcte emmagatzematge de les dades. Es considera possibles residus electrònics provocats per avaries.
	Mal funcionament dels equips	
	Manteniment del sistema	

Taula 7.4 - Accions d'impacte a les fases del projecte.

Factors ambientals d'impacte

A la Taula 7.5., es recullen els factors ambientals d'impacte en els medis analitzats.

	Factor Ambiental	Impacte sobre ...
Medi Natural	Atmosfera	Ones electromagnètiques.
	Sòl	No s'ha contemplat cap impacte rellevant
	Aigua	No hi ha impacte aparent
	Flora	No hi ha impacte en absolut
	Fauna	No hi ha impacte en absolut
	Medi perceptual	No hi ha impacte aparent
Medi Socioeconòmic	Usos del territori	No hi ha canvis significatius en els usos del territori
	Culturals	No sembla que hi hagi impactes en aquest àmbit
	Infraestructura	No sembla que hi hagi impactes en les infraestructures socials
	Humans	No s'aprecia cap impacte important sobre els humans
	Economia i població	No hi ha impacte en absolut

Taula 7.5 - Factors ambientals d'impacte.

El disseny i la futura implementació del projecte ha estat basat en les prescripcions indicades en els reglaments i normatives indicats o relacionats per aquests tipus de projectes tècnics.

- Recomanació Europea 1999/519/EC1. Relativa a l'exposició del públic en general a camps electromagnètics.
- Llei 31/1995, de 8 de Novembre, de prevenció de Riscos Laborals.
- Llei 32/2003, de 3 de Novembre. General de telecomunicacions.
- Reial Decret 1627/1997, de 24 d'Octubre. S'estableixen disposicions mínimes de seguretat i salut en les obres de construcció.
- Reial Decret 1066/2001, de 28 de Setembre. Pel que s'aprova el Reglament que estableix condicions de protecció del domini públic radioelèctric, restriccions a les emissions radioelèctriques i mesures de protecció sanitàries front a emissions radioelèctriques.
- Reial Decret Legislatiu 2/2008, de 20 de Juny. Pel que s'aprova el text refós de la Llei de sòl.
- Reial decret 1580/2006, de 22 de Desembre, pel qual es regula la compatibilitat electromagnètica dels equips elèctrics i electrònics.
- Reglament electrotècnic de Baixa Tensió, aprovat pel Consell de Ministres, constituït en el Reial Decret 842/2002 del 2 d'agost de 2002 i publicat en el BOE nº.224 amb la data 18 de setembre de 2002.
- Decret 281/2003, de 4 de Novembre, de modificació del Decret 148/2001, de 29 de Maig, d'ordenació ambiental de les instal·lacions de telefonia mòbil i altres instal·lacions de radiocomunicació.
- Ordenança Municipal per la instal·lació i Funcionament d'instal·lacions de radiocomunicació.

Per els anàlisi i les justificacions mostrades, es determina que el projecte és viable des del punt de vista mediambiental.

8. Desenvolupament de la solució.

Per detallar la solució de la eficiència de control del Tub Verd, mitjançant les cèl·lules termoelèctriques, s'especifica el disseny proposat de la fase d'implementació.

Primerament, es mostra una proposta de distribució de punts d'adquisició de temperatura del circuit tancat del Tub Verd, tal com es pot veure a la Fig. 8.1. Amb la distribució, es pot aconseguir un millor acotament de control per trams, millorant així el control específic d'avaries.

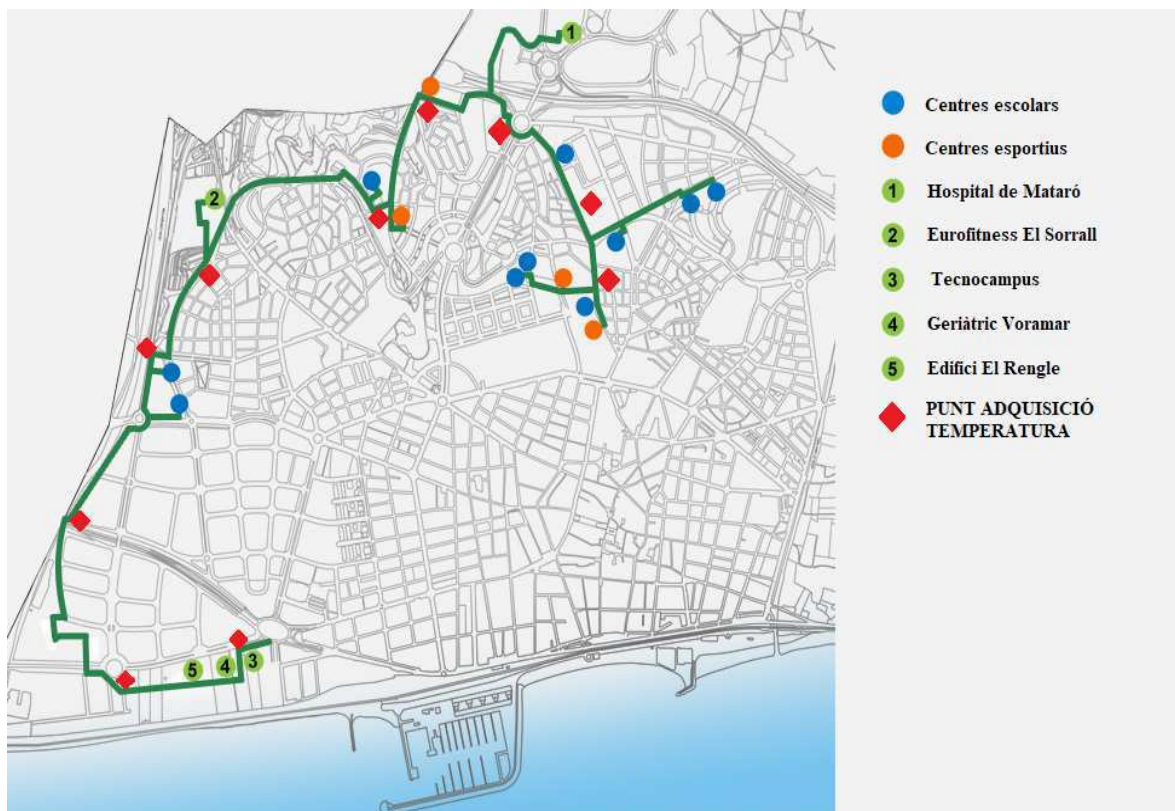


Fig. 8.1 - Proposta de distribució d'unitats d'adquisició de temperatura al llarg del Tub Verd.

Cada unitat d'adquisició de temperatura es compon de diferents fases i elements. A la Fig.8.2., es pot veure els elements que formen les unitats, a mode genèric de funcionament i a nivell de concepte.

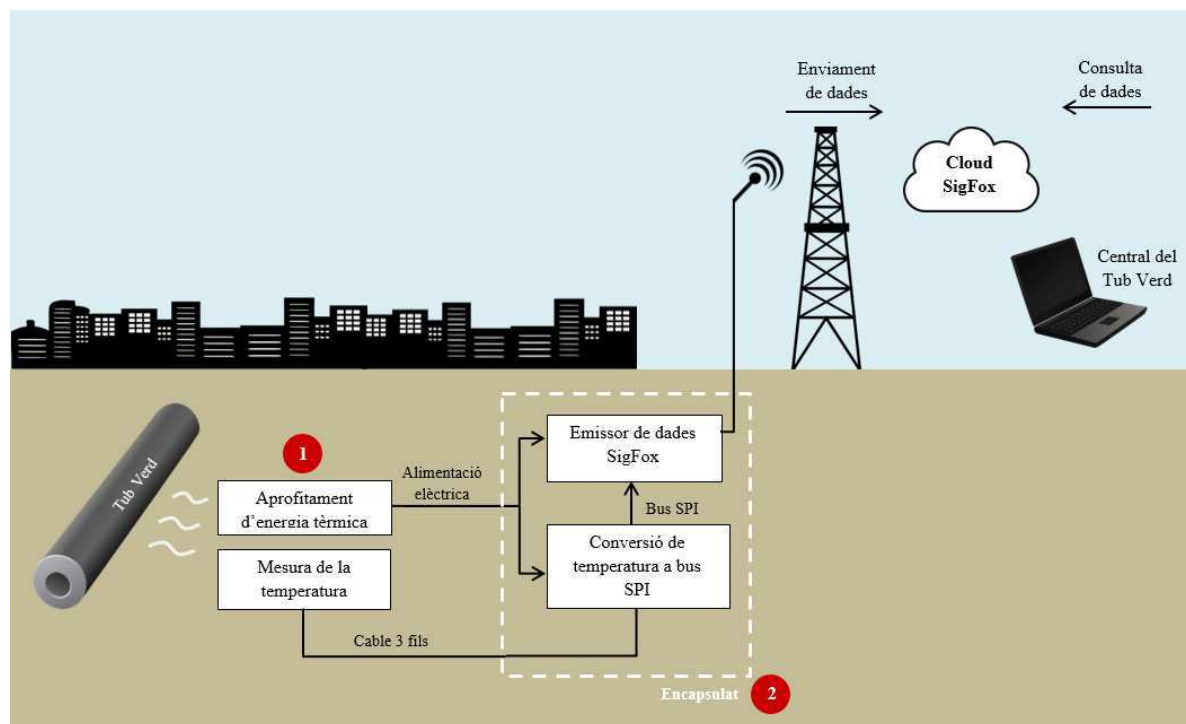


Fig. 8.2 - Solució esquemàtica general.

La referència número 1 a la Fig.8.2, descriu l'etapa d'aprofitament d'energia tèrmica per a convertir-la en energia elèctrica, que alimentarà la resta de la unitat. Aquesta transformació es realitza mitjançant les cèl·lules termoelèctriques amb el principi de Seebeck.

Les cèl·lules termoelèctriques ó TEG, subministren molt poca potència per unitat, en canvi, es realitzarà un muntatge de varis TEG, muntats en paral·lel tèrmicament i en paral·lel ó sèrie elèctricament, segons les necessitats de potència elèctrica de consum. S'utilitzaran els TEG del fabricant TEGPro, ja mencionats a l'apartat de Viabilitat tècnica de l'avantprojecte. El consum necessari i el muntatge exacte es calcularà més endavant.

A mode d'orientació, es proposa un muntatge que podria encaixar amb les canonades del Tub Verd, ja que el muntatge dels TEG haurà d'anar unit mecànicament amb contacte tèrmic, tal com es pot veure a la Fig.8.3.

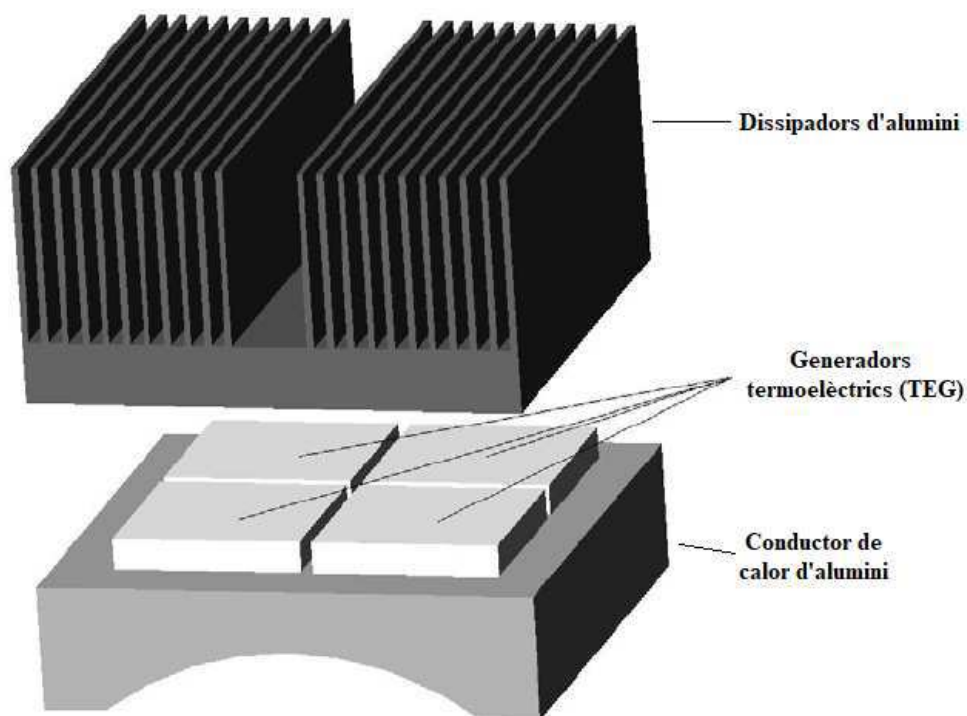


Fig. 8.3 - Muntatge de TEGs per aprofitament d'energia tèrmica de la canonada.

La referència número 2 a la Fig.8.2, descriu l'etapa d'adquisició, conversió del paràmetre físic, concretament la temperatura de les canonades del circuit tancat del Tub Verd, i posterior enviament de les dades mitjançant radiofreqüència. Es realitza l'adquisició de la temperatura superficial de la canonada, mitjançant una sonda RTD tipus Pt100. La resistència variable, que es proporcional a la temperatura, és digitalitzada pel LTC2983 i enviada a través del bus SPI cap al Waspmote. El Waspmote rep la dada i la retransmet pel mòdul específic de SigFox al Cloud, mitjançant el protocol de SigFox.

La representació més detallada de l'etapa d'adquisició, conversió i enviament es mostra a la Fig.8.4.

Una vegada les dades de la temperatura estiguin al Cloud, podran ser consultades per la central del Tub Verd, per a tenir un control de les temperatures superficials de les canonades, al llarg de tot el circuit tancat d'aigua calenta del Tub Verd.

Obtenint aquesta informació, es pot determinar si hi ha una avaria greu durant la secció de trams, a causa d'una caiguda de temperatura superficial a les canonades.

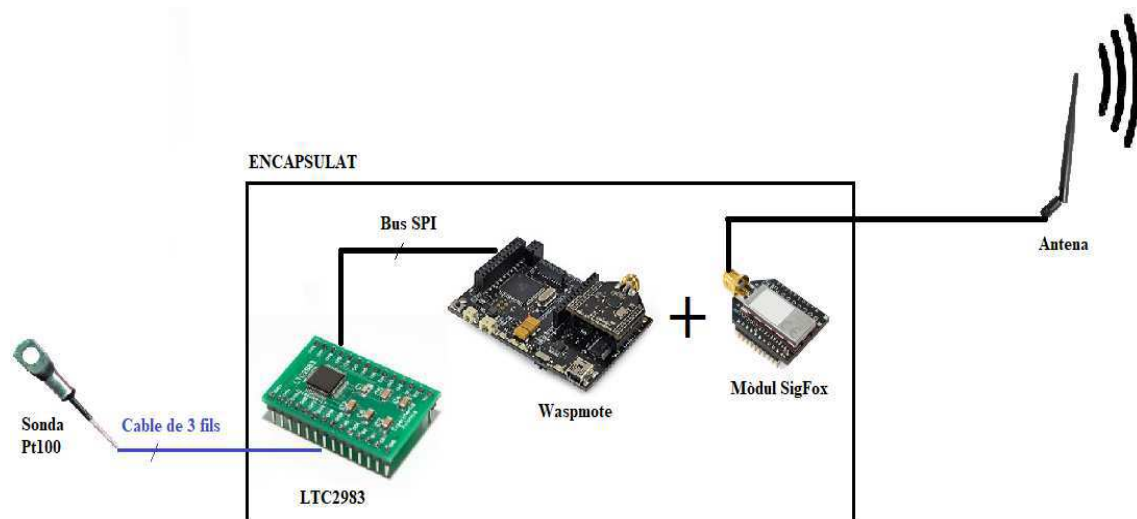


Fig. 8.4 - Etapa d'adquisició, conversió i enviament de la unitat.

9. Planificació del projecte.

Per tal d'assegurar una planificació fiable i un pressupost el màxim ajustat possible, s'ha realitzat dues planificacions, una per la part de disseny del projecte i l'altra per la part d'implementació. S'ofereix una programació i un cost, de tota la solució de la implementació del projecte, encara que com indica l'abast, no es realitza el seguiment d'aquesta fase.

S'ha realitzat, també, un diagrama Gantt amb el software Microsoft Project, de les dues parts mencionades del projecte. Aquests diagrames, s'han realitzat per obtenir el cost variable en hores del projecte, a més de tenir una estructura molt més visual de totes les tasques. La programació Gantt, es pot veure a la Fig.9.1. i a la Fig.9.2., respectivament.

Els recursos utilitzats pel projecte, tant en la fase de disseny com en la fase d'implementació, es descriuen seguidament. Considerant que al projecte no es detallarà el seguiment de la fase d'implementació,

Per la fase de disseny:

- Project Manager [PM].

Per la fase d'implementació:

- Project Manager de la empresa que implementa [PMI].
- Programador IT [PIT].
- Maquinista [MAQ].
- Operari 1 [O1].
- Operari 2 [O2].

S'esmenten les tasques generals del disseny del projecte. Per analitzar amb profunditat les sub-tasques i les seves assignacions i prelacions, es pot consulta l'ANNEX 7.

- 1 Identificar l'estudi.
- 2 Selecció de l'alternativa més adequada.
- 3 Anàlisi de la viabilitat.
- 4 Planificació del projecte.
- 5 Desenvolupament de la solució.
- 6 Pressupost.
- 7 Entrega de l'avantprojecte.
- 8 Introducció al projecte de detall.
- 9 Marc conceptual.
- 10 Desenvolupament de la solució.
- 11 Anàlisi i resultats.
- 12 Desviacions de la planificació.
- 13 Tancament de projecte i conclusions.

Es mencionen també, les tasques generals de la implementació del projecte. Per analitzar amb profunditat les sub-tasques i les seves assignacions i prelacions, es pot consulta l'ANNEX 7.

- 1 Compra de materials.
- 2 Muntatge.
- 3 Identificació de zones urbanes on actuar.
- 4 Obra a zona urbana.
- 5 Proves i validació.

Les conclusions temporals extretes de la programació Gantt, al projecte en fase de disseny, són que el seu inici esdevé el dia 11 de Novembre i el seu termini serà el 11 de Juny, amb

una durada total de 7 mesos. On l'avantprojecte ocuparà un total de 1 mes i 24 dies, i el projecte de detall tindrà una durada total de 4 mesos i 9 dies.

La part d'implementació tindrà una durada estimada de 3 mesos i 20 dies, segons la previsió realitzada mitjançant el MS Project, a l'any 2019.

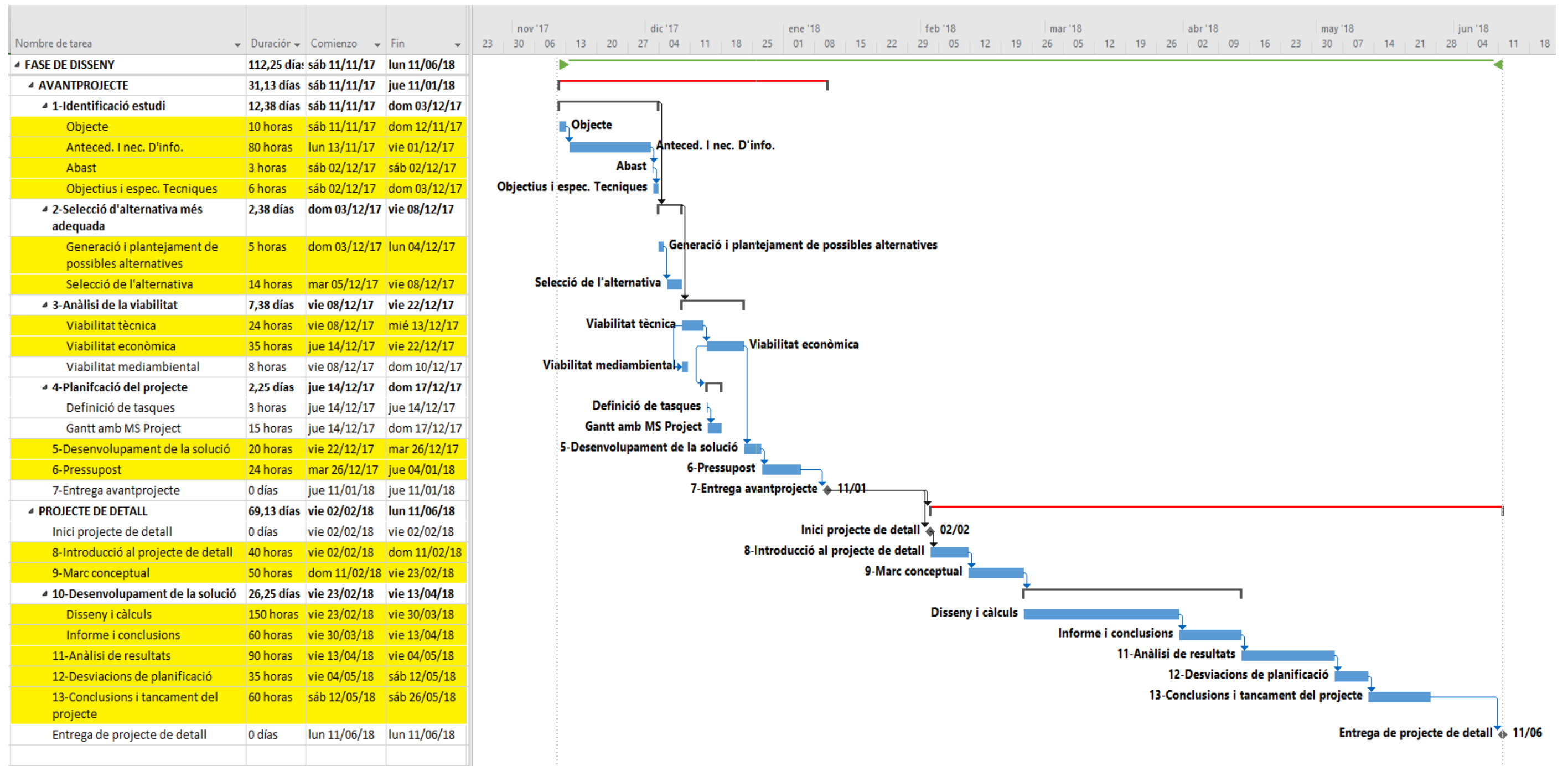


Fig. 9.1 - Gantt de la fase de disseny.

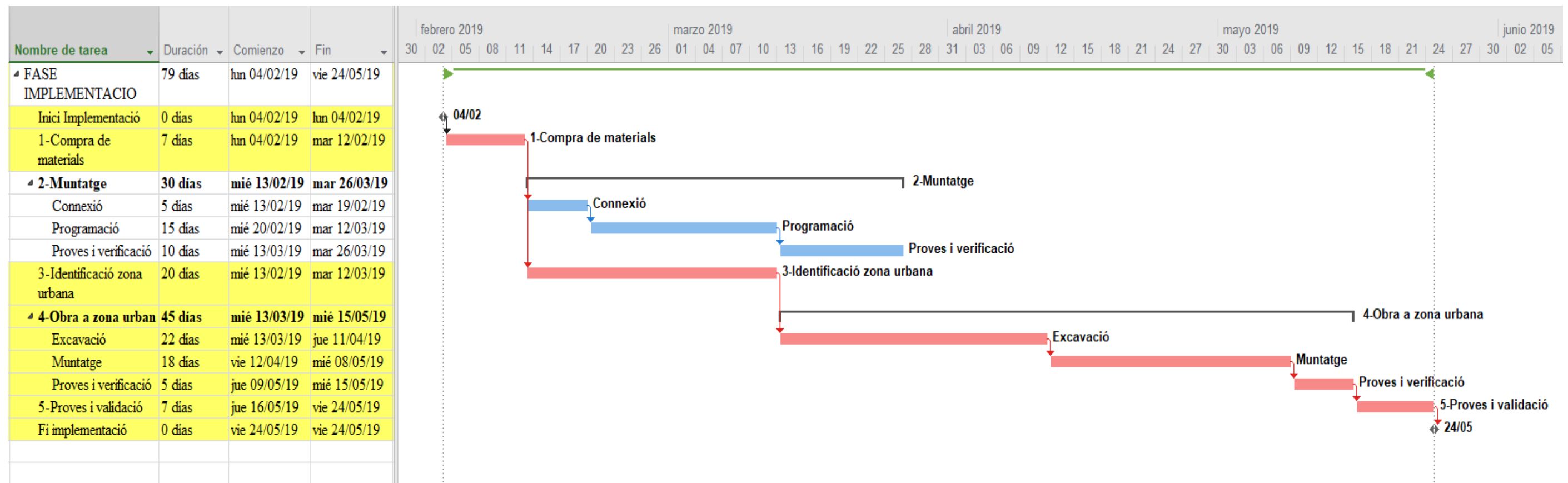


Fig. 9.2 - Gantt de la fase d'implementació.

10. Pressupost.

10.1. Amidaments.

El present capítol recull els amidaments corresponents a l'enginyeria (disseny i desenvolupament de la solució) i els materials emprats. Es poden observar a la Taula 10.1., Taula 10.2. i Taula 10.3., respectivament.

Capítol I: Elaboració del projecte

Disseny:

Nº	Nom de la tasca	Duració [h]
AVANTPROJECTE		247
1	Identificar estudi	99
2	Selecció d'alternativa més adequada	19
3	Anàlisi de la viabilitat	67
4	Planificació del projecte	18
5	Desenvolupament de la solució	20
6	Pressupost	24
7	Entrega avantprojecte	-
PROJECTE DE DETALL		485
8	Introducció al projecte de detall	40
9	Marc conceptual	50
10	Desenvolupament de la solució	210
11	Anàlisi de resultats	90
12	Desviacions de planificació	35
13	Conclusions i tancament del projecte	60
	Entrega de projecte de detall	-

Taula 10.1 - Hores dedicades al disseny del projecte.

Implementació:

Nº	Nom de la tasca	Duració [dies]
FASE IMPLEMENTACIO		109
1	Compra de materials	7
2	Muntatge	30
3	Identificació zona urbana	20
4	Obra a zona urbana	45
5	Proves i validació	7
	Fi implementació	-

Taula 10.2 - Hores dedicades a la implementació del projecte.

Capítol II: Material

Referència	Fabricant	Descripció	Quantitat	Proveïdor
TGPR-22W-7V-56S	TEGPro	Cel·lula termoelectrìca	120	Tegmart
Wasmote + SigFox	Libelium	Emissor de dades SigFox	10	Cooking Hacks
Pt-S12D6-10M	Remberg	Sonda Pt100	10	Gasteiz
LTC2983	Linear Technology	Conversor de RTD a SPI	10	Linear Tech.
Cable antena	-	Extensor cable antena	10	RS Components
Encapsulat	-	Encapsulat on col·locar la electrònica	10	
Sumsave AS-RZ1MZ1-K	Sumcab	Cable multifilar de 4G1.5 mm2	30	Sumcab
Dissipador d'alumini	-	Dissipador d'alumini pels TEG	20	RS Components
Conductor d'alumini	-	Conductor tèrmic d'alumini per fixa a canonada	20	RS Components

Taula 10.3 - Material del projecte.

10.2. Quadre de preus.

Capítol I: Elaboració del projecte

A la Taula 10.4., es poden revisar els preus per cada hora de treball dels recursos necessaris per la realització del disseny i la implementació del projecte.

Recurs	Preu h. normal [€]	Preu h. extra [€]
DISSENY		
Project Manager [PM]	40	60
IMPLEMENTACIÓ		
Project Manager empresa implementadora [PMI]	50	70
Programador IT [PIT]	35	42
Maquinista [MAQ]	22	30
Operari [OP1, OP2]	18	25

Taula 10.4 - Relació preus per hora dels recursos emprats en disseny i implementació del projecte.

Capítol II: Material

A la Taula 10.5., es poden revisar els preus unitaris dels materials necessaris per dur a terme la implementació del projecte.

Referència	Proveïdor	Quantitat	Preu unitari [€]	Descompte
TGPR-22W-7V-56S	Tegmart	120	57,50	10%
Waspnote + SigFox	Cooking Hacks	10	228,00	5%
Pt-S12D6-10M	Gasteiz	10	32,67	20%
LTC2983	Linear Tech.	10	27,84	10%
Cable antena	RS Components	10	12,40	5%
Encapsulat		10	24,90	15%
Sumsave AS-RZ1MZ1-K	Sumcab	30	0,89	5%
Dissipador d'alumini	RS Components	20	31,87	5%
Conductor d'alumini	RS Components	20	47,12	5%

Taula 10.5 - Preus de material necessari per la implementació del projecte.

10.3. Pressupost parcial.

Capítol I: Elaboració del projecte

Disseny:

A la taula següent, Taula 10.6., es mostren les taques realitzades per a desenvolupar el disseny del projecte, així com la quantitat d'hores necessàries i el preu associat a cada tasca.

Nº	Nom de la tasca	Duració [h]	Recurs	Preu [€]
AVANTPROJECTE		247		7.400
1	Identificar estudi	99	PM	3.960
2	Selecció d'alternativa més adequada	19	PM	480
3	Anàlisi de la viabilitat	67	PM	1.020
4	Planificació del projecte	18	PM	180
5	Desenvolupament de la solució	20	PM	800
6	Pressupost	24	PM	960
7	Entrega avantprojecte	-	PM	0
PROJECTE DE DETALL		485		19.400
8	Introducció al projecte de detall	40	PM	1.600
9	Marc conceptual	50	PM	2.000
10	Desenvolupament de la solució	210	PM	8.400
11	Anàlisi de resultats	90	PM	3.600
12	Desviacions de planificació	35	PM	1.400
13	Conclusions i tancament del projecte	60	PM	2.400
	Entrega de projecte de detall	-	PM	0
COSTOS INDIRECTES				5.896

Taula 10.6 - Pressupost parcial de la fase de disseny.

Total costos de disseny amb marge (10%) = 29.480 €.

Implementació:

A la taula següent, Taula 10.7., es mostren les taques realitzades per a implementar el projecte, així com la quantitat d'hores i el preu associat a cada tasca.

Nº	Nom de la tasca	Duració [dies]	Recurs	Preu [€]
FASE IMPLEMENTACIO		109		28.836
1	Compra de materials	7	PMI	700
2	Muntatge	30	PIT	8.400
3	Identificació zona urbana	20	PMI	2.000
4	Obra a zona urbana	45	PMI+PIT+MAQ+OP1+OP2	12.976
5	Proves i validació	7	PMI+PIT	4.760
	Fi implementació	-	PMI	0
COSTOS INDIRECTES				1.586

Taula 10.7 - Pressupost parcial de la mà d'obra a la fase d'implementació.

Total costos mà d'obra amb marge (10%) = 31.720 €.

Capítol II: Material

A la taula següent, Taula 10.8., es mostren els costos dels materials necessaris per a la fase d'implementació del projecte.

Referència	Proveïdor	Quantitat	Preu unitari [€]	Descompte	Preu total amb descompte [€]
TGPR-22W-7V-56S	Tegmart	120	57,50	10%	6.210,00
Waspnote + SigFox	Cooking Hacks	10	228,00	5%	2.166,00
Pt-S12D6-10M	Gasteiz	10	32,67	20%	261,36
LTC2983	Linear Tech.	10	27,84	10%	250,56
Cable antena	RS Components	10	12,40	5%	117,80
Encapsulat		10	24,90	15%	211,65
Sumsave AS-RZ1MZ1-K	Sumcab	30	0,89	5%	25,37
Dissipador d'alumini	RS Components	20	31,87	5%	605,53
Conductor d'alumini	RS Components	20	47,12	5%	895,28
COSTOS INDIRECTES					591

Taula 10.8 - Preu material per la fase d'implementació.

Total costos material = 11.818 €.

Capítol III: Amortitzacions

Les amortitzacions del projecte, es poden veure a la Taula 10.9.

MATERIAL	Preu [€]	Període d'amortització [projectes]	TOTAL [€]
Ordinador	700	3	233
Mobiliari	500	3	167
Eines	200	3	67
Impressora	150	3	50
TOTAL			517

Taula 10.9 - Preu amortitzacions.

10.4. Pressupost global.

El pressupost global del projecte, després dels parcials analitzats en aquest capítol, és el següent:

Preu del projecte de disseny amb marge i I.V.A. :

Total capítol I = 29.480 €.

Total capítol III = 517 €.

Total amb marge i I.V.A. = 54.444 €

Preu del projecte d'implementació amb marge i I.V.A. :

Total capítol I = 31.720 €.

Total capítol II = 11.818 €.

Total amb marge i I.V.A. = 55.314 €.

PREU TOTAL PROJECTE = 109.758 €

11. Referències.

- [1] www.energia2012.es, M^a Cruz Acero i Jaume Esteve, *Energía ambiental (energy harvesting)*. IMB-CNM, CSIC.
- [2] Á. Fernández Ramos, *Energy Harvesting: Una técnica para generar energía*. Treball de Final de Grau, Universitat Autònoma de Madrid, Julio 2017.
- [3] www.zigbee.org, Copyright © 2017 Zigbee Alliance, 2017.
- [4] www.researchandmarkets.com/research/r3w48p/energy_harvesting, Knowledge Sourcing Intelligence, *Energy Harvesting System Market – Forecasts from 2017 to 2022*. July, 2017.
- [5] www.mdpi.com/1424-8220/14/3/4755ag, R.Caliò – U.B. Rongala – D. Camboni – M. Milazzo – C. Stefanini – G. De Petris – C.M. Oddo, *Piezoelectric Energy Harvesting Solutions*. March 10th , 2014.
- [6] www.europapress.es/castilla-lamanca/noticia-casar-guadalajara-acoge-mayor-planta-solar-fotovoltaica-provincia-dara-energia-mas-7000-hogares-20170829165037.html, Europapress, *El Casar acoge la mayor planta solar de Guadalajara que dará energía a más de 7.000 hogares*. 29 de Agosto, 2017.
- [7] www.powercastco.com, ©Powercast Corp.®.
- [8] www.pavegen.com, © Pavegen 2018.
- [9] www.micropelt.com, EH4 GmbH.
- [10] www.researchgate.net/publication/274565846, P.E. Ruiz Ortega – M.A. Olivares Robles – L.K. Toscano Medina, *Análisis del Calor de Thomson en un Sistema Termoeléctrico Unidimensional de Dos Etapas*. Octubre, 2014.
- [11] ethic.es/2016/07/el-trampolin-de-la-innovacion, C. Gómez-Cotta, *El trampolín de la innovación*.

- [12] A.M. López Martínez, *Diseño de un sistema termoeléctrico aprovechando características geotérmicas*. Trabajo de Final de Grado, Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú, Juny 2013.
- [13] J. Rui Camargo and M.C. Costa de Oliveira, *Principles of Direct Thermoelectric Conversion, Heat Analysis and Thermodynamic Effects*, Dr Amimul Ahsan (Ed.). ISBN: 978-953-307-585-3, 2011.
- [14] Pallás Areny, Ramón, *Sensores y acondicionadores de señal*, 2ª Edición, Marcombo, Boixareu editores 1994. ISBN: 84-267-0989-1994.
- [15] <http://iopscience.iop.org/book/978-1-6817-4641-8/chapter/bk978-1-6817-4641-8ch1>, H. Julian Goldsmid, *The Physics of Thermoelectric Energy Conversion*. April, 2017.
- [16] Dpto. De Electrónica, Automática e Informàtica Industrial, "Modelado de una célula Peltier".
- [17] www.marlow.com/resources/faqs, © 2017 II-VI Marlow, Inc. All Rights Reserved.
- [18] Francisco Javier Villasevil Marco, Tesis doctoral: *Desarrollo y caracterización de estructuras termoeléctricas con pellets constituidos por nuevos materiales y geometrías no estandar*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- [19] A.M. López Martínez i F.X. Villasevil Marco, *La termoelectricitat, una tecnologia sostenible i respectuosa amb el medi*. Presentació de diapositives.
- [20] M. Ortiz Aguilar, *Sistema electrònic para el aprovechamiento de la energía del cuerpo humano*. Trabajo de Final de Grado, Escola Universitària Politècnica de Mataró, Primavera 2012.
- [21] A. Martín Domingo, *Apuntes de Transmisión del calor*. Departamento de Física e Instalaciones, Universidad Politècnica de Madrid, Mayo 2011.
- [22] www.unet.edu.ve/~fenomeno/F_DE_T-165.htm, UNET, Transferencia de Calor.

- [23] A. Risseh – H. Nee – O. Erlandsson – K. Brinkfeldt, et al., *Design of Thermoelectric Generator for Waste Heat Recovery Application on a Drivable Heavy Duty Vehicle*. SAE Int. J. Commer. Veh. 10(1): 26-44, 2017.
- [24] J.E. Rodríguez, *La recuperación termoeléctrica del calor residual, una Fuente de energía ambientalmente amigable*. Grupo de Materiales Termoeléctricos, Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, MOMENTO, Diciembre 2010.
- [25] www.powerwatch.com, © 2018 Matrix Industries.
- [26] scatec.no, Scatec company.
- [27] tegma.no, Scatec's company.
- [28] TEGma, *Waste heat to green power*. Presentation, May 24th 2017.
- [29] Travis T. Wallace, 2011 DOE Thermoelectrics Applications Workshop, *Development of Marine Thermoelectric Heat Recovery Systems*. January 5th 2011.
- [30] H. Fagehi, *Optimal Design of Automotive Exhaust Thermoelectric Generator (AETEG)*. Master's Theses. Western Michigan university, December 2016.
- [31] www.rgsdevelopment.nl/solutions/thermagy, © RGS DEVELOPMENT BV.
- [32] www.greenteg.com/U-Value, greenTEG AG.
- [33] www.tubverd.cat, © Mataró Energia Sostenible.
- [34] en.wikipedia.org/wiki/District_heating, District Heating, Wikipedia.
- [35] www.aiguesmataro.com/ca/el-tub-verd, © Aigües de Mataró, Ajuntament de Mataró.
- [36] A. Bonmatí, *Evaluación y prevención de riesgos Ambientales en Centroamérica*. Documentación Universitaria, Girona 2008. ISBN: 978-84-96742-37-6.
- [37] tecnologicobj12.blogspot.com.es/2011/09/que-es-xbee.html, Blog tecnològic de definició de tecnologia Xbee, 26 Setembre 2011.

- [38] xbee.cl/que-es-xbee, web explicativa de tecnologia Xbee, MCI electronics.
- [39] www.digi.com/pdf/chart_xbee_rf_features.pdf, web comparativa de tecnologies Xbee, DIGI International INC.
- [40] www.sigfox.com/en, web principal de la tecnologia SigFox, SigFox, Made by EMAKINA.
- [41] www.nobbot.com/redes/sigfox-la-red-para-el-internet-de-las-cosas, web d'explicació de la tecnologia SigFox..
- [42] www.lora-alliance.org/, LoRa Alliance, © 2017 LoRa Alliance.

Escola Universitària Politécnica de Mataró

Centre adscrit a:



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

**APROFITAMENT DE L'ENERGIA TÈRMICA DEL TUB VERD PER LA CREACIÓ
D'UN SISTEMA DAQ SENSE FILS**

Annexos Avantprojecte

**JORDI POZO PEIRIS
PONENT: VIRGINIA ESPINOSA DURÓ**

PRIMAVERA 2018



**TecnoCampus
Mataró-Maresme**

Índex.

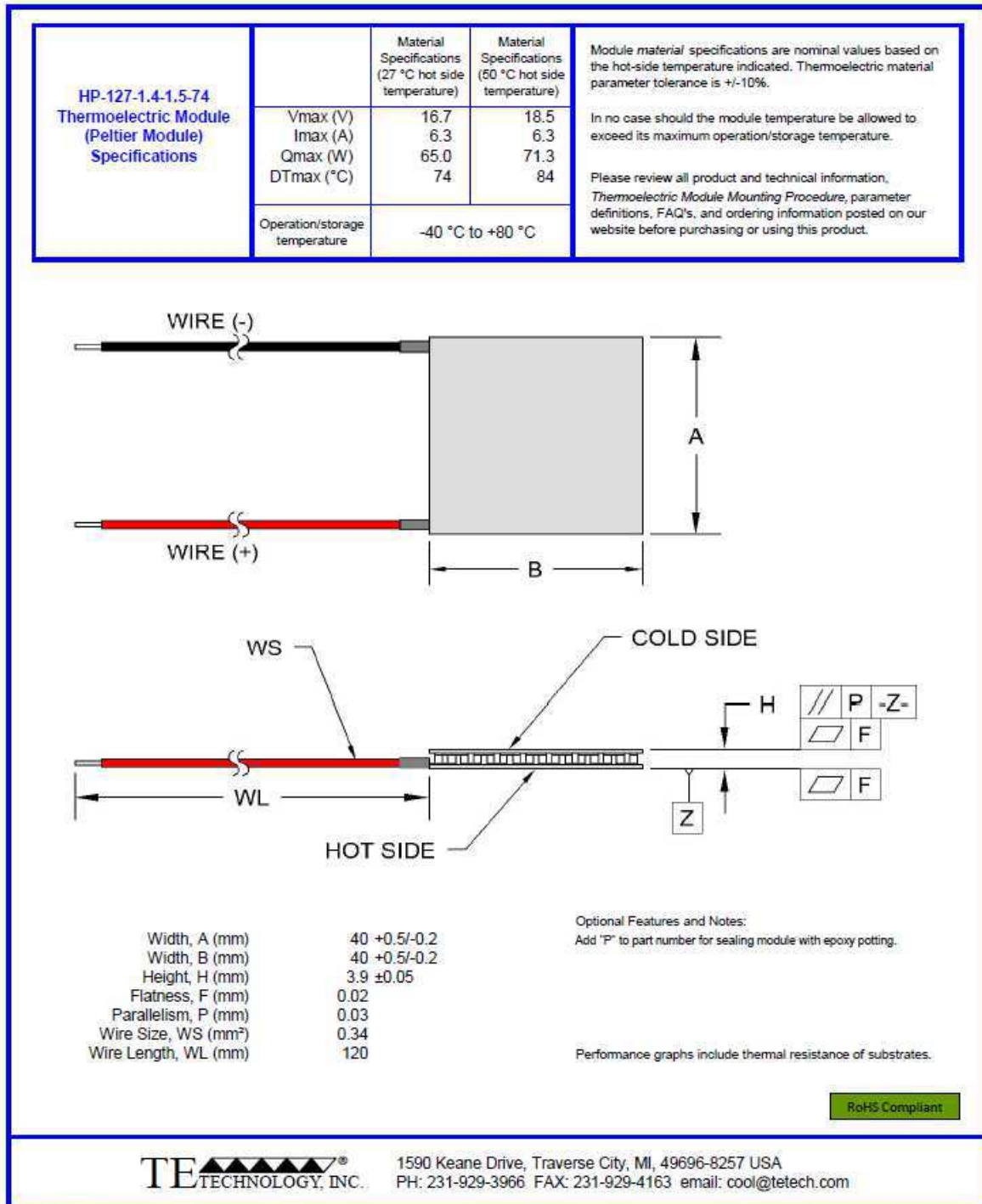
Índex de taules.....	III
1. Annex 1: Característiques i interpretació del TEC.	1
2. Annex 2: Característiques i interpretació del TEG.	13
3. Annex 3: Anàlisi QFD.	17
4. Annex 4: Anàlisi per la selecció de l'alternativa més adequada.....	19
5. Annex 5: Anàlisi viabilitat econòmica.....	25
6. Annex 6: Llistes de control de la viabilitat mediambiental.	27
7. Annex 7: Informació de tasques del projecte.....	53
8. Annex 8: Datasheets.....	55

Índex de taules.

Taula 3.1 - Anàlisi QFD.....	18
Taula 4.1 - Rúbrica estàndard utilitzada a les valoracions.....	19
Taula 4.2 - Rúbrica de valoració de solució amb sensors no cablejats amb bateries.....	21
Taula 4.3 - Rúbrica de valoració de solució amb sensors no cablejats sense bateries.....	22
Taula 4.4 - Rúbrica de valoració de solució amb sensors cablejats.....	22
Taula 4.5 - Rúbrica de valoració de solució de xarxa wireless.....	23
Taula 4.6 - Rúbrica de valoració de solució de xarxa semi-cablejada.....	23
Taula 5.1 - Anàlisi de costos d'avaría amb implementació i sense implementació.	26
Taula 7.1 - Tasques del projecte, fase de disseny.	53
Taula 7.2 - Tasques del projecte, fase d'implementació.....	54

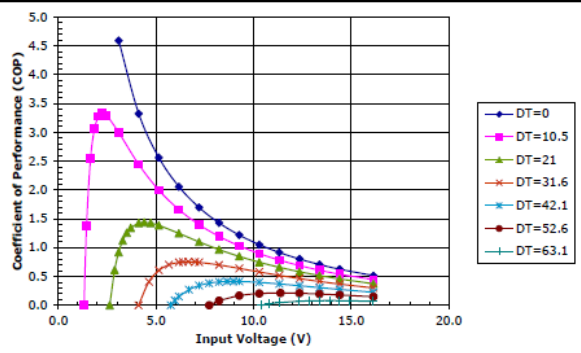
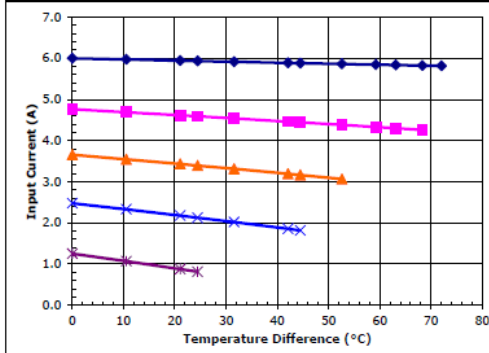
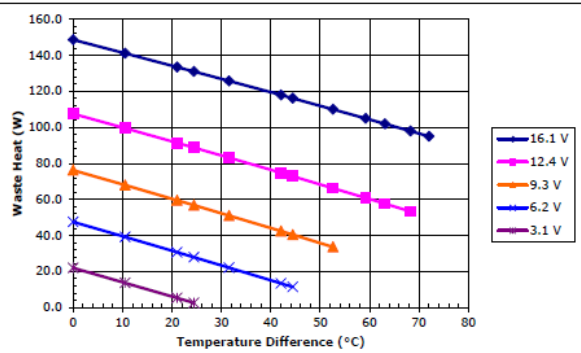
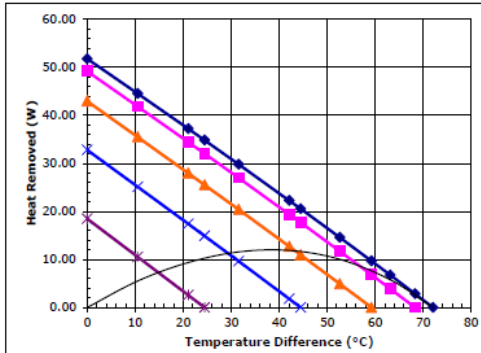
1. Annex 1: Característiques i interpretació del TEC.

Seguidament, es mostra els fulls de característiques tècniques del fabricant del TEC mostrat com a exemple.





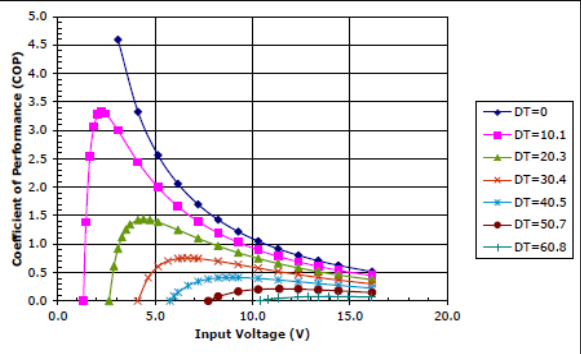
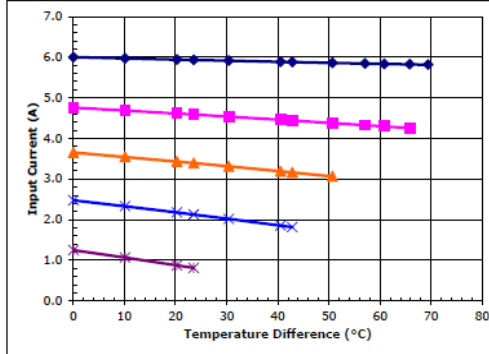
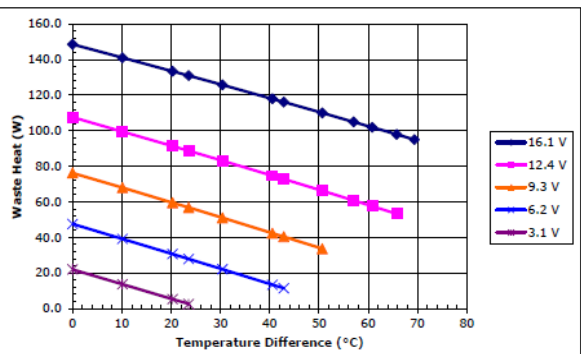
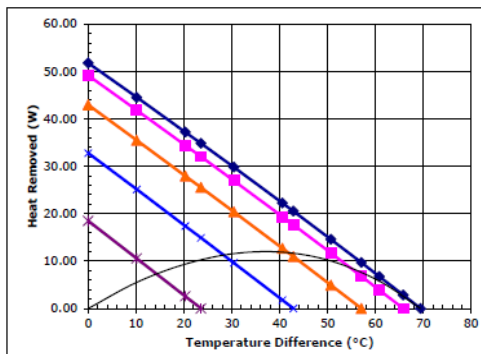
1590 Keane Drive, Traverse City, MI, 49696-8257 USA
 PH: 231-929-3966 FAX: 231-929-4163 email: cool@totech.com



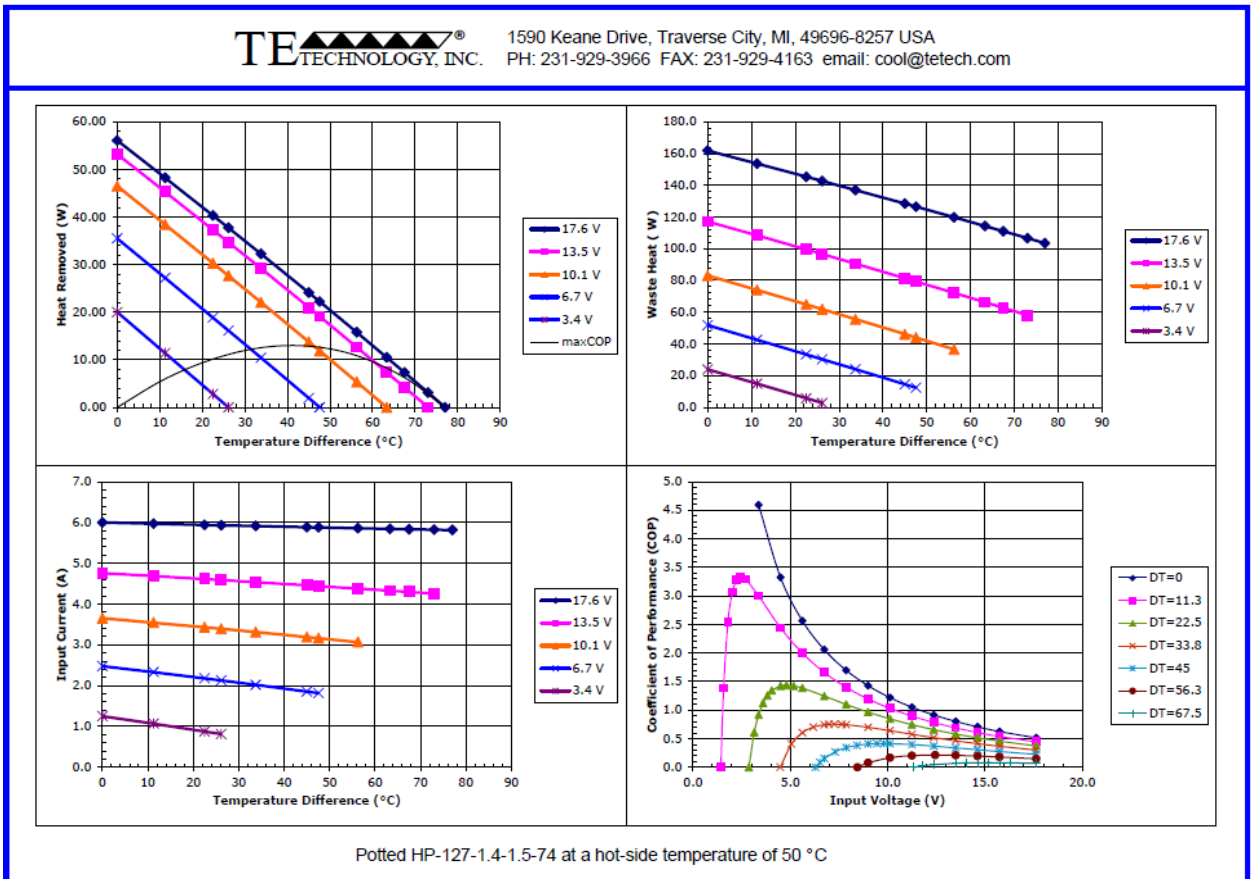
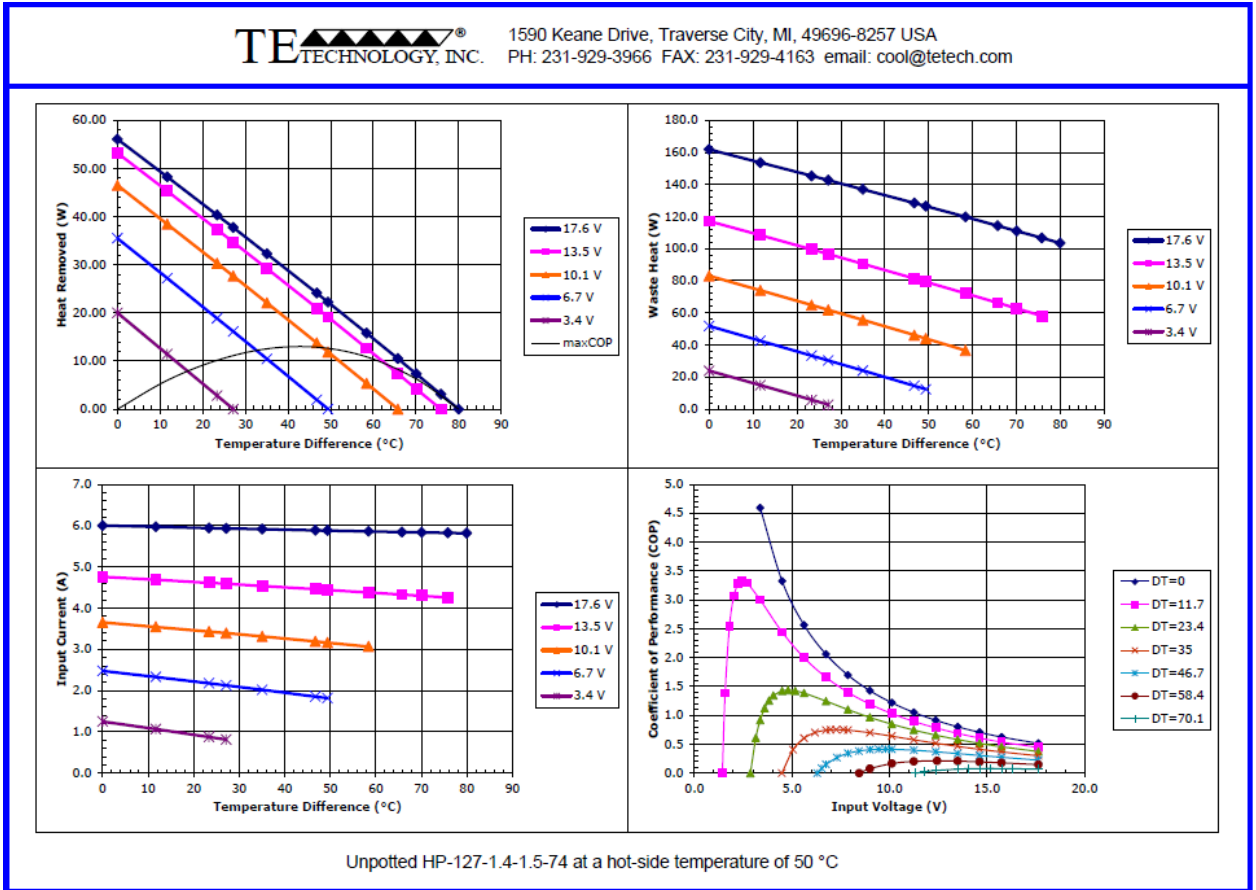
Unpotted HP-127-1.4-1.5-74 at a hot-side temperature of 30 °C



1590 Keane Drive, Traverse City, MI, 49696-8257 USA
 PH: 231-929-3966 FAX: 231-929-4163 email: cool@totech.com

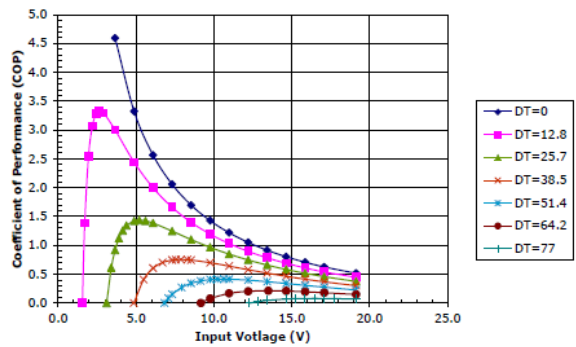
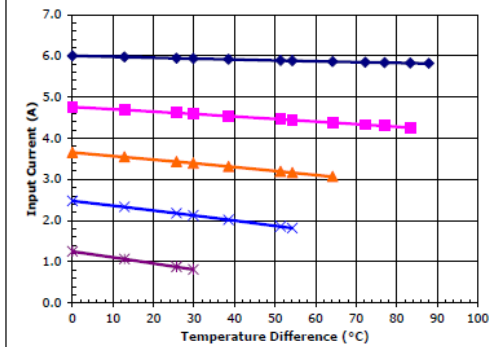
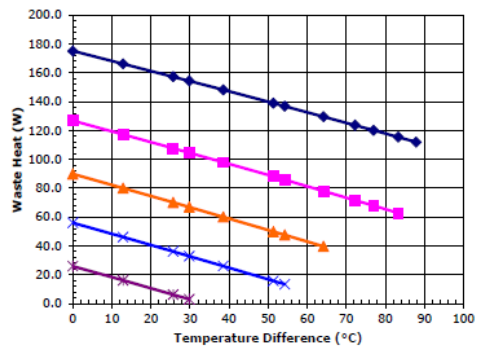
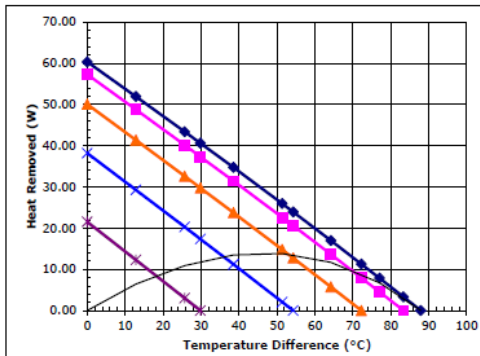


Potted HP-127-1.4-1.5-74 at a hot-side temperature of 30 °C





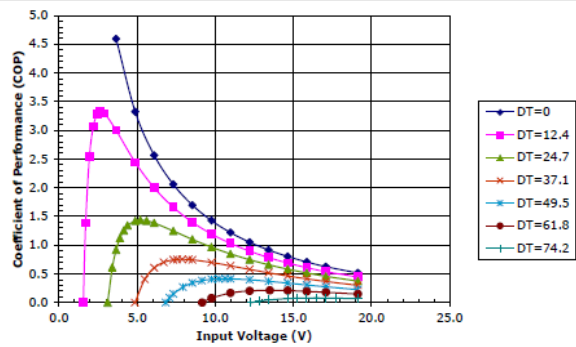
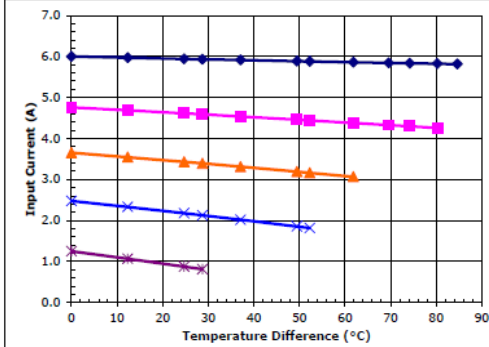
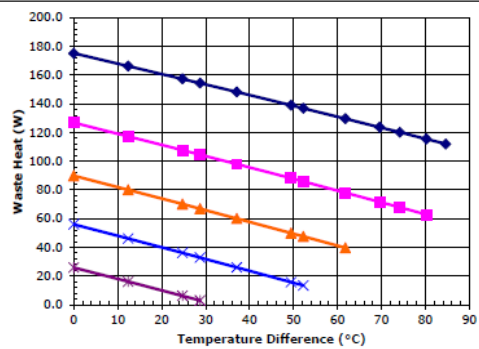
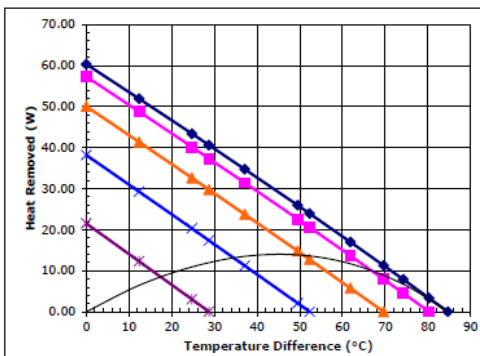
1590 Keane Drive, Traverse City, MI, 49696-8257 USA
 PH: 231-929-3966 FAX: 231-929-4163 email: cool@totech.com



Unpotted HP-127-1.4-1.5-74 at a hot-side temperature of 70 °C

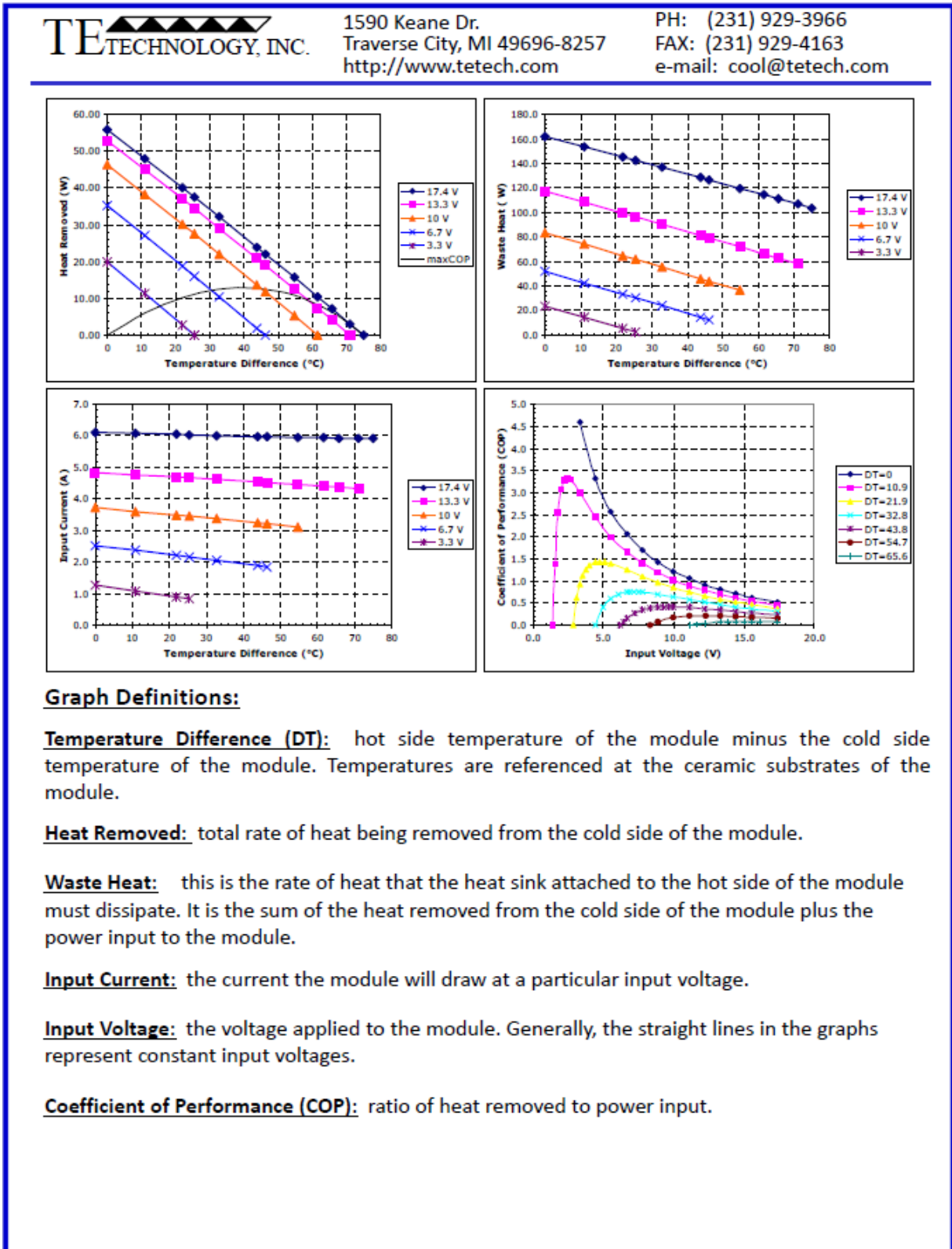


1590 Keane Drive, Traverse City, MI, 49696-8257 USA
 PH: 231-929-3966 FAX: 231-929-4163 email: cool@totech.com



Potted HP-127-1.4-1.5-74 at a hot-side temperature of 70 °C

Es mostra la interpretació segons fabricant:



TE TECHNOLOGY, INC.

1590 Keane Dr.
Traverse City, MI 49696-8257
<http://www.tetech.com>

PH: (231) 929-3966
FAX: (231) 929-4163
e-mail: cool@tetech.com

Thermoelectric (Peltier) Module / Material Definitions:

Q_{max}: The amount of heat that a TE cooler can remove at a zero degree temperature difference when the hot-side of the elements within the thermoelectric module are at 300 K.

I_{max}: The current that produces DT_{max} when the hot-side of the elements within the thermoelectric module are held at 300 K.

V_{max}: The voltage that is produced at DT_{max} when I_{max} is applied and the hot-side temperature of the elements within the thermoelectric module are at 300 K.

DT_{max}: The maximum obtainable temperature difference between the cold and hot side of the thermoelectric elements within the module when I_{max} is applied and there is no heat load applied to the module. This parameter is based on the hot side of the elements within the thermoelectric module being at 300 K. In reality, it is virtually impossible to remove all sources of heat in order to achieve the true DT_{max}. Therefore, the number only serves as a standardized indicator of the cooling capability of a thermoelectric module.

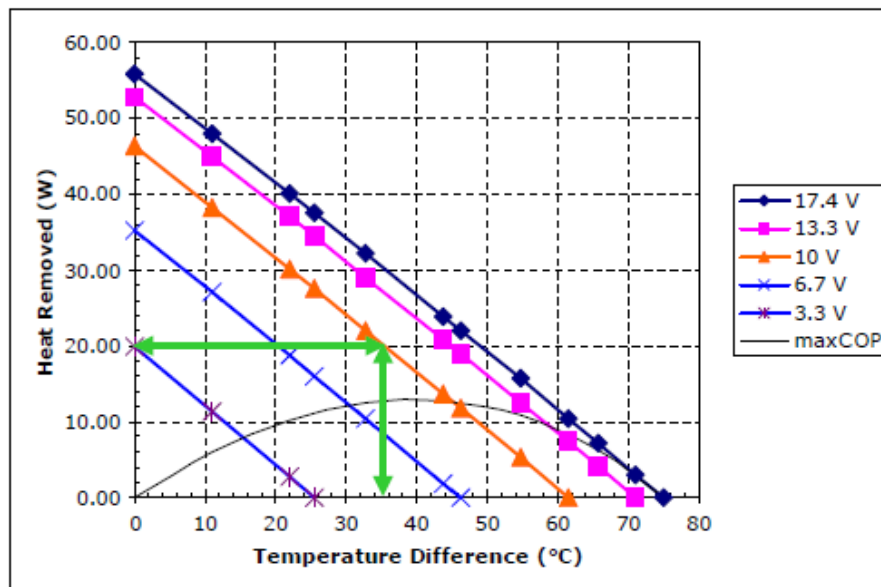


Please note that a thermoelectric (Peltier) module does not by itself pump heat. It must be used with a heat sink with a sufficiently low thermal resistance in order for the module to be able to effectively remove heat. Usually, the heat sink will require moving fluid, either air provided by a fan or by moving water, for example. If a proper heat sink is not used, the module can over-heat and catastrophically fail.

Each set of graphs is based on one particular hot-side temperature. You will need to verify that the hot-side temperature calculated from the amount of heat the heat sink must dissipate in conjunction with the thermal resistance of the heat sink and the local ambient temperature corresponds with (or is at least less than) the temperature that the graphs are based on.

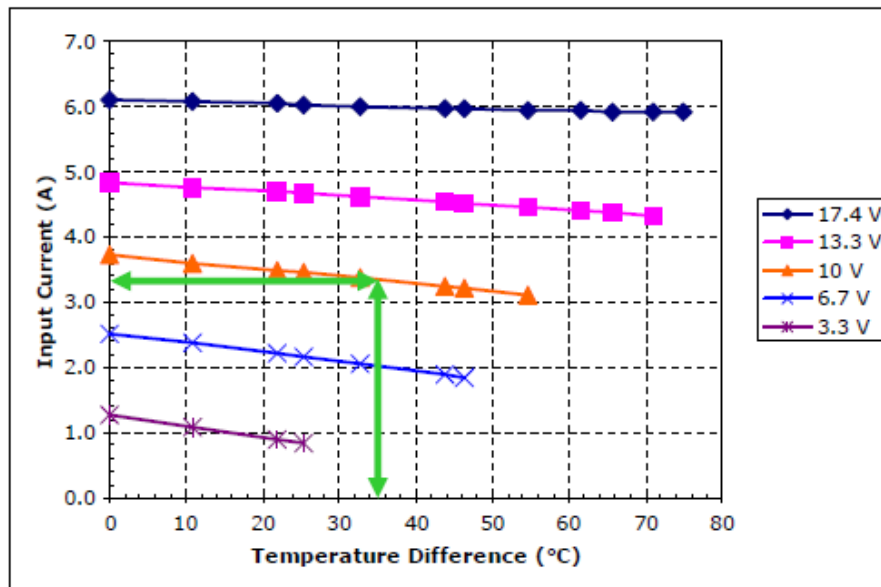
Method/General Principles

There are several sets of graphs provided in the specification corresponding to the hot-side temperature of the module and whether or not the module is potted. Be sure that you are using the correct set of graphs for your application. Initially, you might have to estimate the hot-side temperature of the module. If this is the case, and the ambient temperature is approximately 25 °C, then using the 50 °C hot-side graphs is a good starting place.



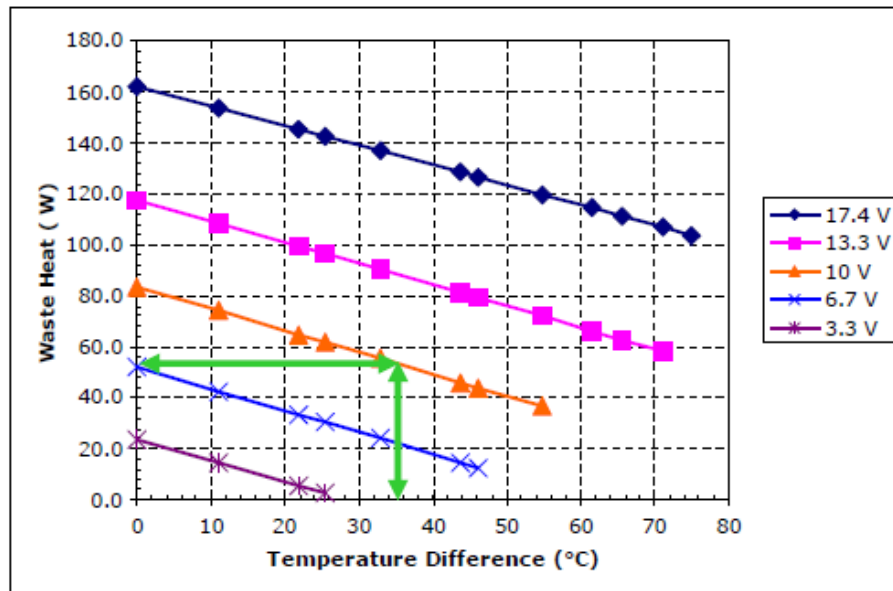
If you know the amount of heat load you need to remove and the desired cold-side temperature, you can determine what input voltage is required. Suppose you need to remove 20 W of heat at 15 °C and assume for now that the hot side of the module is at 50 °C. The temperature difference is then $50 - 15 = 35$ °C. Therefore, the module would need a 10 V input.

The "maxCOP" line represents heat removal points at which the module is operating at the maximum coefficient of performance for a given temperature difference. If the operating point is on this line then the module will provide the desired amount of heat pumping for the least power input. If the operating point is above the line, then the module will tend to require more power input but its size may be smaller and/or it will tend to be less expensive than a module selected for maximum COP. If your operating point is below this line, then you may be able to select a module with a lower Q_{max} that yields better performance.



Once you know the input voltage, you can then determine what the steady-state current draw the module will have. In the example, a vertical line is drawn from the "Temperature Difference" axis until it intersects the graphed line representing the input voltage. Then draw a horizontal line from the intersection to "Input Current" axis to determine the current draw.

For our example, the module would be drawing approximately 3.3 A. Please note that this is an operating current at steady state. The start-up current would generally be approximately 20% greater. The start-up current can be determined by looking up the input current (corresponding to the operating voltage) at a zero-degree temperature difference using the Input Current vs. Temperature Difference graph for the hot-side temperature corresponding to the ambient temperature.

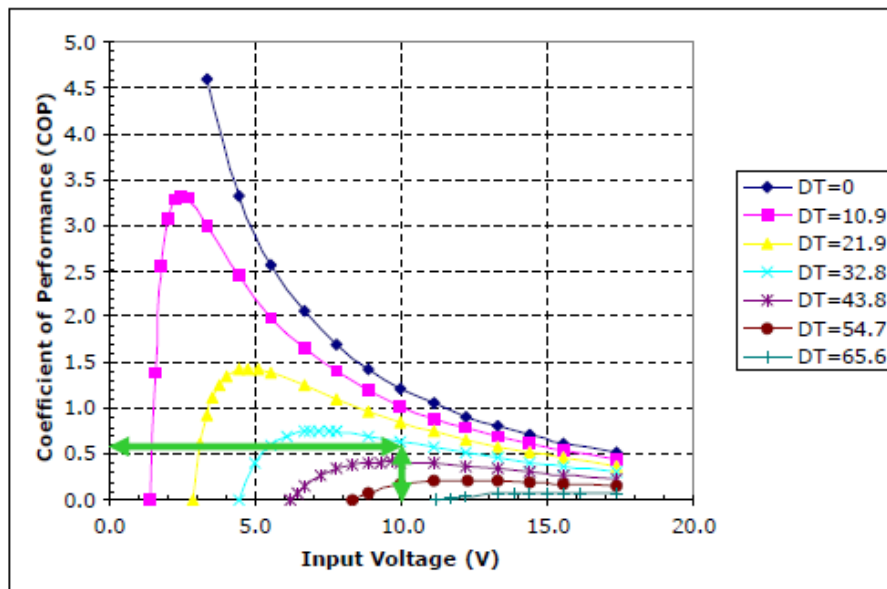


With our current example, we have actually already determined that the waste heat is 53 W (20 W of cooling plus 10 V x 3.3 A power input = 53 W). However, if you already knew the thermal resistance of your heat sink but did not know how much heat you could remove from the cold side, you could use this graph as your starting point.

In any case, this graph can be used to determine whether the thermal resistance of the heat sink you already have selected is sufficiently low enough to provide the performance you need, or it can tell you what the maximum thermal resistance can be.

Suppose the inlet fluid (air, water, etc.) to the heat sink is 20 °C. With our assumed hot-side temperature of 50 °C, the maximum allowable thermal resistance of the heat sink is then $(50\text{ °C} - 20\text{ °C})/53\text{ W} = 0.57\text{ °C/W}$. This is the total allowable thermal resistance which includes the basic thermal resistance of the heat sink, spreading resistance, and interface resistance.

If the total actual thermal resistance is equal to the maximum allowable thermal resistance, then the module can provide the necessary amount of cooling at the desired cold-side temperature, but there would be no safety factor. If the total actual thermal resistance is less than the maximum allowable thermal resistance, then the module would be able to pump more heat than actually required.



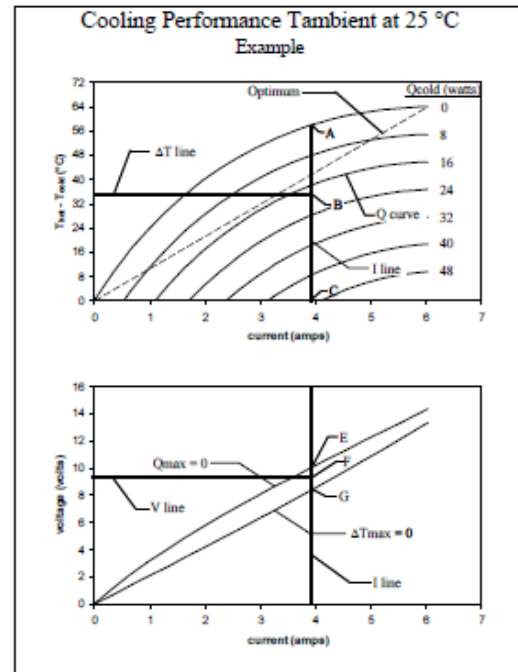
As with the heat removed in our current example, we have also already determined that the coefficient of performance (COP) is 0.6 [20 W of cooling divided by (10 V x 3.3 A) power input, 20/33 = 0.6]. However, this graph provides a visual indication of how far off of the maximum COP that the operating point is.

The graph can also be used as a starting point if you know how much heat you need to remove but you only have a limited amount of power available. You could then calculate your required COP and determine from the graph what input voltage would be required to obtain the desired temperature difference.

Note: some module performance graphs will be in the format shown in the example below, and the instructions below describe its use.

There are four engineering parameters which define the cooling performance of a thermoelectric (TE) module.

1. ΔT : The hot-side temperature (T_{hot}) minus the cold-side temperature (T_{cold}) of the TE module.
 $\Delta T = T_{hot} - T_{cold}$
2. Q_c : Total heat pumped by the TE module at the surface defined by T_{cold} .
3. I : Current drawn by the TE module.
4. V : Voltage applied to the TE module.



Method Description / General Principles:

The performance chart can be used to define all four engineering parameters provided that two are known or defined by a given cooling requirement. Generally, T_{hot} , T_{cold} , and Q_c are known and the I and V needed to produce this cooling is of interest. In other cases, you may use this to analyze a test result when V , I , T_{hot} , and T_{cold} were measured, and you want to know Q_c . If the latter is the case, try to measure I , and use this in the analysis rather than V . V can be misleading since it can include effects of wiring and other external resistances. In contrast, I is truly flowing through the TE module.

Start with the known parameters and graph them as shown in the example. The parameters V and ΔT are graphed by simple horizontal lines. The parameter I is graphed by a simple vertical line. The parameter Q_c is graphed as a curve and must be sketched in if not already present. The intersection of the lines that you can sketch in will determine the placement of the lines for the parameters you do not know.

Example 1: If you know the required ΔT and the required Q_c , the required current can be determined by drawing a vertical line downward from the intersection of the ΔT line and the Q_c curve on the upper graph. Then, on the lower graph, the placement of the V line can be determined by making the ratio of $AB/BC = EF/FG$ as shown on the graphs above.

Example 2: If you know the current that is flowing through the module and one additional parameter such as ΔT or Q_c , you can draw in these two lines/curves on the upper graph. The intersection of these two lines/curves will determine the intersection point for the third, unknown parameter.

2. Annex 2: Característiques i interpretació del TEG.

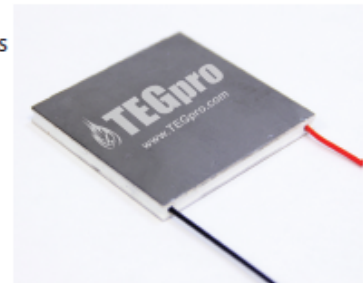
Seguidament, es mostra els fulls de característiques tècniques del fabricant del TEG mostrat com a exemple.



TE-MOD-22W7V-56
22 Watt Thermoelectric Module

Product Overview

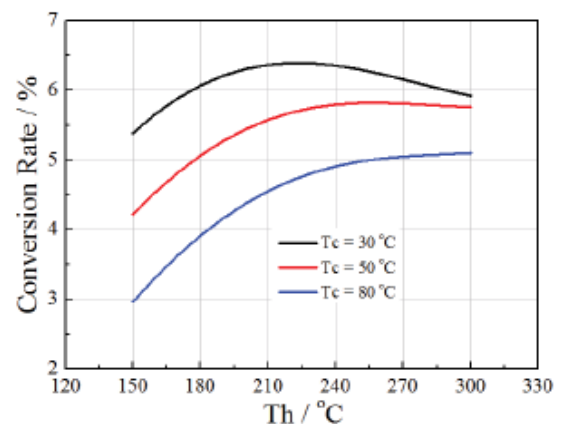
Our TEG power module is specifically designed and manufactured to convert high temperature heat sources directly into electricity. The Bi-Te based thermoelectric modules can operate at temperatures as high as 330 °C (626 K) continuously and up to 400 °C (752 K) intermittently. The module will generate DC voltage if there is a temperature difference across the module. Power is generated as the temperature difference across the module increases. The efficiency of the module will also increase as well. Thermally conductivity graphite sheets have been applied to both sides of the ceramic plates to provide low contact thermal resistance. Therefore you do not need to apply thermal grease or other heat transfer compound when you install the module. The graphite sheet works very well in high temperatures.



Specifications

Hot Side Temperature (°C)	300
Cold Side Temperature (°C)	30
Open Circuit Voltage (V)	14.4
Matched Load Resistance (ohms)	2.4
Matched load output voltage (V)	7.2
Matched load output current (A)	3.0
Matched load output power (W)	21.6
Heat flow across the module(W)	≈ 415
Heat flow density(W cm-2)	≈ 13.2
AC Resistance (ohms) Measured under 27 °C at 1000 Hz	1.1 ~ 1.35

Specification of the Module

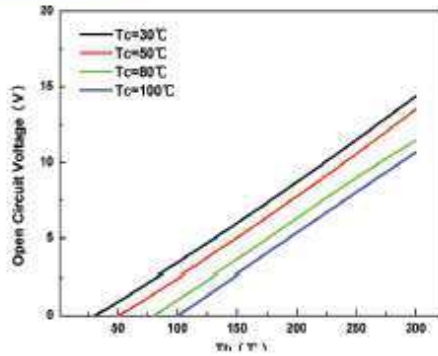


Note: Conversion rate = Matched load output power/Heat flow through the module

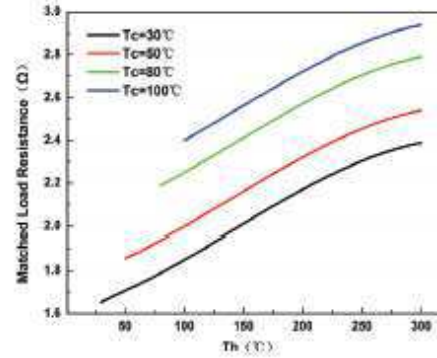


TE-MOD-22W7V-56
22 Watt Thermoelectric Module

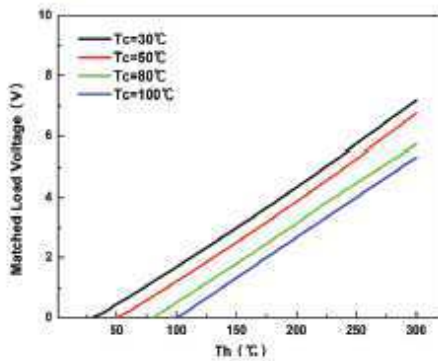
Performance



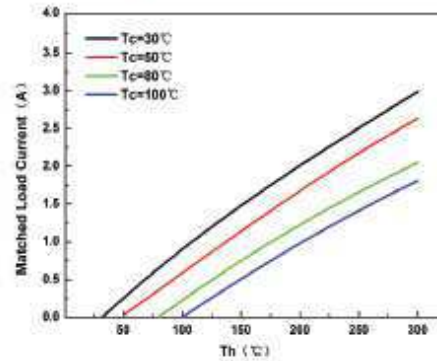
The chart for open circuit voltage Vs T_h under various T_c



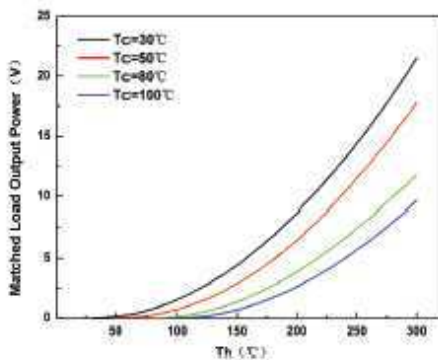
The chart for matched load resistance Vs T_h under various T_c



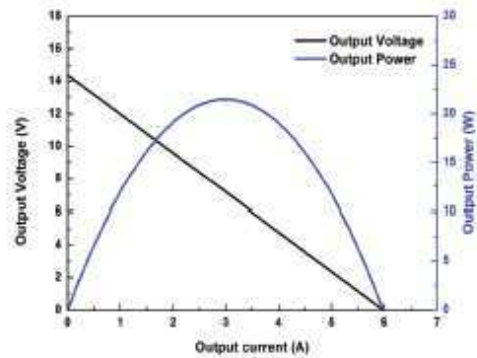
The chart for matched load voltage Vs T_h under various T_c



The chart for matched load current Vs T_h under various T_c



The chart for matched load output power Vs T_h under various T_c

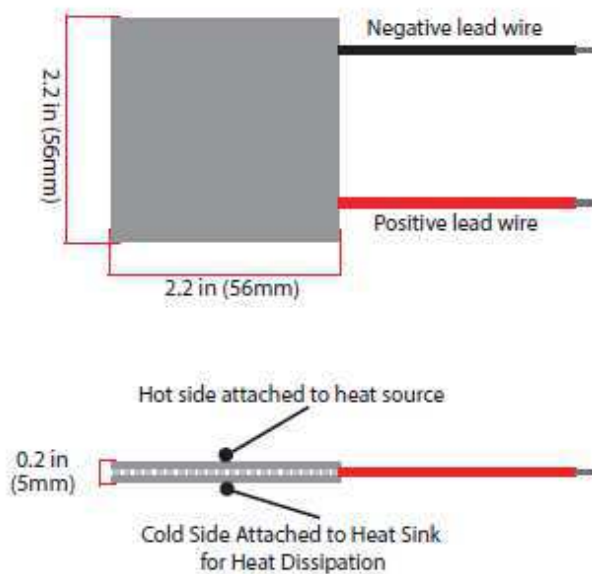
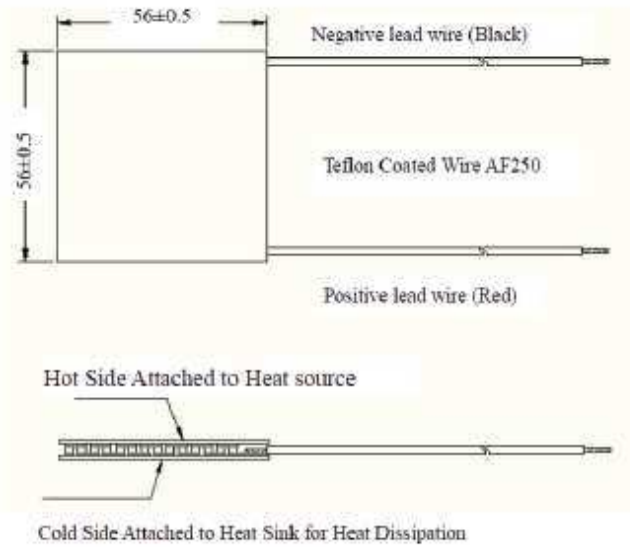


The chart for output voltage and output power Vs output current under $T_c=300\text{ }^\circ\text{C}$ and $T_c=30\text{ }^\circ\text{C}$



TE-MOD-22W7V-56
22 Watt Thermoelectric Module

Dimensions



3. Annex 3: Anàlisi QFD.

S'ha realitzat un anàlisi QFD per tal d'establir la jerarquia d'importància dels objectius i les especificacions tècniques. L'anàlisi QFD es pot veure a la Taula 3.1.

El criteri de valoració quantitativ per l'anàlisi QFD, és una valoració del 1 al 10, sent un 1 molt poc important i un 10 molt important. També s'ha calculat la ponderació relativa i absoluta de cada objectiu i especificació tècnica, obtenint una conclusió ràpida, a simple vista.

LA CASA DE LA QUALITAT													
OBJECTIUS	ESPECIFICACIONS TÈCNIQUES									IMPORTÀNCIA DE L'OBJECTIU	PONDERACIÓ DE L'OBJECTIU	PONDERACIÓ ABSOLUTA	PONDERACIÓ RELATIVA
	Generadors termoelèctrics amb bona eficiència	Topologia de muntatge dels TEG per maximitzar la conversió energètica	Sensors de baix consum elèctric	Minimitzar la varietat de sensors, maximitzant la informació	Protocol de comunicació wireless	Distribució de sensors i elements de xarxa òptims.	Sensors amb capacitat de comunicació sense cables, o sistema amb aquesta capacitat i compatibilitat amb el sistema	Augment d' informació del sistema	Sensors autònoms i sense bateries				
Disseny EH mitjançant TEG per aprofitament del calor de rebuig del Tub Verd	8	8	3	2	2	3	2	2	9	2,5	22,5	26%	
Alimentació elèctrica de sensors mitjançant els TEG	8	7	9	3	2	1	4	7	9	2,5	22,5	26%	
Paràmetres físics necessaris per un control òptim del Tub Verd	2	4	8	9	2	7	4	6	6	1	6	7%	
Disseny d'una WSN viable per al Tub Verd	6	6	7	2	9	8	9	8	9	2	18	21%	
Solució eficient i sostenible	7	8	8	7	5	6	6	9	8	2	16	19%	
PONDERACIÓ ABSOLUTA	6,96	7,03	6,73	3,70	4,05	4,38	4,91	5,62	6,19		85	100%	
PONDERACIÓ RELATIVA	14,05%	14,18%	13,58%	7,46%	8,17%	8,83%	9,90%	11,33%	12,50%				

Taula 3.1 - Anàlisi QFD

4. Annex 4: Anàlisi per la selecció de l'alternativa més adequada.

Per la justificar la selecció de l'alternativa més adequada, s'ha realitzat un anàlisi basat en rúbriques de valoració, per avaluar quines alternatives resulten més òptimes davant dels objectius i les especificacions tècniques definides.

Les rúbriques de valoració mostren uns criteris definits per classificar totes les alternatives de solució. La rúbrica estàndard utilitzada, és la que es pot veure a la Taula 4.1.

ALTERNATIVA DE SOLUCIÓ			
CRITERI	PONDERACIÓ	VALORACIÓ	PARCIAL
Compleix objectius i especificacions tècniques	3		
Innovació	2,5		
Sostenible	3		
Relació qualitat/cost	1,5		
TOTAL			

Taula 4.1 - Rúbrica estàndard utilitzada a les valoracions.

La ponderació de totes les valoracions suma 10 punts. A la columna de parcial es mostra el resultat del producte de la ponderació i la valoració de cada criteri. La suma de la columna de parcial, mostra el resultat de la valoració de l'alternativa, i s'utilitzarà per la selecció de l'alternativa més adequat, essent la de puntuació més alta.

Seguidament, s'indica la llegenda de valoració per a cada criteri, sent per a tots, un valor del 1 al 5.

COMPLEIX OBJECTIUS I ESPECIFICACIONS TÈCNIQUES

VALORS DE RÚBRICA:

- **1:** No compleix cap objectiu ni especificació tècnica.
- **2:** No compleix cap objectiu, ajuda a complir alguna especificació tècnica.
- **3:** No compleix cap objectiu, compleix alguna especificació tècnica.
- **4:** Compleix un objectiu i alguna especificació tècnica.
- **5:** Compleix més d'un objectiu amb les corresponents especificacions tècniques.

INNOVACIÓ

VALORS DE RÚBRICA:

- **1:** No hi ha innovació, a més d'estar obsolet.
- **2:** No hi ha innovació.
- **3:** Té alguna característica innovadora.
- **4:** La major part de la solució és innovadora.
- **5:** És una solució totalment innovadora.

SOSTENIBLE

VALORS DE RÚBRICA:

- **1:** No és una solució sostenible en absolut.
- **2:** Solució sostenible econòmicament.
- **3:** Solució sostenible econòmicament i mediambientalment.
- **4:** Solució sostenible, però amb alguns conceptes millorables.
- **5:** És una solució totalment sostenible.

RELACIÓ QUALITAT/COST

VALORS DE RÚBRICA:

- **1:** Relació qualitat/cost inacceptable.
- **2:** Relació qualitat/cost precària. Cost molt elevat.
- **3:** Relació qualitat/cost millorable.
- **4:** Relació qualitat/cost acceptable.
- **5:** Relació qualitat/cost immillorable.

La metodologia emprada en aquest anàlisi és la valoració de cada alternativa de solució mitjançant les rúbriques i llegenda de cada criteri, com s'ha vist en l'annex actual. Es pot observar seguidament, la puntuació obtinguda per a cada alternativa.

Tipus d'alimentació de sensors

Es valoren les diferents solucions per l'alimentació elèctrica dels sensors, segons el punt de l'avantprojecte de generació i plantejament de possibles alternatives de solució. Les valoracions dels tipus d'alimentacions de sensors, es poden veure a la Taula 4.2, a la Taula 4.3 i a la Taula 4.4.

SENSORS NO CABLEJATS AMB BATERIES			
CRITERI	PONDERACIÓ	VALORACIÓ	PARCIAL
Compleix objectius i especificacions tècniques	3	2	6
Innovació	2,5	2	5
Sostenible	3	2	6
Relació qualitat/cost	1,5	5	7,5
TOTAL			24,5

Taula 4.2 - Rúbrica de valoració de solució amb sensors no cablejats amb bateries.

SENSORS NO CABLEJATS SENSE BATERIES			
CRITERI	PONDERACIÓ	VALORACIÓ	PARCIAL
Compleix objectius i especificacions tècniques	3	5	15
Innovació	2,5	4	10
Sostenible	3	5	15
Relació qualitat/cost	1,5	5	7,5
TOTAL			47,5

Taula 4.3 - Rúbrica de valoració de solució amb sensors no cablejats sense bateries.

SENSORS CABLEJATS			
CRITERI	PONDERACIÓ	VALORACIÓ	PARCIAL
Compleix objectius i especificacions tècniques	3	1	3
Innovació	2,5	2	5
Sostenible	3	2	6
Relació qualitat/cost	1,5	4	6
TOTAL			20

Taula 4.4 - Rúbrica de valoració de solució amb sensors cablejats.

Tipus de xarxa de sensors

Es valoren les diferents solucions per la tipologia de la xarxa dels sensors, segons el punt de l'avantprojecte de generació i plantejament de possibles alternatives de solució. Les valoracions dels tipus de xarxes de sensors, es poden veure a la Taula 4.5 i a la Taula 4.6.

XARXA WIRELESS			
CRITERI	PONDERACIÓ	VALORACIÓ	PARCIAL
Compleix objectius i especificacions tècniques	3	5	15
Innovació	2,5	2	5
Sostenible	3	5	15
Relació qualitat/cost	1,5	4	6
TOTAL			41

Taula 4.5 - Rúbrica de valoració de solució de xarxa wireless.

XARXA SEMI-CABLEJADA			
CRITERI	PONDERACIÓ	VALORACIÓ	PARCIAL
Compleix objectius i especificacions tècniques	3	2	6
Innovació	2,5	2	5
Sostenible	3	4	12
Relació qualitat/cost	1,5	4	6
TOTAL			29

Taula 4.6 - Rúbrica de valoració de solució de xarxa semi-cablejada.

5. Annex 5: Anàlisi viabilitat econòmica.

Es mostra l'anàlisi realitzat per la justificació de la viabilitat econòmica del projecte proposat, des del punt de vista econòmic.

Seguidament, es detalla el cost determinat per una avaria en un període de 2 anys del sistema Tub Verd sense la millora que aporta el projecte, front el cost determinat per una avaria en el mateix període del sistema Tub Verd amb la millora del projecte aplicada.

La diferència de cost entre una avaria, amb o sense la millora d'eficiència, resulta de temps d'intervenció. S'ha considerat que l'aplicació del projecte aporta una determinació més exacte del lloc on s'ha produït la fuga, per tant, s'ha determinat que la avaria que es produeix cada 2 anys de mitjana, té una durada de resolució de 35 dies laborables sense la millora que aporta el projecte, davant d'una durada de resolució de 12 dies laborables amb la millora que aporta el projecte.

Els criteris de diferenciació davant els dos períodes, son els següents:

- Costos de llogar un martell d'obra (Germans Homs), a un cost d'eina per dia d'utilització.
- Costos d'hores de recursos necessaris per les intervencions.
- Cost mitjà de material, referent a un 10% del cost total del material del projecte d'implementació, sense marge de benefici.
- Penalització estatal per tall o absència de subministra als clients de la xarxa.

A la Taula 5.1., es mostra els costos de la intervenció de l'avaría sense el projecte implementat, i amb el projecte implementat, juntament amb el diferencial de cost que aquest anàlisi suposa.

CONCEPTE	DIES D'INTERVENIÓ	HORES D'INTERVENCIÓ	COST DIA [€]	COST HORA [€]	TOTAL PARCIAL [€]
Lloguer martell	35	280	48,6	-	1.701
Hores PMI			-	-	500
Hores MAQ			-	22	6.160
Hores (OP1+OP2)			-	36	10.080
Material			-	-	1.075
Penalització			1.500	-	52.500
Total sense millora					72.016
Lloguer martell	12	96	48,6	-	583,2
Hores PMI			-	-	250
Hores MAQ			-	22	2.112
Hores (OP1+OP2)			-	36	3.456
Material			-	-	1.075
Penalització			1.500	-	18.000
Total sense millora					25.476
DIFERENCIAL DE COST					46.540

Taula 5.1 - Anàlisi de costos d'avaria amb implementació i sense implementació.

6. Annex 6: Llistes de control de la viabilitat mediambiental.

Es mostra l'anàlisi de la viabilitat mediambiental, mitjançant les llistes de control següents.

6.1 - IDENTIFICACIÓ DELS ELEMENTS BÀSICS DEL PROJECTE

Matèries primeres

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. Quines matèries primeres seran utilitzades?				El projecte utilitza matèries primeres pròpies de semiconductors a l'electrònica.
2. Com seran obtingudes aquestes matèries primeres?				Ja muntades en els aparells electrònics al moment de la compra.
3. En el sistema d'enviament (transport) de les matèries primeres a la localització prevista, s'han tingut en consideració els possibles impactes de tipus ambiental?				En aquest projecte, no hi ha consideracions al respecte.
4. Existeix un pla que lligui el projecte als aspectes ambientals d'extracció, transport i emmagatzematge de les matèries primeres?				No hi ha cap pla que relacioni el projecte amb el tractament de matèries primeres.

Capacitat assimilativa de la localització

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. S'han considerat llocs o localitzacions alternatius en un esforç d'evitar o mitigar la degradació ambiental?		X		No s'ha considerat cap lloc.
2. Es tenen estudis hidrològics, geològics i meteorològics de la localització per anticipar i minimitzar possibles danys a humans, flora i fauna?		X		No es disposa d'aquesta informació.
3. Les aigües residuals seran abocades directament o indirectament a l'exterior?		X		No existeix generació d'aigües residuals.
4. Quin serà el medi receptor?				
5. S'han fet estudis de les propietats físiques, químiques i biològiques, del medi aquàtic receptor, com ara la temperatura, règim de cabals, oxigen dissolt, demanda química d'oxigen?		X		No es disposa d'aquesta informació.
6. Es generaran residus?, Està prevista la seva caracterització?, On es pensa tractar-los, en el cas que es generin?	X			Els residus generats pel projecte són aquells que es generen indirectament en altres centres de treball per la producció dels elements electrònics. Els possibles residus generats són material electrònic en la seva majoria.

Fase de Disseny del procés

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. Quins elements han de ser incorporats al disseny de la planta des d'un punt de vista ambiental?				No es necessita cap element a incorporar.
2. S'ha considerat la possibilitat d'utilitzar una tecnologia neta, per a tot el procés, o per alguna de les operacions involucrades?	X			Tot el disseny del projecte s'ha realitzat seguint aquest concepte.

Fase de Construcció

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. El pla constructiu ha pres en consideració els factors ecològics?				No es disposa d'aquesta informació
2. S'han previst accions per minimitzar el dany ambiental, per la construcció de carreteres, excavacions, farcits, etc.?				No es disposa d'aquesta informació

Fase d'Operació

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. S'han previst mecanismes de seguretat en el maneig de matèries perilloses, cas que n'hi hagi?		X		No existeixen substàncies perilloses
2. Existeixen riscos d'explosió o abocaments per accident?		X		
3. Està previst un pla de seguretat interna, amb la incorporació de tots els mecanismes operatius necessaris?		X		No es considera incorporar tal documentació
4. S'han pres mesures especials en els sistemes d'emmagatzematge de materials perillosos?		X		No existeixen materials perillosos.
5. S'han previst les precaucions corresponents per prevenir les pèrdues dels tancs d'emmagatzematge?		X		No existeixen.
6. Quins tipus i quantitats de corrents residuals es produiran?		X		
7. Quins sistemes de control de la contaminació estan previstos?		X		Cap sistema de control.
8. Els abocaments previstos, en el cas que n'hi hagi, en sistemes aquàtics (rius, llacs, aigües litorals) són compatibles amb els seus usos presents i futurs, particularment durant els períodes d'estiatge?		X		
9. Poden els corrents residuals tenir efectes sinèrgics amb altres materials?		X		
10. Contenen els corrents residuals materials potencialment tòxics?		X		
11. S'han d'esperar efectes dels abocaments d'aigües residuals al medi receptor, com ara desenvolupament d'algues, mort de peixos, etc.?		X		
12. Està previst el seu monitoratge?, Mitjançant mesures puntuals, periòdiques o en temps real?		X		
13. Quins sistemes estan previstos per eliminar els materials tòxics?	X			En possibles avaries, el material electrònic anirà a la deixalleria.

14. En cas de produir residus, quin sistema de tractament es pensa utilitzar?		X		
15. S'ha considerat el reciclatge d'aquests residus?	X			L'empresa client s'encarrega del seu reciclatge.
16. Quines previsions hi ha per formar el personal de la planta en els aspectes ambientals de gestió de la mateixa?		X		No hi ha previsió de formar al personal en aquests aspectes.
17. De quina manera seran controlades les olors?		X		No esta previst que hi hagi olors

Aspectes socials i culturals

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. Com i en quin grau la presència i operació del resultat del projecte altera l'entorn de la seva localització, i afecta les activitats econòmiques i socials?	X			En l'aspecte social de la millora de l'eficiència del Tub Verd.
2. Es crearan o accentuaran problemes d'urbanització?		X		No afecta la urbanització
3. S'haurà produït un augment del trànsit?		X		El transit no es veurà afectat

Aspecte de salut

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. S'hauran de produir emissions que afecten directament o indirectament la salut?		X		No hi ha emissions que afecten la salut.
2. Quins nous problemes de salut es poden plantejar?			X	Exclusivament les persones sensibles a la radiofreqüència.
3. Pot el transport atmosfèric o pels aqüífers, de contaminants afectar la salut, a nivell local o regional?			X	S'afegeix comunicació via radiofreqüència.
4. Quines mesures s'han pres per assegurar als treballadors un programa de seguretat i higiene?				L'empresa que implementarà el projecte s'haurà d'encarregar d'aquesta tasca.

Residus finals

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. Quina gestió està prevista fer amb els residus finals?			X	No existeix residu final en el procés. En cas d'avaria, l'empresa client s'haurà d'encarregar de reciclar el material electrònic avariats a la deixalleria.

Futures expansions

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. De quina manera futurs projectes podran afectar el medi ambient?		X		

6.2 - PREAVALUACIÓ D'IMPACTE AMBIENTAL**6.2.1 - Factors relacionats amb el projecte**

Generalitats

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. El projecte provocarà efectes especialment complexos en l'ambient?		X		
2. El projecte significarà una pertorbació generalitzada del sòl, neteja del terreny o desbrossament, aplanat o obres subterrànies en gran escala?		X		
3. El projecte significarà alteracions significatives de la utilització actual o prevista del sòl o de planificació urbanística?		X		

4. El projecte exigirà la construcció d'estructures auxiliars d'abastiment d'aigua, energia i combustible?		X		
5. El projecte pot ocasionar alteracions de les conduccions d'aigua?		X		
6. El projecte pot ocasionar la necessitat de modificar la xarxa de clavegueram?		X		
7. El projecte pot ocasionar modificacions dels desaigües en casos de pluges intenses?		X		
8. El projecte pot ocasionar canvis en les xarxes de conducció elèctrica?		X		
9. El projecte exigirà la construcció de noves carreteres o vies d'utilització de tot terreny?		X		
10. La construcció o explotació del projecte provocarà grans volums de trànsit?		X		
11. El projecte significarà desmunt amb explosius, o activitats semblants?		X		
12. El projecte pot ocasionar un increment de la demanda de fonts d'energia existents o un requeriment de noves fonts d'energia?		X		
13. El projecte serà tancat o clausurat després d'un temps limitat de vida?		X		

Medi atmosfèric

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. El projecte provocarà emissions atmosfèriques procedents de l'ús de combustibles, de processos de producció, de manipulació de materials, de les activitats de construcció o d'altres fonts?		X		
2. El projecte exigirà la destrucció de residus a través de la crema a cel obert (per exemple, residus d'explotació forestal o de construcció)?		X		

Medi aquàtic

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. El projecte exigirà grans quantitats d'aigua o la producció de grans volums d'aigües residuals o efluent industrial?		X		
2. El projecte significarà una degradació dels models de drenatge existents (incloent la construcció de preses o la desviació de cursos d'aigua o l'augment dels riscos d'inundació)?		X		
3. El projecte exigirà el dragatge de canals o la rectificació del traçat de travessies de cursos d'aigua?		X		
4. El projecte exigirà la construcció de molls o dics?		X		
5. El projecte exigirà la construcció d'estructures mar endins (espigons, plataformes petrolíferes, etc.)?		X		

Producció de residus

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. El projecte pot ocasionar gran quantitat de residus inerts?		X		
2. El projecte pot ocasionar gran quantitat de residus tòxics o especials?		X		
3. El projecte exigirà l'evacuació d'escòries o residus del procés d'exploració minera?		X		
4. El projecte exigirà l'evacuació de residus urbans o industrials?		X		
5. El projecte facilitarà la possibilitat d'increment de contaminants?		X		
6. El projecte podrà contaminar els sòls i les aigües subterrànies?		X		

Sorolls, etc.

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. El projecte provocarà emissions sonores, vibracions, llum, calor o altres formes de radiació en l'ambient?	X			El projecte provocarà emissió d'ones electromagnètiques.

Riscos

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. El projecte violarà els estàndards d'efluents tòxics?		X		
2. La realització del projecte exigirà l'emmagatzematge, manipulació, utilització, producció o transport de substàncies perilloses (inflamables, explosives, tòxiques, radioactives, cancerígenes o mutagèniques)?		X		
3. L'explotació del projecte exigirà la producció de radiacions electromagnètiques o altres que puguin afectar la salut humana o equipaments electrònics?	X			
4. El projecte exigirà la utilització regular de productes químics de control de paràsits i d'herbes nocives?		X		
5. El projecte podrà registrar una fallada operacional que torni insuficient les mesures normals de protecció de l'ambient?		X		
6. El projecte pot ocasionar riscos d'explotació o emissió de substàncies perilloses (pesticides, substàncies químiques, radiacions) com a conseqüència d'un accident o anomalia?		X		
7. El projecte pot ocasionar possibles interferències amb un pla d'emergència o evacuació?		X		
8. El projecte pot ocasionar possibles descensos de la seguretat laboral?		X		

Aspectes socials

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. El projecte pot ocasionar una reducció substancial de la qualitat de l'entorn?		X		
2. El projecte pot ocasionar l'eliminació d'un element singular per la religió?		X		
3. El projecte pot ocasionar algun efecte substancial advers sobre els béns humans?		X		
4. El projecte implicarà llocs de treball per a un gran nombre de treballadors?		X		
5. La mà d'obra tindrà accés apropiat a allotjament i a altres estructures?	X			
6. El projecte implicarà despeses significatives en l'economia local?		X		
7. El projecte provocarà alteracions de les condicions sanitàries?		X		
8. El projecte pot ocasionar alteracions de la localització, distribució, densitat o índex de creixement de la població de l'àrea?		X		
9. El projecte implicarà requisits significatius en termes d'instal·lació de serveis?		X		
10. El projecte pot ocasionar les necessitats d'habitatge generant nova demanda?		X		
11. El projecte pot ocasionar alguna incidència o generació de noves necessitats de serveis públics en l'àrea de protecció contra el foc (bombers, ...)?		X		
12. El projecte pot ocasionar alguna incidència o generació de noves necessitats de serveis públics en l'àrea de la policia?		X		
13. El projecte pot ocasionar alguna incidència o generació de noves necessitats de serveis públics en l'àrea de les escoles?		X		
14. El projecte pot ocasionar alguna incidència o generació de noves necessitats de serveis públics en l'àrea de parcs o altres instal·lacions d'esbarjo?		X		
15. El projecte pot ocasionar alguna incidència o generació de noves necessitats de serveis públics en l'àrea de manteniment d'instal·lacions públiques incloent carreteres i carrers?		X		

16. El projecte pot ocasionar alguna incidència o generació de noves necessitats de serveis públics en l'àrea d'altres serveis governamentals?		X		
--	--	---	--	--

6.2.2 - Factors relacionats amb la localització

Protecció Jurídica

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. El projecte es situa en zones designades o protegides per la legislació de l'Estat membre o pròximes a elles?	X			
2. El projecte se situa en una zona en què les normes de qualitat de l'ambient que estableix la legislació de l'Estat membre són violades?			X	No hi ha informació al respecte.

Característiques generals

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. El projecte se situa en una zona amb característiques naturals úniques?		X		
2. La capacitat de regeneració de les zones naturals, com zones costanera, muntanyoses i forestals, es veurà afectada, de manera negativa, pel projecte?		X		
3. La zona del projecte registra nivells elevats de contaminació o altres danys ambientals?		X		
4. El projecte se situa en una zona on els sòls i / o aigües subterrànies de la qual poden haver estat contaminats ja per usos anteriors?			X	No es té constància d'aquesta informació.

Dades hidrològiques

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. El projecte es situa en terrenys pantanosos, cursos d'aigua o masses d'aigua o en la seva proximitat?		X		
2. El projecte es situa en la proximitat de fonts importants d'aigües subterrànies?		X		

Característiques paisatgístiques i estètiques

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. El projecte se situa en una zona d'elevada qualitat i / o sensibilitat paisatgística?		X		
2. El projecte se situa en una zona visible per a un nombre significatiu de persones?		X		

Condicions atmosfèriques

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. El projecte se situa en una zona subjecta a condicions atmosfèriques adverses (inversions de la temperatura, boires denses, vent violent)?		X		

Característiques històriques i culturals

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. El projecte es situa a les proximitats de patrimonis històric o cultural especialment importants o valuosos?		X		

Estabilitat

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. El projecte se situa en una zona propensa a desastres naturals o accidents provocats per causes naturals o artificials?		X		
2. El projecte se situa en una zona de topografia escarpada que pugui ser propensa a esllavissades del terreny, erosió, etc. ?		X		
3. El projecte se situa en una zona litoral, o pròxima a ella, propensa a erosió?		X		
4. El projecte se situa en una zona propensa a terratrèmols o falles sísmiques?		X		

Ecologia

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. El projecte es situa a les proximitats d'hàbitats especialment importants o valuosos?		X		
2. Hi ha a la zona espècies rares o en vies d'extinció?		X		
3. El lloc es podria revelar resistent a la reconstrucció natural o programada de la vegetació?		X		

Utilització del sòl

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. El projecte entrarà en conflicte amb la política de planificació urbanística o utilització del sòl en vigor?		X		
2. La utilització del sòl proposada podrà entrar en conflicte amb la utilització de sòls veïns (existent o proposta)?		X		
3. El projecte se situa en una zona d'elevada densitat de població o en les proximitats de zones residencials o altres d'utilització del sòl sensibles (ex.: hospitals, escoles, locals de culte, serveis públics)?	X			Al llarg de tot el circuit del Tub Verd.

4. El projecte se situa en un terreny d'elevat valor agrícola?		X		
5. El projecte se situa en una zona d'importància recreativa / turística?		X		

6.2.3 - Factors relacionats amb l'impacte ambiental

Sòl i Propietats

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. El projecte causarà una degradació o pèrdua d'utilització del sòl important?		X		
2. El projecte pot ocasionar canvis de les condicions de sòls inestables o en les subestructures geològiques?		X		
3. El projecte pot ocasionar trencaments, desplaçaments, compactació o descobriment del sòl?			X	Només en cas d'una mala implementació del projecte, per part de l'empresa constructora.
4. El projecte pot ocasionar canvis en la topografia o característiques del relleu de la superfície del sòl?			X	Només en cas d'una mala implementació del projecte, per part de l'empresa constructora.
5. El projecte pot ocasionar destrucció, modificació o cobriment d'alguna singularitat geològica o característica física?		X		
6. El projecte ocasionarà una degradació general del terreny?		X		
7. El projecte pot ocasionar contaminació del sòl?		X		
8. Hi ha risc d'impacte sobre la infraestructura de suport requerida pel projecte (facilitat de disposició de les aigües residuals, camins, subministrament de sistemes d'electricitat i aigua, escoles)?		X		
9. Hi ha risc d'impacte del projecte en l'ús dels sòls veïns?			X	Temporalment en la implementació

10. Hi ha risc d'impacte de les instal·lacions superficials de suport del projecte dels usos dels sòls veïns?			X	Temporalment en la implementació
11. Hi ha risc que les obres subterrànies puguin provocar desastres o accidents?			X	Només en cas d'una mala implementació del projecte, per part de l'empresa constructora.
12. El projecte provocarà la demolició d'estructures o l'ocupació de propietats (cases, jardins, establiments comercials)?		X		

Erosió

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. És probable que el projecte provoqui erosió?		X		
2. L'adopció de mesures de control de l'erosió podrà comportar altres efectes adversos?		X		
3. El projecte pot causar algun increment de l'erosió del sòl per vent o aigües tant dins de la instal·lació com fora?		X		
4. El projecte provocarà erosió de dunes, o arrossegament del litoral o alteracions adverses en els sistemes costaners?		X		
5. El projecte pot ocasionar canvis en la disposició de les sorres de les platges, modificació de les lleres de rius i llacs per deposició, sedimentació o erosió i canvis del fons del mar i la costa?		X		

Medi aquàtic

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. El projecte provocarà impactes en la quantitat i / o qualitat en els subministraments privats o municipals d'aigua?		X		
2. La utilització d'aigua afectarà la disponibilitat dels proveïments locals existents?		X		

3. El projecte afectarà de forma negativa la qualitat, direcció, flux o volum de les aigües superficials o subterrànies a causa de sedimentació, alteracions hidrològiques o abocaments?	X		
4. El projecte pot ocasionar abocament sobre aigües subterrànies o superficials, o alguna alteració de la qualitat de l'aigua superficial o subterrània incloent temperatura, oxigen dissolt, terbolesa i tots els paràmetres habituals?	X		
5. El projecte pot ocasionar canvis en els corrents, en el curs i direcció de moviments d'aigües, tant dolces com marines?	X		
6. El projecte provocarà un augment de partícules en suspensió?	X		
7. El projecte pot ocasionar canvis en els índexs d'absorció, models de drenatge o en els índexs d'evacuació i buidatge superficial?	X		
8. El projecte pot ocasionar alteracions en el curs o flux d'inundacions i avingudes?	X		
9. El projecte provocarà canvis de fluctuació del nivell d'aigua?	X		
10. El projecte provocarà canvis en els gradients de salinitat?	X		
11. El projecte pot ocasionar canvis en la quantitat d'aigües subterrànies, tant a través d'addicions directes o extraccions, o mitjançant la interrupció d'algun aquífer per talls o excavacions?	X		
12. L'alteració natural del curs de l'aigua exercirà un efecte negatiu en els hàbitats naturals (per exemple, velocitat del cabal d'aigua i piscicultura) o altres utilitzacions de l'aigua (pesca, navegació, banys)?	X		
13. El projecte provocarà impacte en la sostenibilitat de les piscifactories tant comercials com recreatives?	X		
14. El projecte provocarà impacte en tot el referent a activitats recreatives relacionades amb l'aigua?	X		
15. El projecte ocasionarà alteracions significatives dels models de l'acció de les ones, moviment de sediments o augment de la circulació de l'aigua?	X		

16. El projecte limitarà la utilització de l'aigua per a fins recreatius, de pesca esportiva, pesca, navegació, recerca, conservació o de caràcter científic?		X		
17. El projecte provocarà la possibilitat d'impacte en l'aigua segons els resultats de tests físics, químics i biològics?		X		
18. El projecte provocarà la possibilitat d'impactes en els sediments segons els resultats de tests físics, químics i biològics?		X		
19. El projecte provocarà la possibilitat d'impactes en els corrents aigües avall?		X		
20. El projecte provocarà impacte en els valors de producció d'aiguamolls?		X		
21. El projecte provocarà impacte en els valors per a la protecció de les zones humides dels desastres naturals (inundacions, grans tempestes ...)?		X		
22. El projecte provocarà impacte com a resultat de la sedimentació obstructiva?		X		
23. El projecte provocarà impacte en la separació i reciclatge dels nutrients inorgànics per les mareas?		X		
24. El projecte provocarà impacte en les aigües dels estuaris?		X		
25. El projecte provocarà impacte en la presència aiguamolls únics o amb característiques geològiques úniques?		X		
26. El projecte pot ocasionar exposició de persones o propietats a riscos d'aigües com inundacions, temporals o sismes submarins?		X		

Qualitat de l'aire

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. El projecte pot ocasionar considerables emissions atmosfèriques o deteriorament de la qualitat de l'aire?		X		
2. Les emissions provocades pel projecte poden afectar de forma negativa la salut o el benestar humà, la fauna o la flora, els recursos materials o altres?		X		

3. Les emissions provocades pel projecte poden afectar de forma negativa la salut o el benestar humà, la fauna o la flora, els recursos materials o altres?		X		
4. El projecte pot ocasionar olors molestos?		X		
5. El projecte pot ocasionar generació de pols?			X	Temporalment a la fase d'implementació.

Condicions atmosfèriques

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. El projecte pot ocasionar alteració dels moviments de l'aire, humitat o temperatura o canvis en el clima tant local com regional?		X		
2. El projecte provocarà alteracions del medi físic que puguin afectar les condicions microclimàtiques (turbulència, zones de gel, augment de la humitat, etc.)?		X		
3. El projecte pot ocasionar exposició de persones o béns a riscos geològics, com sismes, esllavissades de terra, allaus de fang, etc.?		X		

Soroll, etc.

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. El projecte pot ocasionar increment dels nivells de soroll existents?		X		
2. El projecte pot ocasionar exposició de les persones a sorolls excessius?		X		
3. El projecte pot ocasionar un augment considerable de les radiacions lumíniques o enlluernaments?		X		
4. El projecte tindrà repercussions en les persones, estructures o altres receptors / elements sensibles o sorolls, vibracions, llum, calor o altres formes de radiació?	X			Ones electromagnètiques.

Ecologia

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. El projecte provocarà una reducció de la diversitat genètica?		X		
2. El projecte provocarà la pèrdua física del substrat i del seu hàbitat?		X		
3. El projecte provocarà la pèrdua o degradació d'hàbitats especialment valuosos, d'ecosistemes o d'hàbitats d'espècie rares o en vies d'extinció (tant flora com fauna)?		X		
4. El projecte provocarà impactes en la presència de plantes o animals rars o únics al lloc?		X		
5. El projecte provocarà impactes en la presència de plantes o animals en límits propers del territori?		X		
6. El projecte pot ocasionar un descens de la població piscícola o fauna per sota dels límits d'autosuficiència?		X		
7. El projecte pot ocasionar la introducció de noves espècies de plantes en l'àrea o de barreres per al desenvolupament normal de les espècies existents?		X		
8. El projecte pot ocasionar la reducció del rendiment d'alguna plantació agrícola?		X		
9. El projecte pot ocasionar canvis en la diversitat d'espècies vegetals, o el nombre d'algunes espècies de plantes (incloent arbres, arbusts, herbes, plantacions o plantes subaquàtiques)?		X		
10. El projecte provocarà impactes en els components de la cadena alimentària aquàtica?		X		
11. El projecte provocarà el deteriorament de la reproducció i / o la nutrició de les espècies aquàtiques?		X		
12. El projecte provocarà impactes en els mamífers associats amb els ecosistemes aquàtics?		X		
13. El projecte provocarà impactes en els peixos associats amb els ecosistemes aquàtics?		X		
14. El projecte provocarà impactes en les aus associats amb els ecosistemes aquàtics?		X		

15. El projecte provocarà impactes en els rèptils associats amb els ecosistemes aquàtics?	X		
16. El projecte provocarà impactes en localitzacions aquàtiques especials (marines, en refugis o en santuaris marins)?	X		
17. El projecte provocarà impacte en / o eliminació dels aiguamolls?	X		
18. El projecte provocarà impacte en / o eliminació de fangars?	X		
19. El projecte provocarà impacte en / o eliminació de la vegetació en aigües poc profundes?	X		
20. El projecte provocarà impacte en / o eliminació de complexos d'estanys i corrents superficials?	X		
21. El projecte provocarà la possibilitat d'impactes en els bentos (flora i fauna que es troba al fons del llac o del mar)?	X		
22. El projecte provocarà algun grau d'estrès en les estructures de comunitats biològiques?	X		
23. El projecte pot provocar canvis en la diversitat d'espècies animals, o el nombre d'algunes espècies d'animals (aus, mamífers, rèptils, amfibis, peixos, insectes, crustacis, mol·luscs o qualsevol altre organisme superior)?	X		
24. El projecte pot ocasionar la introducció de noves espècies d'animals en l'àrea o de barreres al moviment d'espècies migratòries?	X		
25. El projecte pertorbarà o perjudicarà la capacitat de reproducció de les espècies o afectarà de forma negativa la migració o les zones d'alimentació, cria, reproducció o descans o comportarà obstacles significatius de les migracions?	X		
26. Els impactes en termes de soroll, vibracions, llum o calor provocades pel projecte pertorbaran a les aus o altres animals?	X		
27. El projecte pertorbarà processos ecològics essencials als sistemes biòtics?	X		
28. El projecte provocarà la introducció d'herbes nocives, paràsits o malalties, o ajudarà a la propagació d'organismes patogènics coneguts, d'organismes nocius / exòtics o d'espècies problemàtiques?	X		

29. El projecte implicarà a gran escala la utilització de plaguicides, fertilitzants o d'altres productes químics que puguin generar residus en el medi terrestre o aquàtic?		X		
30. El projecte augmentarà de forma significativa els riscos d'incendi?		X		
31. La sedimentació resultant del projecte provocarà efectes adversos en la vida aquàtica a causa d'una disminució de la llum disponible?		X		

Característiques paisatgístiques i estètiques

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. El projecte afectarà de manera significativa una zona paisatgísticament atractiu o històrica o culturalment important?		X		
2. El projecte afectarà el panorama del lloc, estant a la vista d'un nombre significatiu de persones?	X			Implementació d'antenes per comunicació a zona urbana.
3. El projecte provocarà impacte en l'estètica-presència de plantes o animals amb alta qualitat visual?		X		
4. El projecte provocarà impacte en l'estètica-presència d'una massa d'aigua associada?		X		
5. El projecte provocarà impacte en l'estètica-tipus d'aiguamolls o diversitat topogràfica?		X		
6. El projecte pot ocasionar una obstrucció per la visibilitat del paisatge o suposarà una visió antiestètica del públic?		X		

Impactes relacionats amb el trànsit

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. El projecte conduirà a alteracions significatives del trànsit (rodat o un altre), amb els conseqüents efectes per a la resta d'usuaris en termes de soroll, qualitat de l'aire, confort, etc., i impactes per altres receptors?		X		
2. Les alteracions de l'accessibilitat resultants del projecte conduiran a un augment del potencial del desenvolupament de la zona?		X		
3. El projecte pot ocasionar la generació d'un substancial increment en el moviment de vehicles?		X		
4. El projecte pot ocasionar un augment del nombre d'aparcaments?		X		
5. El projecte pot ocasionar un impacte substancial sobre els sistemes de transport existents?		X		
6. El projecte pot ocasionar una alteració dels models de circulació existents o moviments de persones i / o béns?			X	Desviació de trànsit temporalment, per implementació de projecte.
7. El projecte pot ocasionar alteracions en el trànsit marí, aeri o ferroviari?		X		
8. El projecte pot ocasionar un increment dels riscos de trànsit per a vehicles de motor, ciclistes o transeünts?			X	Degut a la possible desviació en la fase d'implementació del projecte.

Impactes socials i de la salut

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. El projecte afectarà de manera significativa el mercat laboral o immobiliari de la zona?		X		
2. El projecte provocarà la divisió física d'una població existent?		X		
3. El projecte conduirà a una escassetat d'infraestructures socials en haver de fer front a un augment temporal o permanent de població o de l'activitat econòmica?		X		
4. El projecte afectarà de manera significativa les característiques demogràfiques de la zona?		X		
5. El projecte provocarà impacte en qualitats educacionals o científiques?		X		
6. El projecte pot ocasionar l'exposició de la població a riscos potencials de salut?		X		
7. El projecte pot ocasionar una disminució de la qualitat i / o quantitat de possibles activitats recreatives?		X		
8. El projecte pot ocasionar una alteració o destrucció de béns arqueològics?		X		
9. El projecte pot ocasionar molèsties físiques o estètiques per a monuments arquitectònics existents?		X		
10. El projecte pot ocasionar un canvi potencial sobre el medi físic que podria afectar valors culturals ètnics?				
11. El projecte pot ocasionar restriccions dels usos religiosos i folklòrics a la seva zona d'influència?		X		

Altres

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. Els efectes seran irreversibles?		X		
2. Els efectes són acumulatius amb els d'altres projectes?		X		
3. Els efectes seran sinèrgics?		X		
4. Existeix la possibilitat d'impactes secundaris adversos?		X		

6.2.4 - Consideracions de caràcter general

Pregunta	SI	NO	Potser	Observacions
1. El projecte provocarà controvèrsia pública? El projecte pot suscitar grans preocupacions?		X		
2. Hi ha efectes transfronterers que hagin de ser tinguts en compte?	X			Les dades van a un cloud.
3. El projecte portarà a les generacions futures a efectes irreversibles o inevitables?	X			Una nova manera de conèixer el reaprofitament de energia.
4. El projecte entrarà en conflicte amb la política o legislació internacional, nacional o local en vigor?		X		
5. El projecte exigirà una alteració de la política ambiental en vigor?		X		
6. Existeix legislació sobre el control de la contaminació, que garanteixin l'atenció deguda als impactes ambientals del projecte?		X		
7. El projecte tindrà una importància que excedeixi de l'àmbit local?	X			
8. El projecte implicarà eventuais efectes incerts o que impliquin riscos únics o desconeguts?		X		
9. El projecte pot ocasionar algun rebuig per part d'associacions o organitzacions populars sobre els efectes mediambientals del projecte?		X		

10. El projecte proporcionarà estructures que aconseguixin incentivar un desenvolupament posterior (induït), per exemple a través de l'oferta d'una infraestructura de serveis (urbanització, desenvolupament industrial, requisits de transport)?		X		
11. El projecte necessitarà d'una manera significativa algun recurs l'oferta pugui tornar escassa?		X		
12. El projecte tindrà impacte en l'increment de despeses o ingressos de l'estat, país o govern local (increment de les despeses de les instal·lacions de suport o increment dels ingressos per impostos)?		X		
13. El projecte tindrà impacte econòmic - valor dels aiguamolls com a font de nutrients i / o hàbitat per a la vida aquàtica?		X		
14. El projecte tindrà impactes econòmics - valor com a àrea recreativa?		X		
15. El projecte tindrà impactes econòmics - valor per control d'inundacions / prevenció d'inundacions?		X		
16. El projecte tindrà impactes econòmics - costos de manteniment de ports?		X		
17. El projecte tindrà impacte econòmic en el públic (tant públic com privat) de les instal·lacions de suport al projecte?		X		
18. El projecte tindrà impacte econòmic (tant públic com privat) en la utilització de sòls veïns?		X		
19. Hi ha una o més alternatives del projecte raonablement practicables que compleixin amb els objectius del projecte amb un menor impacte ambiental advers?		X		

RESUM I CONCLUSIONS

El disseny del projecte s'ha realitzat amb criteris de sostenibilitat a totes les fases. L'anàlisi de les taules de control, genera les següents conclusions:

- No existeix cap residu habitual, tot i que pot haver-hi ocasionalment residu d'aparells electrònics per avaria, que s'hauran de reciclar a la deixalleria local.

- El projecte aprofita l'energia tèrmica de rebuig de circuit tancat del Tub Verd, per alimentar sensors de temperatura que incrementen la eficiència del sistema. Per tant, és un projecte respectuós amb el medi ambient.
- A l'execució del projecte, existiran emissions d'ones electromagnètiques a l'espectre de la radiofreqüència, degudes a la comunicació SigFox per enviament de dades al núvol. Aquest ones electromagnètiques, poden afectar a persones amb electrosensibilitat o aparells electrònics.
- Pot existir una mala implementació del projecte per part de l'empresa que ho realitzarà, creant irregularitats al sòl urbà.
- La implementació del projecte pot originar desviaments de trànsit, afectació als veïns i generació de pols per les obres. Tota aquesta problemàtica serà temporal, durant la fase d'implementació.
- El projecte té un impacte visual a la zona urbana, degut a que s'implementaran dispositius emissors i antenes per a l'enviament de dades del Tub Verd.

Es recull a continuació, les principals accions i factors que s'hauran de prendre en consideració en l'estudi de detall.

Accions d'impacte

Accions d'impacte		Observacions
Fase de Construcció	Instal·lació del projecte	Les accions d'impacte de la fase de construcció, es consideren però no són importants. Les úniques accions que poden repercutir són les accions relacionades amb l'obra pública.
Fase d'Explotació	Pròpia utilització del projecte	En la fase d'explotació no s'observa cap impacte important que pugui afectar. És te en compte el correcte emmagatzematge de les dades. Es considera possibles residus electrònics provocats per avaries.
	Mal funcionament dels equips	
	Manteniment del sistema	

Factors ambientals d'impacte

	Factor Ambiental	Impacte sobre ...
Medi Natural	Atmosfera	Ones electromagnètiques.
	Sòl	No s'ha contemplat cap impacte rellevant
	Aigua	No hi ha impacte aparent
	Flora	No hi ha impacte en absolut
	Fauna	No hi ha impacte en absolut
	Medi perceptual	No hi ha impacte aparent
Medi Socioeconòmic	Usos del territori	No hi ha canvis significatius en els usos del territori
	Culturals	No sembla que hi hagi impactes en aquest àmbit
	Infraestructura	No sembla que hi hagi impactes en les infraestructures socials
	Humans	No s'aprecia cap impacte important sobre els humans
	Economia i població	No hi ha impacte en absolut

7. Annex 7: Informació de tasques del projecte.

Es detalla les tasques del projecte, tant de la fase de disseny, com de la fase d'implementació, a la Taula 7.1. i a la Taula 7.2, respectivament.

Nom de la tasca	Duració	Inici	Fi	Prelacions	Recursos
AVANTPROJECTE	31,13 dies	diss 11/11/17	dij 11/01/18		
1-Identificació estudi	12,38 dies	diss 11/11/17	dium 03/12/17		
1.1-Objecte	10 hores	diss 11/11/17	dium 12/11/17		PM
1.2-Anteced. I nec. D'info.	80 hores	dill 13/11/17	div 01/12/17	1.1	PM
1.3-Abast	3 hores	diss 02/12/17	diss 02/12/17	1.2	PM
1.4-Objectius i esp. Tec.	6 hores	diss 02/12/17	dium 03/12/17	1.3	PM
2-Selecció d'alt. Més adeq.	2,38 dies	diu 03/12/17	div 08/12/17		
2.1-Generació pos. Altern.	5 hores	diu 03/12/17	dill 04/12/17	1.4	PM
2.2-Selecció de l'alternativa	14 hores	dima 05/12/17	div 08/12/17	2.1	PM [50%]
3-Anàlisi de la viabilitat	7,38 dies	div 08/12/17	div 22/12/17		
3.1-Viabilitat tècnica	24 hores	div 08/12/17	dime 13/12/17	2.2	PM [25%]
3.2-Viabilitat econòmica	35 hores	dij 14/12/17	div 22/12/17	3.1	PM [50%]
3.3-Viabilitat mediambiental	8 hores	div 08/12/17	dium 10/12/17	2.2	PM [25%]
4-Planificació del projecte	1,88 dies	dij 14/12/17	dium 17/12/17		
4.1-Definició de tasques	3 hores	dij 14/12/17	dij 14/12/17	3.1	PM [25%]
4.2-Gantt amb MS Project	15 hores	dij 14/12/17	dium 17/12/17	4.1	PM [25%]
5-Desenv. de la solució	20 hores	div 22/12/17	dima 26/12/17	3.2	PM
6-Pressupost	24 hores	dima 26/12/17	dij 04/01/18	5	PM
7-Entrega avantprojecte	0 dies	dij 11/01/18	dij 11/01/18	6	PM
PROJECTE DE DETALL	69,13 dies	div 02/02/18	dill 11/06/18		
8-Intro. al projecte de detall	40 hores	div 02/02/18	dium 11/02/18	7+12 dies	PM
9-Marc conceptual	50 hores	diu 11/02/18	div 23/02/18	8	PM
10-Desenv. de la solució	26,25 dies	div 23/02/18	div 13/04/18		
10.1-Disseny i càlculs	150 hores	div 23/02/18	div 30/03/18	9	PM
10.2- Informe i conclusions	60 hores	div 30/03/18	div 13/04/18	10.1	PM
11-Anàlisi de resultats	90 hores	div 13/04/18	div 04/05/18	10.2	PM
12-Desviac. de planificació	35 hores	div 04/05/18	diss 12/05/18	11	PM
13-Conclusions i tancament	60 hores	diss 12/05/18	diss 26/05/18	12	PM
Entrega de projecte detall	0 dies	Dill 11/06/18	dill 11/06/18	13	PM

Taula 7.1 - Tasques del projecte, fase de disseny.

Nom de la tasca	Duració	Inici	Fi	Prelacions	Recursos
1-Compra de materials	7 dies	dill 04/02/19	dima 12/02/19		PMI [25%]
2-Muntatge	30 dies	dime 13/02/19	dima 26/03/19		
2.1-Connexió	5 dies	dime 13/02/19	dimar 19/02/19	1	PIT
2.2-Programació	15 dies	dime 20/02/19	dimar 12/03/19	2.1	PIT
2.3-Proves i verificació	10 dies	dime 13/03/19	dimar 26/03/19	2.2	PIT
3-Identificació zona urbana	20 dies	dime 13/02/19	dimar 12/03/19	1	PMI [25%]
4-Obra a zona urbana	45 dies	dime 13/03/19	dime 15/05/19		
4.1-Excavació	22 dies	dime 13/03/19	dij 11/04/19	3	MAQ
4.2-Muntatge	18 dies	div 12/04/19	dime 08/05/19	4.1	O1;O2;PMI [25%]
4.3-Proves i verificació	5 dies	dij 09/05/19	dime 15/05/19	4.2	PIT;O1
5-Proves i validació	7 dies	dij 16/05/19	div 24/05/19	4.3	PIT;PMI

Taula 7.2 - Tasques del projecte, fase d'implementació.

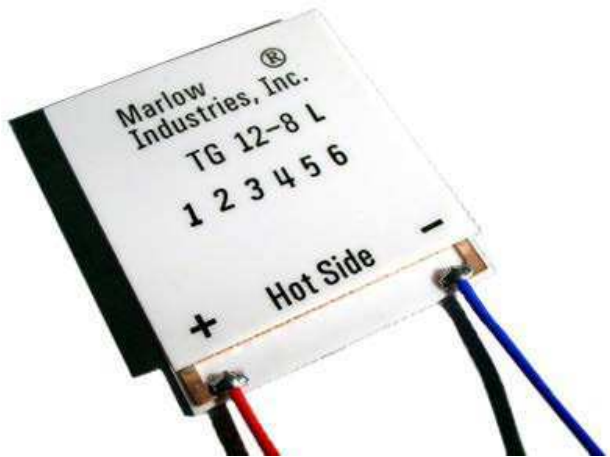
8. Annex 8: Datasheets.

Seguidament es mostren tots els fulls d'especificacions de fabricants del capítol de viabilitat del projecte.



Technical Data Sheet for TG12-8

Thermoelectric Generator



NOMINAL PERFORMANCE IN NITROGEN

T _c (°C)	27±2
ACR (Ω)	1.36 – 1.69
Device ZT	0.73

PRODUCT FEATURES

- RoHS EU Compliant
- Rated operating temperature of 200°C.
- Ceramic Material: Aluminum Oxide
- Porch configuration for high strength leadwire connection.
- Superior nickel diffusion barriers on elements.
- High strength for rugged environment.
- RTV sealing option available.
- Lapped option available for multiple module applications.

ORDERING OPTIONS

Model Number	Description
TG12-8-01	Leadwires
TG12-8-01L	Leadwires, Lapped
TG12-8-01S	Leadwires, Sealed
TG12-8-01LS	Leadwires, Lapped, Sealed
TG12-8-01G	Leadwires, Graphite Pads
TG12-8-01LG	Leadwires, Lapped, Graphite Pads
TG12-8-01SG	Leadwires, Sealed, Graphite Pads
TG12-8-01LSG	Leadwires, Lapped, Sealed, Graphite Pads

OPERATION CAUTIONS

For maximum reliability, continuous operation below 200°C (cold side and hot side) is recommended. Intermittent operation up to 230°C on the hot side of the TG is permissible.

INSTALLATION

Recommended mounting methods: Clamp with uniform pressure to a flat surface with thermal interface material. Recommended 1.4 MPa (200 psi) with thermal grease or flexible graphite pads. For additional information, please contact an applications engineer.

II-VI Marlow – Dallas, TX USA
214-340-4900
877-627-5691
marlow.sales@ii-vi.com

Marlow Industries Europe
GmbH - Germany
+49 (0) 6150 5439 - 403
info@marlow-europe.eu

II-VI Japan Inc.
81 43 297 2693 (tel)
center@ii-vi.co.jp
www.ii-vi.co.jp

II-VI Singapore Pte., Ltd.
(65) 6481 8215 (tel)
info@ii-vi.com.sg

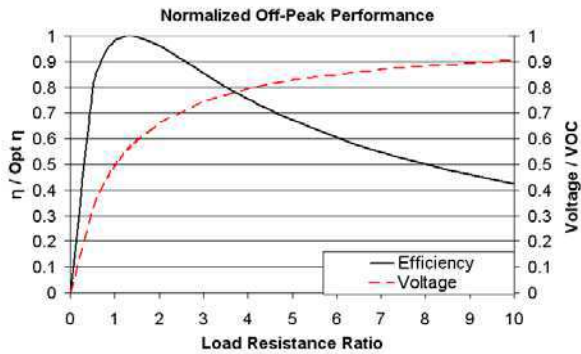
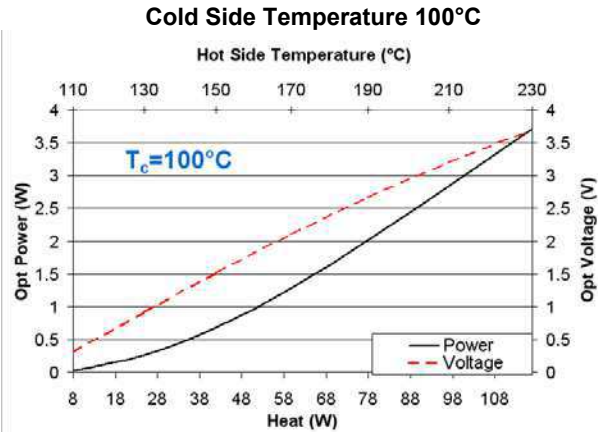
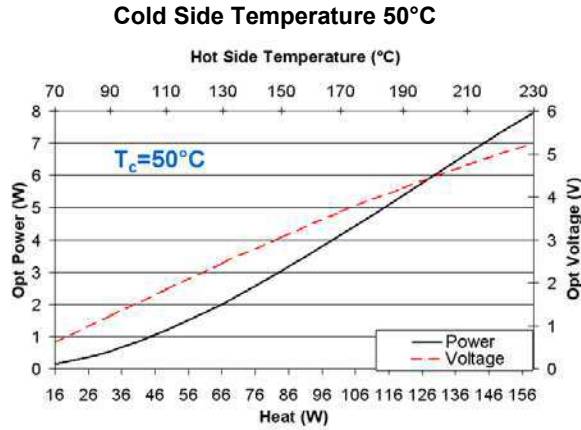
Marlow Industries China, II-VI
Technologies Beijing
86-10-643 98226
info@iivbj.com



TYPICAL PERFORMANCE CURVES

POWER GENERATION PERFORMANCE CURVES

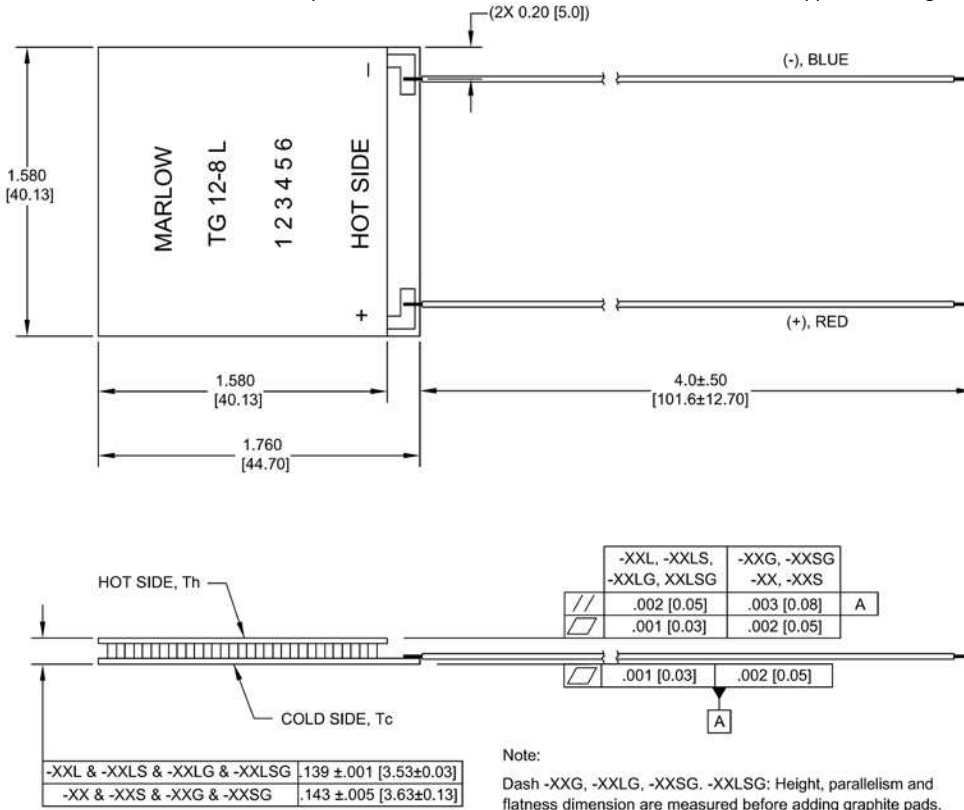
ENVIRONMENT: ONE ATMOSPHERE DRY NITROGEN



Hot Side Temperature (°C)	230	170	110
Cold Side Temperature (°C)	50	50	50
Optimum Efficiency, η (%)	4.97	4.08	2.39
Optimum Power (W)	7.95	4.17	1.19
Optimum Voltage (V)	5.25	3.65	1.86
Load Resistance for Opt η (Ω)	3.46	3.20	2.90
Open Circuit Voltage, VOC (V)	9.43	6.48	3.27
Closed Circuit Current (A)	3.38	2.60	1.48
Thermal Resistance (°C/W)	1.13	1.17	1.20

For performance information in a vacuum or with hot side temperatures other than 50°C or 100°C, contact one of our Applications Engineers at 877-627-5691.

MECHANICAL CHARACTERISTICS



Dimensions in [] are millimeters

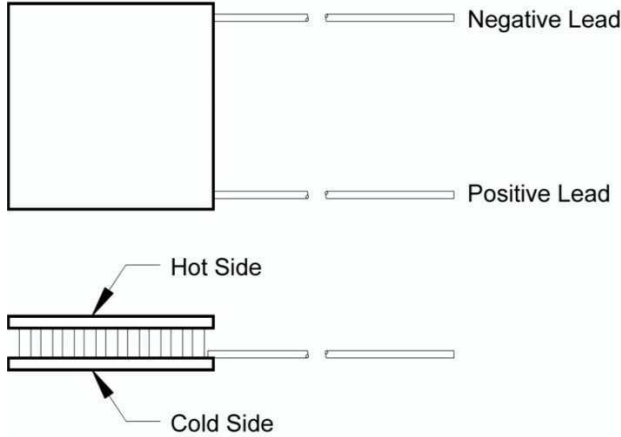
For customer support or general questions please contact a local office or visit our website at www.marlow.com.



Performance information is given in a nitrogen environment and cold side temperatures of 50°C and 100°C. TG device temperature does not include thermal resistance of heat sinks, Thermal Interface Materials (TIM) such as graphite pads or thermal greases, and clamping techniques. Hot side and cold side temperatures represent the temperatures of the hot and cold ceramics on the module. For performance information in vacuum, other cold side temperatures, or specific heat sinks and TIM materials, consult our applications engineers.

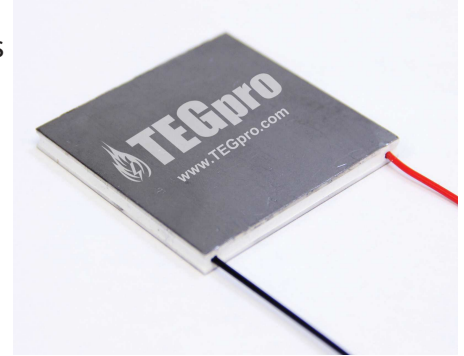
TYPICAL POWER GENERATION CONFIGURATION

EXAMPLE:



Product Overview

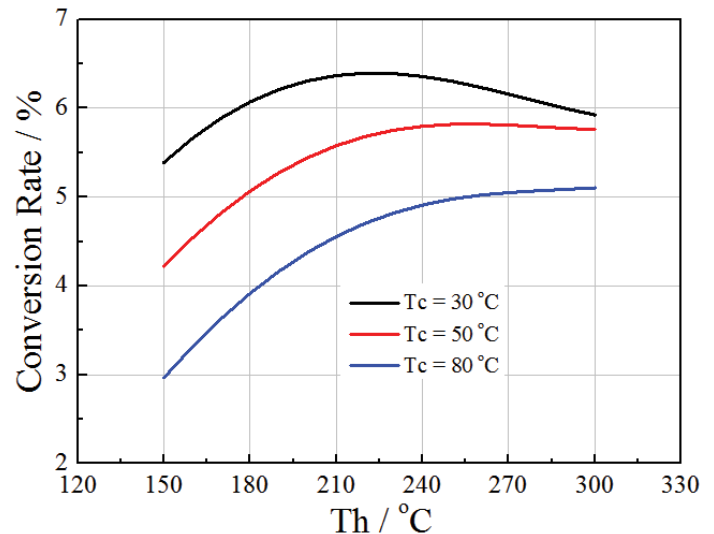
Our TEG power module is specifically designed and manufactured to convert high temperature heat sources directly into electricity. The Bi-Te based thermoelectric modules can operate at temperatures as high as 330 °C (626 K) continuously and up to 400 °C (752 K) intermittently. The module will generate DC voltage if there is a temperature difference across the module. Power is generated as the temperature difference across the module increases. The efficiency of the module will also increase as well. Thermally conductivity graphite sheets have been applied to both sides of the ceramic plates to provide low contact thermal resistance. Therefore you do not need to apply thermal grease or other heat transfer compound when you install the module. The graphite sheet works very well in high temperatures.



Specifications

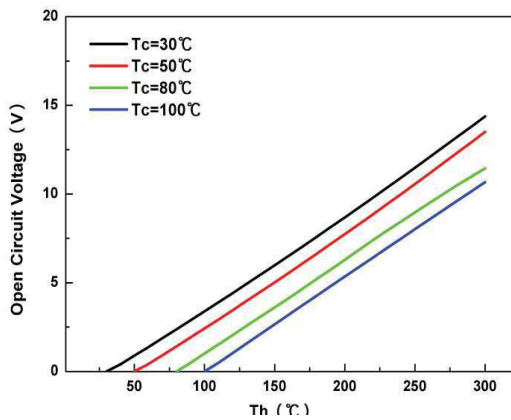
Hot Side Temperature (°C)	300
Cold Side Temperature (°C)	30
Open Circuit Voltage (V)	14.4
Matched Load Resistance (ohms)	2.4
Matched load output voltage (V)	7.2
Matched load output current (A)	3.0
Matched load output power (W)	21.6
Heat flow across the module(W)	≈ 415
Heat flow density(W cm-2)	≈ 13.2
AC Resistance (ohms) Measured under 27 °C at 1000 Hz	1.1 ~ 1.35

Specification of the Module

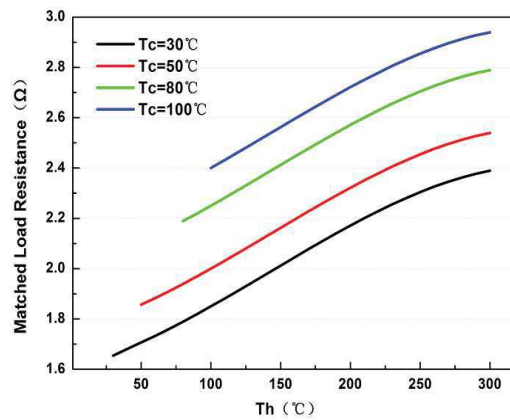


Note: Conversion rate = Matched load output power/Heat flow through the module

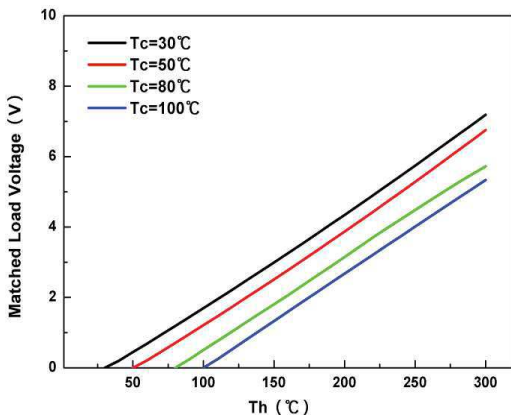
Performance



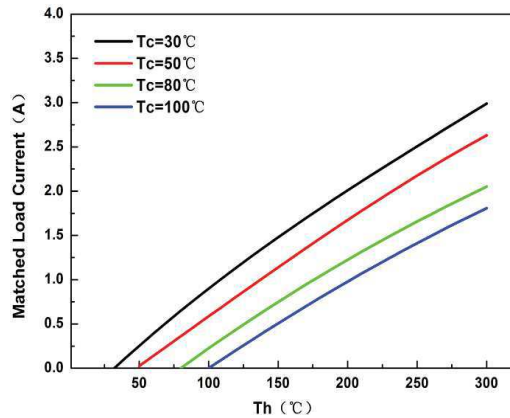
The chart for open circuit voltage Vs T_h under various T_c



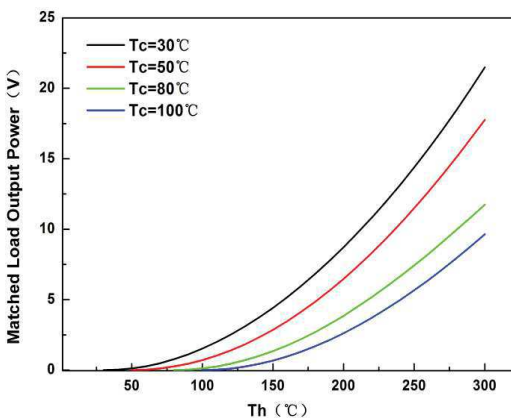
The chart for matched load resistance Vs T_h under various T_c



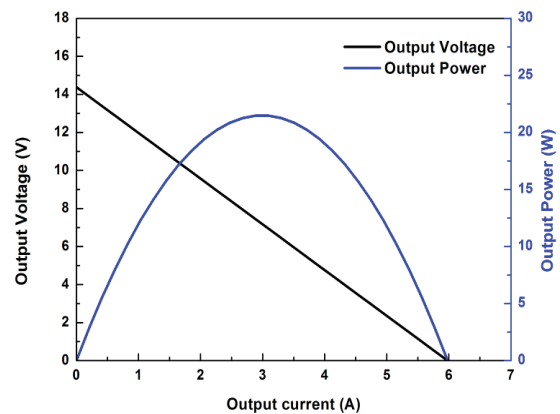
The chart for matched load voltage Vs T_h under various T_c



The chart for matched load current Vs T_h under various T_c



The chart for matched load output power Vs T_h under various T_c

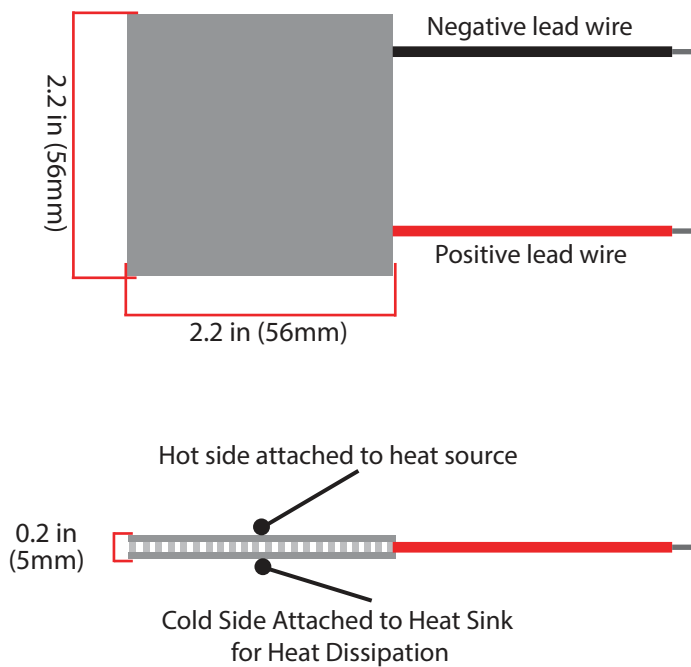
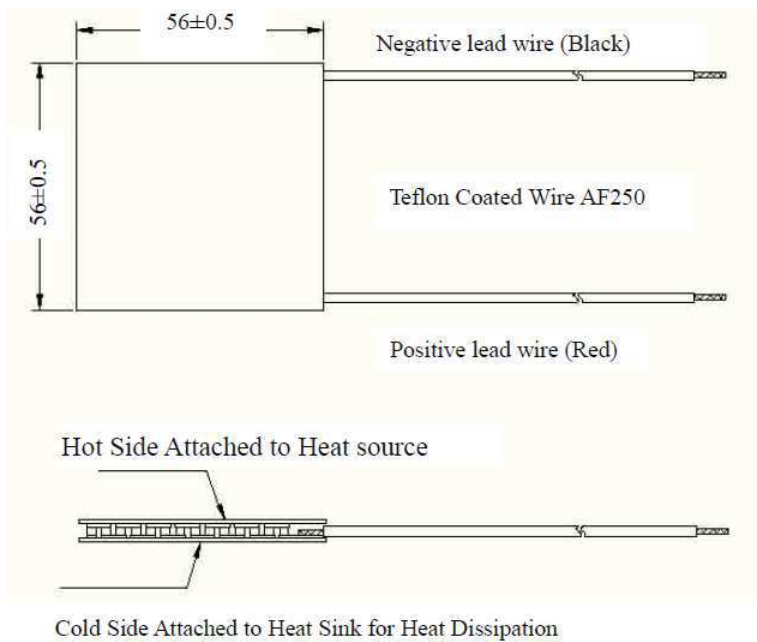


The chart for output voltage and output power Vs output current under $T_h=300^\circ\text{C}$ and $T_c=30^\circ\text{C}$

©2014 TEGpro www.tegpro.com.

Specifications subject to change without notice. Nov, 2014 - Rev 1.0

Dimensions

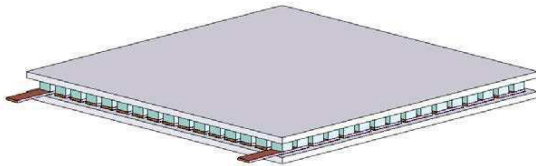




6 Aerodromnaya street, Saint-Petersburg, 197348 Russia

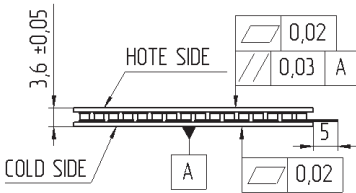
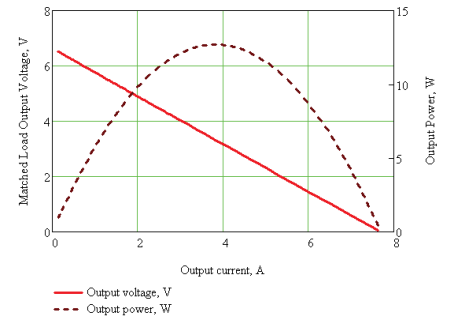
Tel: +7 812 394-13-10, fax: +7 812 394-12-67, E-mail: info@kryotherm.ru, http://www.kryothermtec.com

SPECIFICATION OF GENERATING THERMOELECTRIC MODULES TGM-127-2.0-1.3

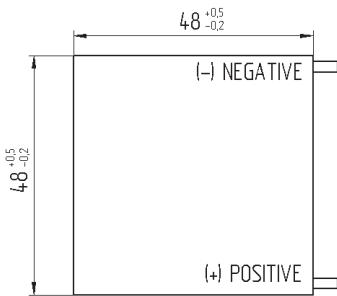
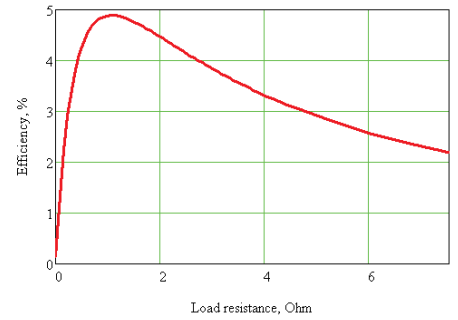


Thermoelectric parameters	Unit	Value
Output power, P* (at $T_h=200^\circ\text{C}$, $T_c=30^\circ\text{C}$)	W	12,6
I_{load}^*	A	4,1
U_{load}^*	V	3,1
R_{ac} (at 200°C), $\pm 10\%$	Ohm	0,75
R_t	K/W	0,69

* for $R_{load}=R_{ac}$
 R_{ac} – internal TGM resistance at working temperature;
 R_{load} – load resistance;
 R_t – heat resistance.



Operation parameters	Unit	Value
Working temperature	$^\circ\text{C}$	200
Max. processing temperature	$^\circ\text{C}$	220



Additional options	Notations
Height tolerance up to, mm	$\pm 0,015$
Flatness up to, mm;	0,01
Parallelism up to, mm;	0,01
Sealants: epoxy, urethane	E, U
Type and length of lead wires	Up to customer's requirements
Assembling into arrays	

Please refer to our standard assembling recommendations at our [site](#)

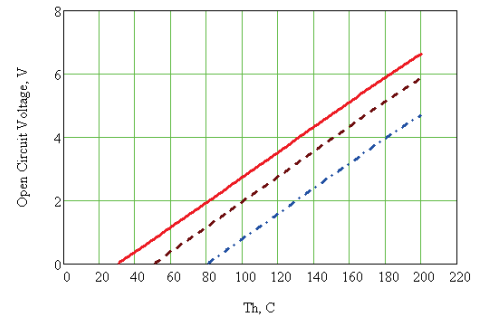
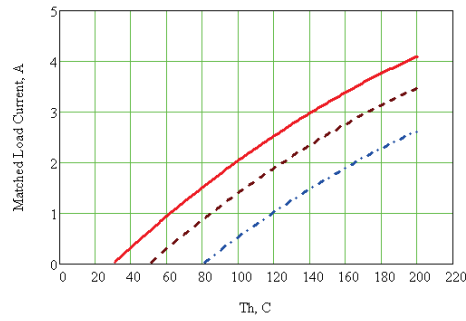
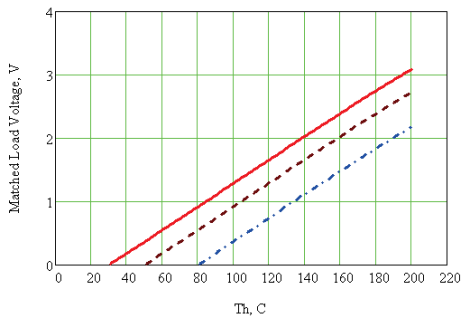
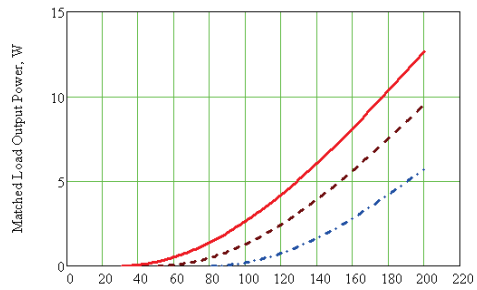
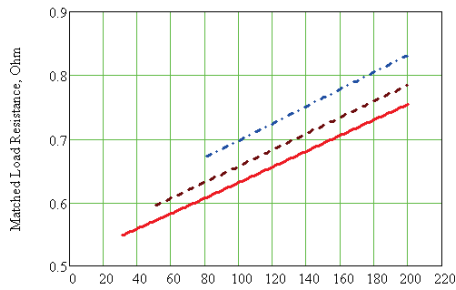


KRYOTHERM

6 Aerodromnaya street, Saint-Petersburg, 197348 Russia

Tel: +7 812 394-13-10, fax: +7 812 394-12-67, E-mail: info@kryotherm.ru, http://www.kryothermtec.com

SPECIFICATION OF GENERATING THERMOELECTRIC MODULES TGM-127-2.0-1.3



- Tc=30°C
- - - Tc=50°C
- · · Tc=80°C

Kryotherm

Customer

Multi-Sensor High Accuracy Digital Temperature Measurement System

FEATURES

- Directly Digitize RTDs, Thermocouples, Thermistors and Diodes
- Single 2.85V to 5.25V Supply
- Results Reported in °C or °F
- 20 Flexible Inputs Allow Interchanging Sensors
- Automatic Thermocouple Cold Junction Compensation
- Built-In Standard and User-Programmable Coefficients for Thermocouples, RTDs and Thermistors
- Configurable 2-, 3- or 4-Wire RTD Configurations
- Measures Negative Thermocouple Voltages
- Automatic Burn Out, Short-Circuit and Fault Detection
- Buffered Inputs Allow External Protection
- Simultaneous 50Hz/60Hz Rejection
- Includes 15ppm/°C (Max) Reference (I-Grade)

APPLICATIONS

- Direct Thermocouple Measurements
- Direct RTD Measurements
- Direct Thermistor Measurements
- Custom Sensor Applications

DESCRIPTION

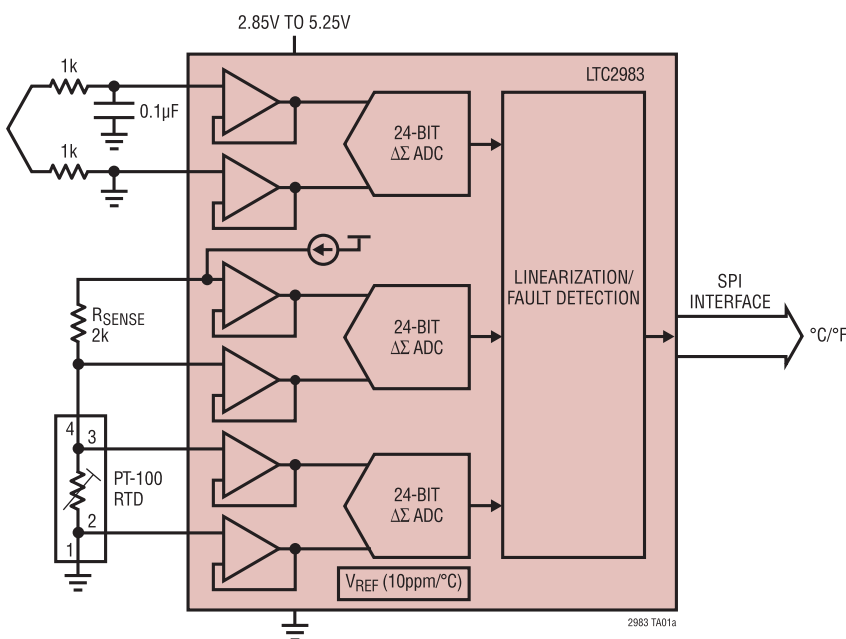
The **LTC®2983** measures a wide variety of temperature sensors and digitally outputs the result, in °C or °F, with 0.1°C accuracy and 0.001°C resolution. The LTC2983 can measure the temperature of virtually all standard (type B, E, J, K, N, S, R, T) or custom thermocouples, automatically compensate for cold junction temperatures and linearize the results. The device can also measure temperature with standard 2-, 3- or 4-wire RTDs, thermistors and diodes. It has 20 reconfigurable analog inputs enabling many sensor connections and configuration options. The LTC2983 includes excitation current sources and fault detection circuitry appropriate for each type of temperature sensor.

The LTC2983 allows direct interfacing to ground referenced sensors without the need for level shifters, negative supply voltages, or external amplifiers. All signals are buffered and simultaneously digitized with three high accuracy, 24-bit $\Delta\Sigma$ ADCs, driven by an internal 15ppm/°C (maximum) reference.

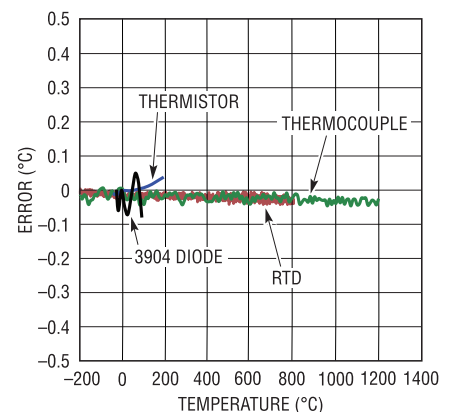
LT, LTC, LTM, Linear Technology and the Linear logo are registered trademarks of Linear Technology Corporation. All other trademarks are the property of their respective owners. Patents Pending

TYPICAL APPLICATION

Thermocouple Measurement with Automatic Cold Junction Compensation



Typical Temperature Error Contribution

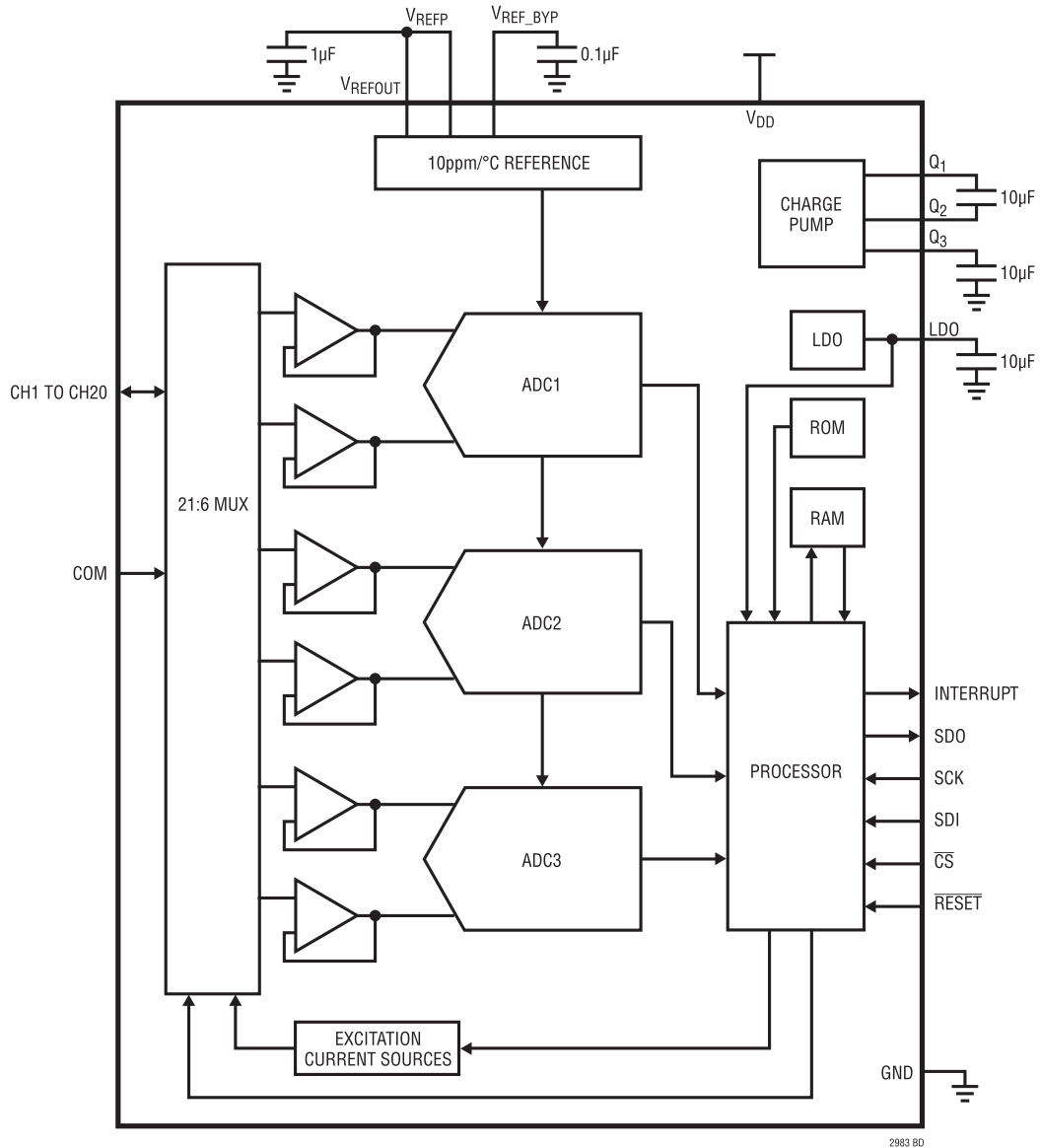


2983 TA01b

2983fc

LTC2983

BLOCK DIAGRAM



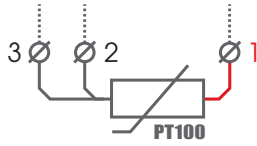
2983fc

SONDA DE TEMPERATURA PT100 para Superficie tipo Terminal

Pt-S12D6-2M

modelo

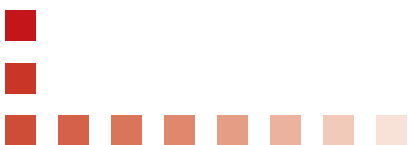
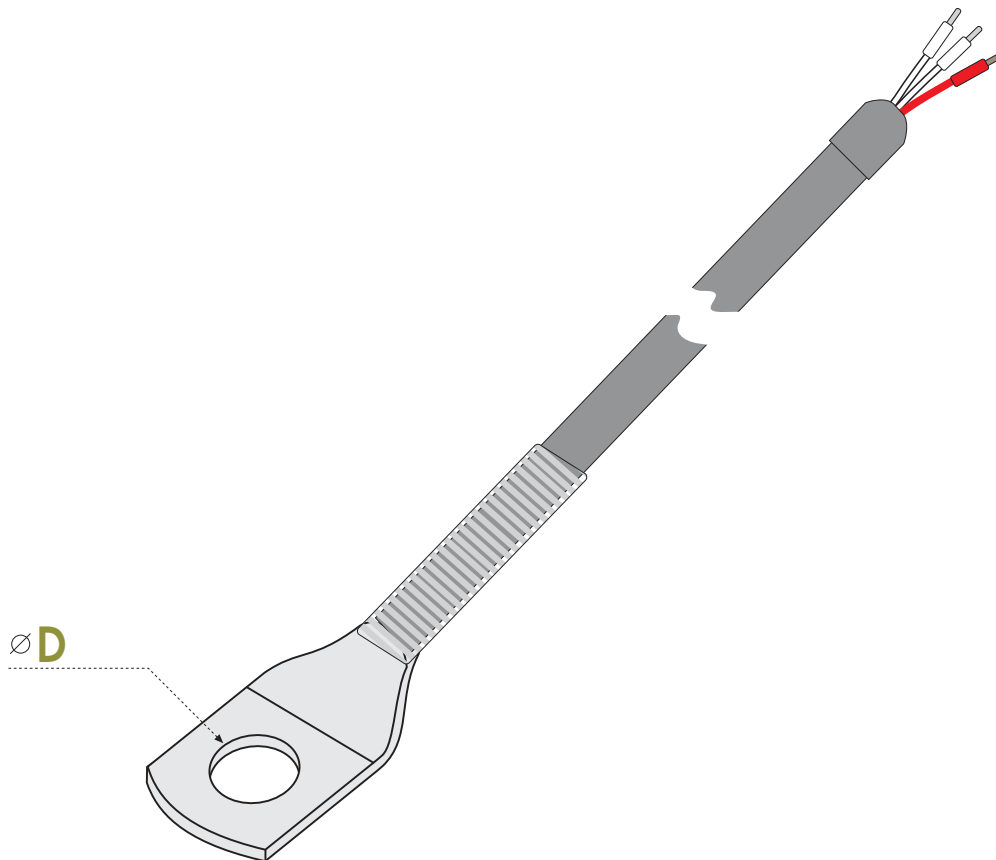
Pt-SSDD-XM



X Longitud de Cable
D Diámetro
S Longitud terminal

CARACTERÍSTICAS

- Máxima temperatura de trabajo de la terminal: -50°C / $+250^{\circ}\text{C}$ * otras temperaturas (consultar)
Máxima temperatura de trabajo del cable silicona: -50°C / $+120^{\circ}\text{C}$
- Sensor interno de temperatura: clase DIN B ($\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ a 25°C)
- Espesor: 1,4mm. Terminal chafado 12 x 9mm para diámetro de 6mm. Acero inoxidable AISI-316L
Espesor: 2mm. Terminal acoplado 17 x 15mm para diámetro de 8mm
- Cable de Silicona: 3 hilos \varnothing :4mm X Longitud de Cable: 2mts, 3mts, 10mts



Waspote

General data:

Microcontroller:	ATmega1281
Frequency:	14.7456 MHz
SRAM:	8 kB
EEPROM:	4 kB
FLASH:	128 kB
SD card:	2 GB
Weight:	20 g
Dimensions:	73.5 x 51 x 13 mm
Temperature range:	[-10 °C, +65 °C]
Clock:	RTC (32 kHz)



Figure: Waspote

Consumption:

On:	17 mA
Sleep:	30 µA
Deep Sleep:	33 µA
Hibernate:	7 µA
Operation without recharging:	1 year*

* Time obtained using the Hibernate mode as energy saving mode

Inputs/Outputs:

7 analog (I), 8 digital (I/O), 1 PWM, 2 UART, 1 I2C, 1 USB, 1 SPI

Electrical data:

Battery voltage:	3.3 – 4.2 V
USB charging:	5 V – 480 mA
Solar panel charging:	6 - 12 V – 330 mA

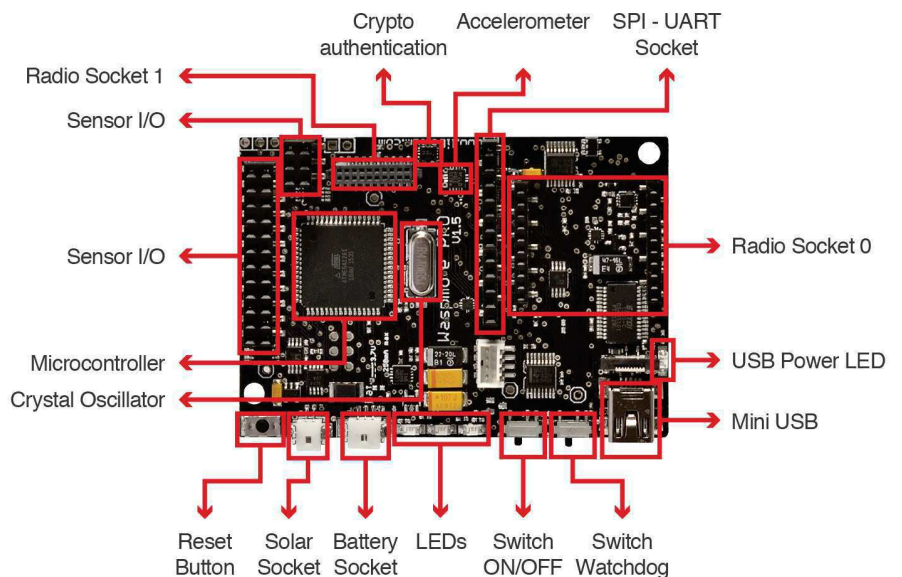


Figure: Waspote board top

Built-in sensors on the board:

Accelerometer: ±2g/±4g/±8g
 Low power: 0.5/1/2/5/10 Hz
 Normal mode: 50/100/400/1000 Hz

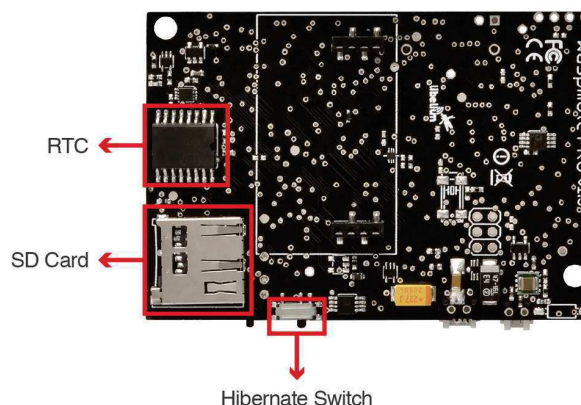


Figure: Waspote board bottom

Sigfox modules

Frequency:

- Sigfox EU module: ISM 868 MHz
- Sigfox US module: ISM 900 MHz

TX Power:

- Sigfox EU module: 16 dBm
- Sigfox US module: 24 dBm

ETSI limitation: 140 messages of 12 bytes, per module per day

Range: Typically, each base station covers some km. Check the [Sigfox Network](#)

Chipset consumption:

- Sigfox EU module: TX 51 mA @ 14 dBm
- Sigfox US module: TX 230 mA @ 24 dBm

Radio data rate: 100 bps

Receive sensitivity: -126 dBm

Sigfox certificate: Class 0u (the highest level)

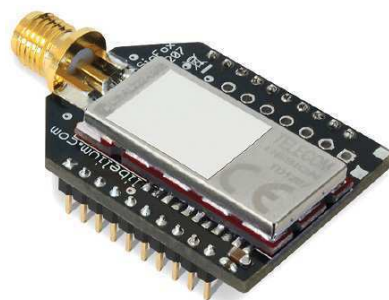


Figure: Sigfox module



Figure: Sigfox network