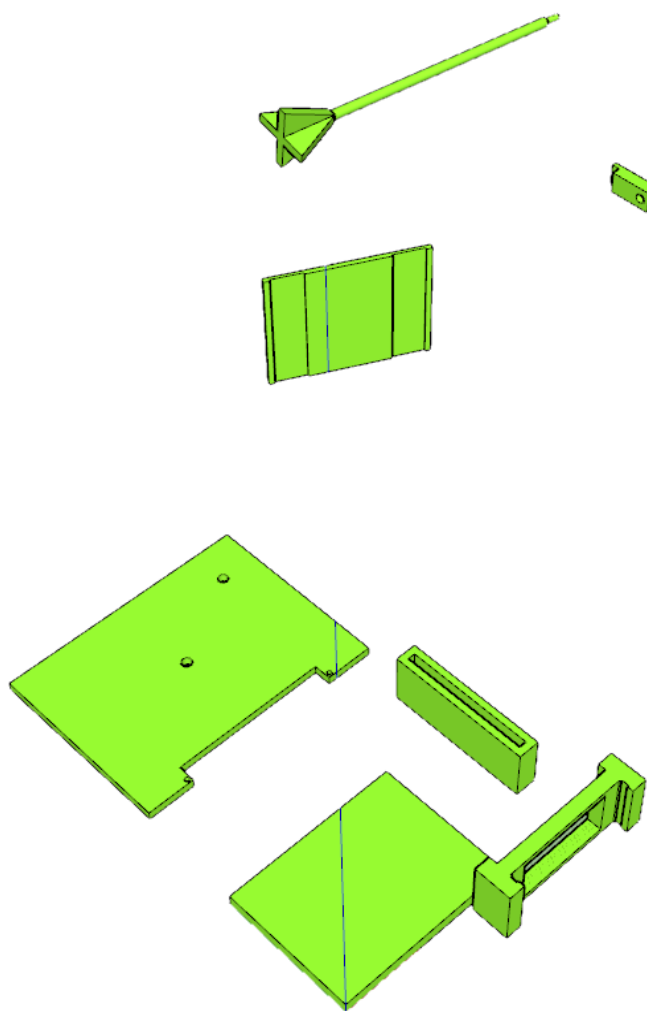


Domòtica

ESTALVI ENERGÈTIC MITJANÇANT L'ÚS D'ELEMENTS DOMÒTICS EN EL CAS
D'HABITATGES RESIDENCIALS



Marc Cosgaya Capel, 1BAT A.

Tutor: Lluís Roura.

10/10/2017

Introducció

Motivacions

Des de sempre m'ha agradat el món de la tecnologia i la informàtica. No només a nivell d'usuari d'Internet o de jocs, sinó també a nivell de programació i simulacions.

Per plantejar-me el tema del treball de recerca, volia anar més enllà per aplicar la informàtica en el món quotidià. I, al final, vaig escollir el món de la **domòtica**, l'aplicació de noves tecnologies en la gestió d'habitatges i edificis.

Vaig voler concretar la meva recerca en l'estudi de l'estalvi energètic que aquestes noves tecnologies ofereixen. Volia saber com l'ús d'elements informàtics i tècnics podien estalviar energia en un habitatge. Per ser més exacte, volia saber si **mitjançant la domòtica es pot assolir estalvi energètic**.

Objectius

Els objectius que he perseguit amb aquest treball de recerca són els següents:

1. Tenir informació sobre el consum de diferents electrodomèstics i bombetes per donar-me una idea del consum elèctric en una llar.
2. Introduir-me en el món de la domòtica. Els seus usos i aplicacions.
3. Realitzar diferents experiments, dos en un habitatge real i un amb una maqueta, per confirmar la teoria de si es pot estalviar amb sistemes automatitzats.
4. Aprendre a muntar una impressora 3D per poder construir la maqueta amb que es farà un dels experiments.
5. Dissenyar, modelar i imprimir les diferents peces de la maqueta mitjançant el programari corresponent i l'ús d'aquesta impressora 3D.

Metodologia

La primera part consisteix en una recerca bibliogràfica sobre el consum de diferents aparells elèctrics i sobre les diferents aplicacions de la domòtica. S'han utilitzat fonts d'informació fiables: instituts de recerca, organismes oficials, associacions de fabricants, etc.

La segona part consisteix en l'elaboració de dos experiments. Els dos primers en dues habitacions de dos habitatges i el tercer amb una maqueta de creació pròpia. Després de la recollida de les dades s'han fet els corresponents càlculs per verificar la meua teoria.

Índex

1. Electricitat	9
1.1. Què és l'electricitat?	9
1.1.1. Breu història de l'electricitat	9
1.2. Quant costa l'electricitat?	10
1.2.1. Consum energètic	10
1.2.1.1. Bombetes	10
1.2.1.1.1. Bombeta Halògena	10
1.2.1.1.2. Bombeta LED	12
1.2.1.2. Electrodomèstics	13
1.2.1.2.1. Nevera	14
1.2.1.2.2. Congelador	14
1.2.2. Indicador d'eficiència	15
1.2.3. Factura de la llum	17
1.2.4. Consum econòmic	17
1.2.4.1. Bombetes	18
1.2.4.1.1. Bombeta Halògena	19
1.2.4.1.2. Bombeta LED	20
1.2.4.1.3. Gràfics	20
1.2.4.2. Electrodomèstics	22
1.2.4.2.1. Nevera	22
1.2.4.2.2. Congelador	22
1.2.4.2.3. Gràfics	23
2. Domòtica	25
2.1. Què és la domòtica?	25
2.2. Diferents aplicacions de la domòtica	25
2.2.1. Sistemes passius	25
2.2.2. Sistemes actius	26
2.2.3. Ordinador central	27
3. Experiments	28
3.1. Situació real 1	28

3.1.1.	En què consisteix?	28
3.1.2.	Què s'espera?	28
3.1.3.	Com s'ha fet?	28
3.1.4.	Resultats	31
3.1.4.1.	Habitació A	31
3.1.4.2.	Habitació B	34
3.1.4.3.	Fase 1	37
3.1.4.4.	Fase 2	38
3.2.	Situació real 2	41
3.2.1.	Resultats	42
3.2.1.1.	Habitació A	42
3.2.1.2.	Habitació B	44
3.2.1.3.	Fase 1	46
3.2.1.4.	Fase 2	46
3.3.	Situació simulada	47
3.3.1.	En què consisteix?	47
3.3.2.	Què s'espera?	47
3.3.3.	Com s'ha fet?	47
3.3.4.	Resultats	57
4.	Conclusions	60
5.	Bibliografia	61
6.	Annexos	64
6.1.	Annex 1: Procediment per trobar les masses dels gasos	64
6.2.	Annex 2: Full de càlcul per trobar la diferència d'energia (experiment 1)	65
6.3.	Annex 3: Full de càlcul de la fase 1 (experiment 1)	66
6.4.	Annex 4: Full de càlcul de la fase 2 (experiment 1)	66
6.5.	Annex 5: Full de càlcul per trobar la diferència d'energia (experiment 2)	67
6.6.	Annex 6: Full de càlcul de la fase 1 (experiment 2)	67
6.7.	Annex 7: Full de càlcul de la fase 2 (experiment 2)	67
6.8.	Annex 8: Llista de models d'aire condicionat	68
6.9.	Annex 9: Full de càlcul de l'experiment 3	69

1. ELECTRICITAT

1.1 QUÈ ÉS L'ELECTRICITAT?

L'electricitat és un medi pel qual l'energia pot ser transmesa¹. L'electricitat és una font d'energia secundària perquè no la podem trobar directament a la natura, sinó que la necessitem obtenir a partir d'altres fonts d'energia naturals.

Actualment hi ha dos tipus de corrents elèctrics: el corrent continu (CC) i el corrent altern (CA)

1.1.1 BREU HISTÒRIA DE L'ELECTRICITAT

Encara que molts de nosaltres pensem que l'electricitat és un fet recent, en realitat aquesta forma d'energia ja es coneixia des de feia molt de temps. Segons la revista *Universe Today*², l'electricitat ja s'havia descobert des de l'època de l'Antiga Grècia (fa 2600 anys).

No obstant, l'electricitat industrial que coneixem avui dia no es va inventar fins el segle XIX. Va ser durant aquest segle que molts científics buscaven fonts d'energia per a les fàbriques³. Però hi ha indicis de que el nou tipus d'energia ja s'havia descobert un segle enrere. Benjamin Franklin (pare fundador dels Estats Units) va dur a terme experiments amb estels durant les tempestes elèctriques al 1752. Franklin va descobrir que els llamps i les espurnes elèctriques eren el mateix.

Durant el segle XIX diversos científics van crear diferents invents que permetien l'ús de l'electricitat. Alguns d'aquests científics varen ser Michael Faraday (dinamo) i Thomas Edison (bombeta). En un principi els nous aparells funcionaven amb corrent continu, però

¹ *Electricity*. U.S. Energy Information Administration.
http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm/data/index.cfm?page=electricity_home (1/2/2017)

² Atkinson, Nancy. *Who Discovered Electricity?*. 23/12/2015. *Universe Today*. <http://www.universetoday.com/82402/who-discovered-electricity/> (1/2/2017)

³ Durant el segle XIX la Revolució Industrial va canviar el model de societat completament i la ciència avançava a un gran ritme per atendre a les necessitats de la nova població obrera.

més tard es va introduir el corrent altern que, segons el Centre de Tecnologia Edison⁴, se'n va fer el primer ús comercial al 1886.

1.2 QUANT COSTA L'ELECTRICITAT?

Primerament, per saber quant costa l'electricitat és necessari saber quant gasten els electrodomèstics i la lluminària de la llar. A continuació he analitzat el consum de bombetes i electrodomèstics per determinar-ne l'ús més adequat. Finalment analitzaré el consum econòmic de cadascun amb informació de les subministradores d'electricitat més importants a Espanya.

1.2.1 CONSUM ENERGÈTIC

1.2.1.1 BOMBETES

1.2.1.1.1 Bombeta Halògena

Segons el fabricant de bombetes OSRAM⁵, una bombeta halògena normal consumeix de 20 a 116 watts, depenent del model. A continuació hi ha l'anàlisi del consum de bombetes halògenes i bombetes LED.

⁴ Whelan, M; Cunningham, Joseph; Rockwell, S. *AC Power History and Timeline*. Edison Tech Centre. <http://www.edisontechcenter.org/AC-PowerHistory.html> (1/2/2017)

⁵ *Halogen Classic A*. OSRAM. http://www.osram.es/osram_es/productos/lamparas/lamparas-halogenas/halogen-classic/halogen-classic-a/index.jsp (16/2/2017)

<i>Model de bombeta</i>	<i>Potència (W)</i>	<i>Tensió (V)</i>	<i>Consum d'energia (KWh/dia)</i>	<i>Consum d'energia (KWh/mes)</i>	<i>Vida útil (h)</i>	<i>Cicles</i>
<i>HAL 20W E27 CL A 230V</i>	20	230	0,12	3,65	2000	50000
<i>HAL 30W E27 CL A 230V</i>	30	230	0,18	5,475	2000	50000
<i>HAL 30W E27 CL A 240V</i>	30	230	0,18	5,475	2000	50000
<i>HAL 46W E27 CL A 230V</i>	46	230	0,276	8,395	2000	50000
<i>HAL 46W E27 CL A 240V</i>	46	240	0,276	8,395	2000	50000
<i>HAL 46W B22D CL A 240V</i>	46	240	0,276	8,395	2000	50000
<i>HAL 57W E27 CLA A 240V</i>	57	240	0,342	10,403	2000	50000
<i>HAL 57W E27 CLA A 230V</i>	57	230	0,342	10,403	2000	50000
<i>HAL 77W E27 CL A 230V</i>	77	230	0,462	14,053	2000	50000
<i>HAL 116W E27 CL A 230V</i>	116	230	0,696	21,17	2000	50000

També és important saber quanta llum emet cada bombeta segons la potència que desenvolupa. La unitat per mesurar la quantitat de llum emesa es diu Lumen i la relació entre quantitat i potència consumida es diu Eficàcia Luminosa⁶.

⁶ Luminous efficacy. Build. <http://www.build.com.au/luminous-efficacy> (16/2/2017)

<i>Model de bombeta</i>	<i>Potència (W)</i>	<i>Flux de llum (lm)</i>	<i>Eficàcia lluminosa (lm/W)</i>
<i>HAL CL A 20W 230V E27</i>	20	235	11,75
<i>HAL CL A 30W 230V E27</i>	30	405	13,5
<i>HAL CL A 30W 240V E27</i>	30	405	13,5
<i>HAL CL A 46W 230V E27</i>	46	700	15,2
<i>HAL CL A 46W 240V E27</i>	46	700	15,2
<i>HAL CL A 46W 240V B22D</i>	46	700	15,2
<i>HAL CLA A 57W 240V E27</i>	57	915	16,1
<i>HAL CLA A 57W 230V E27</i>	57	915	16,1
<i>HAL CL A 77W 230V E27</i>	77	1320	17,1
<i>HAL CL A 116W 230V E27</i>	116	2135	18,4

CONCLUSIONS

Si es vol adquirir i utilitzar una bombeta halògena s'ha de tenir en compte a on es vol instal·lar. D'una banda, en cas de voler-la instal·lar en una sala petita és més recomanable utilitzar una bombeta amb poca potència, ja que consumeix menys. D'altra banda, és recomanable utilitzar bombetes més potents en sales més grans ja que, a la llarga, es gasta menys per llum emesa.

1.2.1.1.2 Bombeta LED

Segons el fabricant de bombetes OSRAM⁷, una bombeta LED consumeix de 8 watts. A continuació hi ha l'anàlisi del consum d'aquest tipus de bombeta.

⁷ Led Star Classic A. OSRAM. http://www.osram.es/osram_es/productos/lamparas/lamparas-led/lamparas-led-para-consumidores-con-la-lampara-clasica/led-star-classic-a/index.jsp (21/2/2017)

<i>Model de bombeta</i>	<i>Potència (W)</i>	<i>Tensió (V)</i>	<i>Consum d'energia (kWh /dia)</i>	<i>Consum d'energia (kWh /mes)</i>	<i>Vida útil (h)</i>	<i>Cicles</i>
LED STAR CLASSIC A 8W CL	8	220-240	0,048	1,461	15000	100000
LED STAR CLASSIC A 8W FR	8	220-240	0,048	1,461	15000	100000

<i>Model de bombeta</i>	<i>Potència (W)</i>	<i>Flux de llum (lm)</i>	<i>Eficàcia lluminosa (lm/W)</i>
LED STAR CLASSIC A 8W CL	8	806	100,75
LED STAR CLASSIC A 8W FR	8	806	100,75

CONCLUSIONS

L'alta eficàcia energètica de la bombeta LED la converteix en la millor opció a l'hora d'instal·lar la lluminària en un habitatge. Cal dir que aquesta bombeta pot emetre la mateixa llum o més que les bombetes halògenes, i consumeix molt menys (10 vegades en relació a llum emesa). També, la bombeta LED pot arribar a estar encesa 7,5 vegades el temps que pot una halògena i pot fer 2 vegades el nombre de cicles.

1.2.1.2 ELECTRODOMÈSTICS

He preferit ignorar els electrodomèstics estacionals (calefacció i aire condicionat) i ocasionals (forn i vitroceràmica) perquè els resultats podrien variar molt segons l'època de

l'any i d'habitatge. Així que només analitzaré el consum dels electrodomèstics de refrigeri, de roba i rentaplats.

1.2.1.2.1 Nevera

Una nevera consumeix, segons el conegut fabricant d'electrodomèstics Bosch⁸, 0,5kwh/any de mitjana. Però és millor tenir en compte quant consumeix cada model per poder escollir-ne la millor opció. A continuació hi ha un quadre amb les especificacions d'alguns dels models actuals.

<i>Model de nevera</i>	<i>Consum (kWh/any)</i>	<i>Potència (W)</i>	<i>capacitat (l)</i>	<i>Eficàcia (l/W)</i>
<i>KSV36NW30G</i>	112	12,79	346	27,05
<i>KIR81VS30G</i>	116	13,24	319	24,09
<i>KIR41AD30G</i>	105	11,99	211	17,60

Per calcular la potència he partit del consum d'energia de cada nevera durant un any. Després he volgut estimar quina eficiència té cadascuna en litres per watt d'electricitat consumit.

CONCLUSIONS

La capacitat d'una nevera determina molt l'eficàcia d'aquesta. Encara que el cost inicial sigui més elevat per a neveres més grans, a la llarga es podrà estalviar més amb aquestes.

1.2.1.2.2 Congelador

Partint de les especificacions donades pel lloc web de Bosch⁹ he pogut calcular la potència consumida pels congeladors d'aquesta marca. A continuació un quadre amb els resultats.

⁸ *Fridges without freezer section*. Bosch. <http://www.bosch-home.co.uk/products/fridges-freezers/fridges/fridges-without-freezer-section.html> (23/3/2017)

<i>Model de congelador</i>	<i>Consum (kWh /any)</i>	<i>Potència (W)</i>	<i>capacitat (l)</i>	<i>Eficàcia (l/W)</i>
<i>GUD15A50GB</i>	184	21,00	98	4,67
<i>GCM34AW20G</i>	317	36,19	386	10,67
<i>GSN36AW31G</i>	234	26,71	237	8,87
<i>GSN33VW30G</i>	225	25,68	220	8,57

He seguit el mateix mètode per calcular la potència que amb les neveres.

CONCLUSIONS

Els congeladors, igual que les neveres, tenen la seva eficàcia energètica determinada, principalment, per la capacitat de l'electrodomèstic.

1.2.2 INDICADOR D'EFICIÈNCIA

Un indicador d'eficiència, segons el subministrador d'energia a Espanya Iberdrola¹⁰, indica el consum d'un electrodomèstic segons el treball útil que fan en una escala de lletres. A+++ és la categoria amb més eficiència energètica mentre que D és la categoria amb menys. A més a més, dona altres dades sobre el producte. Aquest indicador posa sobre la taula un altre factor a tenir en compte a l'hora de comprar nous aparells.

9 Freezers. Bosch. <http://www.bosch-home.co.uk/products/fridges-freezers/freezers.html> (31/3/2017)

10 Etiqueta energética de electrodomésticos, Iberdrola. <https://www.iberdrola.es/hogar/eficiencia/ahorro/etiquetado-electrodomesticos> (29/4/2017)

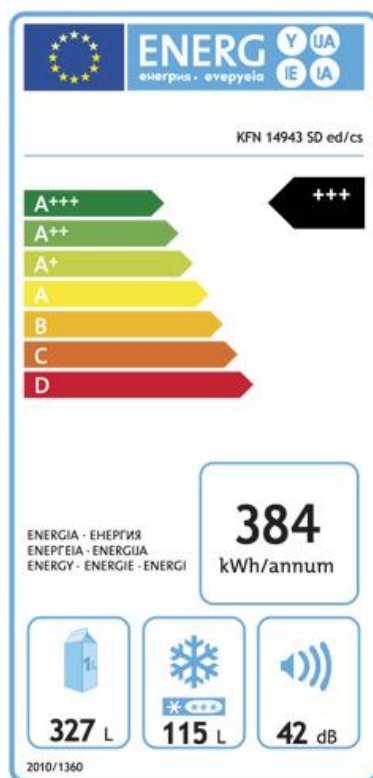


Figura 1

Molts països han incorporat lleis que obliguen als distribuïdors d'electrodomèstics a passar tests d'eficiència dels seus productes. La Unió Europea compta amb un indicador comú per a tots els països membres i econòmicament afiliats (Islàndia, Liechtenstein, Noruega i Suïssa). La Comissió Europea ja té un servei gratuït online per generar aquests indicadors¹¹. Però, aquests indicadors han de seguir unes directrius i reglaments establerts per la Comissió Europea per indicar correctament l'escala d'eficiència energètica¹².

En quant als edificis, a partir de l'1 de juny de 2013 és necessari disposar d'un Certificat d'Eficiència Energètica per les cases que es construeixen i ja existents a l'hora de vendre-

¹¹ Energy Label Generator, Comissió Europea. <http://eepef-energylabelgenerator.eu/> (6/5/2017)

¹² Reglamento Delegado (UE) N° 1060/2010 de la Comisión, EUR-Lex. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010R1060&from=ES> (5/10/2017)

Reglamento Delegado (UE) N° 874/2012 de la Comisión, EUR-Lex. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012R0874&from=ES> (5/10/2017)

les o llogar-les. Aquest certificat és entregat per l'Institut Català d'Energia¹³. Prèviament, però, un professional apte ha d'analitzar les instal·lacions de l'edifici. Un cop un edifici té el certificat se li dona una etiqueta d'eficiència energètica semblant a la dels electrodomèstics. L'eficiència, en aquest cas, es calcula a partir del consum per metre quadrat de l'edifici i per les emissions de CO₂ a l'any.

1.2.3 FACTURA DE LA LLUM

Abans de comparar el cost econòmic dels elements anteriors.

S'ha d'entendre com està estructurada una factura de llum. Aquesta, segons la subministradora d'electricitat de Nova Anglaterra (EUA) Eversource¹⁴, compta amb una comparació del consum de l'últim mes amb els anteriors i la mitjana de l'any passat. També informa sobre la quantitat d'energia consumida durant aquest temps i el cost econòmic d'aquesta.

A l'hora de contractar un servei de subministrament de llum s'ha de tenir en compte dos factors. La potència contractada i l'energia consumida. La primera és un valor fix determinat per la potència que dona la xarxa a l'habitatge. I la segona és un valor variable que depèn de l'electricitat consumida durant un mes¹⁵.

És en aquest segon factor en el que em centraré per calcular el cost econòmic de l'electricitat ja que la potència pot variar segons el tipus de llar i les seves necessitats elèctriques.

1.2.4 CONSUM ECONÒMIC

Amb l'ajuda dels càlculs anteriors i les dades donades per les empreses subministradores es pot saber quant costa el funcionament dels elements de la llar anteriorment esmentats. Abans, però, s'ha de tenir en compte el preu base de l'electricitat segons la subministradora. Les dades han estat extretes de les pàgines de les mateixes empreses. La

¹³ Com obtenir el Certificat d'Eficiència Energètica dels edificis existents, Institut Català d'Energia. http://icaen.gencat.cat/web/.content/20_Energia/24_usos_energia/02_edificis/01_certificacio_eficiencia_energetica/05_informacio_basica_professional/arxius/manual_cee_131009.pdf (6/5/2017)

¹⁴ Understanding my bill, Eversource. <https://www.eversource.com/Content/ema-e/residential/my-account/my-bill/understanding-my-electric-bill> (27/6/2017)

¹⁵ The electric bill, Endesa Educa. https://www.endesaeduca.com/Endesa_educa_Ingles/recursos-interactivos/el-sector-electrico/xx-la-tarifa-electrica (27/6/2017)

potència no depèn del consum energètic i, per tant, no es tindrà en compte. Tampoc es tindrà en compte els plans amb discriminació horària ja que varien segons la subministradora.

<i>Subministradora</i>	<i>Cost Energia (€/kWh)</i>	<i>Cost Potència (€/kW*any)</i>
<i>Iberdrola¹⁶</i>	<i>0,117988</i>	<i>42,043426</i>
<i>Som Energia¹⁷</i>	<i>0,139</i>	<i>38,043426</i>
<i>Gasnatural Fenosa¹⁸</i>	<i>0,141519</i>	<i>42,693426</i>

A continuació el cost econòmic de l'ús de les bombetes i electrodomèstics analitzats anteriorment. Normalment hi ha diferents costos de l'energia depenent de la potència contractada, en aquest cas es parteix de la més baixa ja que m'estic centrant en habitatges relativament petits.

1.2.4.1 BOMBETES

En quant a bombetes, s'ha tingut en compte que aquestes estiguin enceses contínuament durant un mes. Per calcular el cost de la quantitat de llum al mes he fet servir la inversa de la eficàcia i la he multiplicada per 24 i 30 consecutivament per saber els Wh/(lm*mes). Després només m'ha calgut un factor de conversió amb les dades de les subministradores. Falta, però, afegir el cost de la potència per mantenir la bombeta i el cost inicial d'aquest ja que el següent és només un anàlisi del cost econòmic de l'energia. El cost inicial amb iva inclòs de les bombetes halògenes ha estat extret de la botiga digital GetaLamp¹⁹.

¹⁶ Plan Estable, Iberdrola. <https://www.iberdrola.es/hogar/luz/plan-estable> (28/6/2017)

¹⁷ Tarifas d'Electricitat, Som Energia. <https://www.somenergia.coop/ca/tarifas-d-electricitat/#tarifa2.0> (28/6/2017)

¹⁸ Tarifas Estables, gasNatural fenosa.
https://www.gasnaturaalfenosa.es/hogar/luz_o_gas/contratar_luz_o_gas/tarifas_luz_y_gas/tarifas_estables (28/6/2017)

¹⁹ GetaLamp. <https://www.getalamp.es/> (3/8/2017).

1.2.4.1.1 Bombeta Halògena

<i>Model de bombeta</i>	<i>Cost Inicial (€)</i>	<i>Consum d'energia (kWh /mes)</i>	<i>Cost amb Iberdrola (€/mes)</i>	<i>Cost amb Som Energia (€/mes)</i>	<i>Cost amb GasNatural fenosa (€/mes)</i>	<i>Cost de la quantitat de llum amb Iberdrola (€/klm*mes)</i>	<i>Cost de la quantitat de llum amb Som Energia (€/klm*mes)</i>	<i>Cost de la quantitat de llum amb GasNatural (€/klm*mes)</i>
<i>HAL CL A 20W 230V E27</i>	1,34	3,650	0,43	0,50	0,52	7,23	8,52	8,67
<i>HAL CL A 30W 230V E27</i>	1,52	5,475	0,65	0,76	0,77	6,29	7,41	7,55
<i>HAL CL A 30W 240V E27</i>	NAN	5,475	0,65	0,76	0,77	6,29	7,41	7,55
<i>HAL CL A 46W 230V E27</i>	1,34	8,395	0,99	1,17	1,19	5,59	6,58	6,70
<i>HAL CL A 46W 240V E27</i>	NAN	8,395	0,99	1,17	1,19	5,59	6,58	6,70
<i>HAL CL A 46W 240V B22D</i>	NAN	8,395	0,99	1,17	1,19	5,59	6,58	6,70
<i>HAL CL A 57W 240V E27</i>	NAN	10,403	1,23	1,45	1,47	5,28	6,22	6,33
<i>HAL CL A 57W 230V E27</i>	1,34	10,403	1,23	1,45	1,47	5,28	6,22	6,33
<i>HAL CL A 77W 230V E27</i>	NAN	14,053	1,66	1,95	1,99	4,97	5,85	5,96
<i>HAL CL A 116W 230V E27</i>	2,13	21,17	2,50	2,94	3,00	4,61	5,44	5,5377

1.2.4.1.2 Bombeta LED

Model de bombeta	Cost Inicial (€) ²⁰	Consum d'energia (kWh /mes)	Cost amb Iberdrola (€/mes)	Cost amb Som Energia (€/mes)	Cost amb GasNatural fenosa (€/mes)	Cost de la quantitat de llum amb Iberdrola (€/klm*mes))	Cost de la quantitat de llum amb Som Energia (€/klm*mes))	Cost de la quantitat de llum amb GasNatural (€/klm*mes))
LED STAR CLASSIC A 8W CL	8,94	1,461	0,17	0,20	0,21	0,84	0,99	1,1
LED STAR CLASSIC A 8W FR	NAN	1,461	0,17	0,20	0,21	0,84	0,99	1,1

CONCLUSIONS

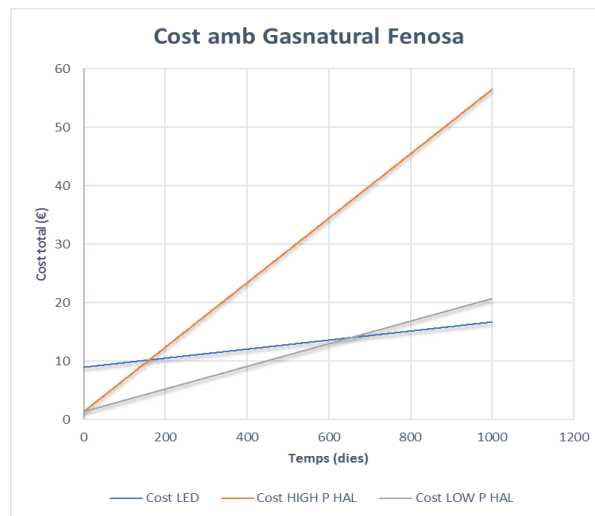
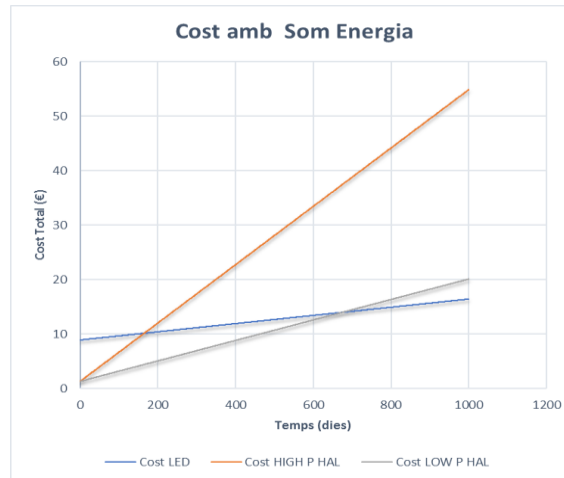
Amb l'ajuda dels càlculs es pot observar que a mesura que augmenta el consum de la bombeta més disminueix el cost per mantenir-la.

1.2.4.1.3 Gràfics

A continuació una representació gràfica del cost total en euros segons la companyia i el tipus de bombeta durant un període de 3 mesos. D'aquesta manera es pot visualitzar millor la diferència de costos. Les bombetes analitzades són: 1 LED (8W), 1 Halògena d'alta potència (57W) i 1 Halògena de baixa potència (20W). En aquest cas sí que es té en compte el cost inicial de les bombetes i el preu de la potència per mantenir-les.



²⁰ 10W LED STAR CLASSIC A 60 E27 CL CÁLIDO 806Lm, VirtualLeds. <http://www.virtualleds.com/es/casquillo-grande-e27/756-10w-led-star-classic-a-60-e27-cl-calido-806lm-4052899149267.html> (4/8/2017).



CONCLUSIONS

L'alt consum de la bombeta de 57W la converteix en una opció poc viable quan s'utilitza intensivament. Però, és una bona opció si es vol comprar una bombeta a baix cost que no s'utilitzi gaire.

La bombeta de 20W permet un cost reduït amb un consum moderat, fet que la converteix en la millor opció per una bombeta de baix cost ja que ambdós bombetes de 57W i 20W costen el mateix.

En quant a la bombeta LED de 8W, encara que sigui la més cara permet un estalvi de 3-4€ o 35-40€ en comparació amb les de 20W i 57W, respectivament. És la opció preferible a l'hora d'adquirir una bombeta que se'n faci un ús molt intensiu.

1.2.4.2 ELECTRODOMÈSTICS

A continuació he realitzat un anàlisi del consum econòmic dels electrodomèstics esmentats en l'apartat de consum energètic. Falta, però, afegir el cost de la potència per mantenir l'electrodomèstic ja que el següent és només un anàlisi del cost econòmic de l'energia. En aquest cas es pot veure el cost inicial de l'electrodomèstic extret de la pàgina de Bosch²¹

1.2.4.2.1 Nevera

<i>Model de nevera</i>	<i>Cost Inicial (€)</i>	<i>Consum (kWh /mes)</i>	<i>Cost amb Iberdrola (€/mes)</i>	<i>Cost amb Som Energia (€/mes)</i>	<i>Cost amb GasNatural fenosa (€/mes)</i>	<i>Cost de la capacitat amb Iberdrola (€/kl*mes)</i>	<i>Cost de la capacitat amb Som Energia (€/kl*mes)</i>	<i>Cost de la capacitat amb GasNatural (€/kl*mes)</i>
<i>KSV36NW30G</i>	751,82	9,33	1,10	1,30	1,32	3,14	3,70	3,77
<i>KIR81VS30G</i>	987,81	9,66	1,14	1,34	1,37	3,53	4,15	4,23
<i>KIR41AD30G</i>	853,00	8,75	1,03	1,22	1,24	4,83	5,69	5,79

1.2.4.2.2 Congelador

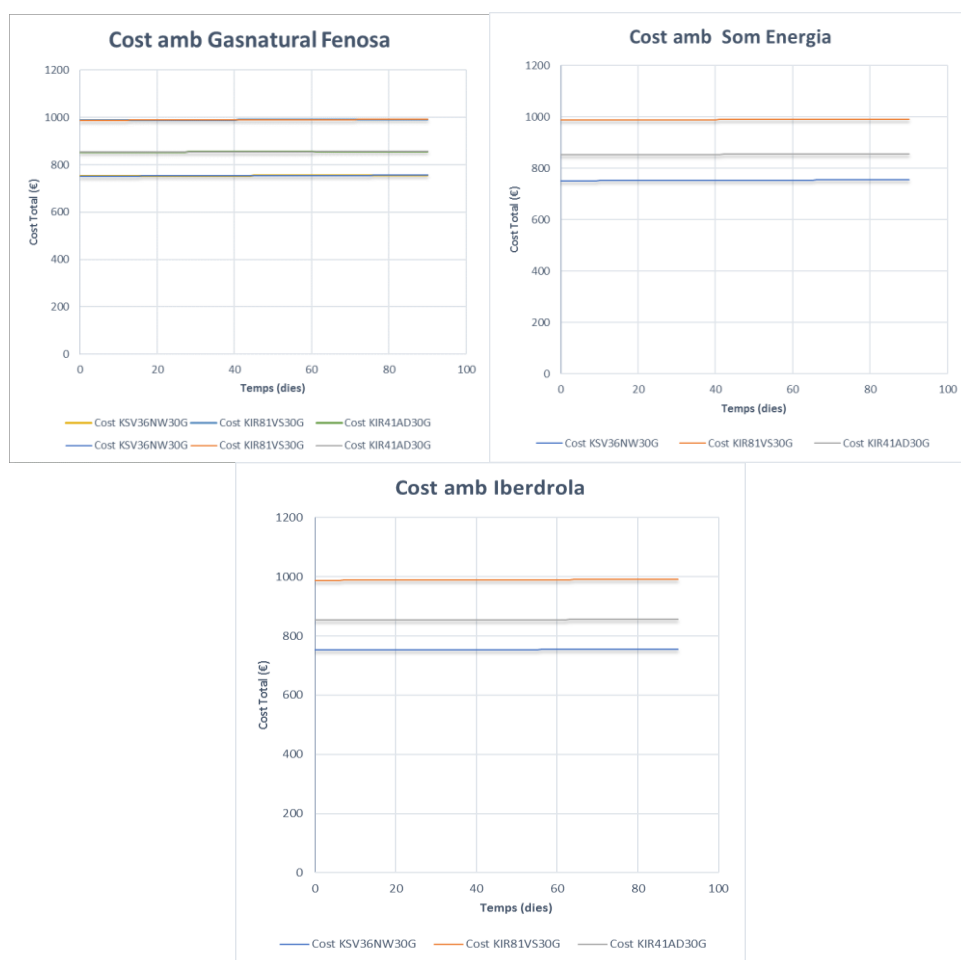
<i>Model de congelador</i>	<i>Cost Inicial (€)</i>	<i>Consum (kWh /mes)</i>	<i>Cost amb Iberdrola (€/mes)</i>	<i>Cost amb Som Energia (€/mes)</i>	<i>Cost amb GasNatural fenosa (€/mes)</i>	<i>Cost de la capacitat amb Iberdrola (€/kl*mes)</i>	<i>Cost de la capacitat amb Som Energia (€/kl*mes)</i>	<i>Cost de la capacitat amb GasNatural (€/kl*mes)</i>
<i>GUD15A50GB</i>	560,77	15,3	1,80	2,13	2,17	18,19	21,43	21,82
<i>GCM34AW20G</i>	684,39	26,42	3,12	3,67	3,74	7,96	9,38	9,55
<i>GSN36AW31G</i>	931,62	19,5	2,30	2,71	2,76	9,58	11,28	11,49
<i>GSN33VW30G</i>	808,00	18,75	2,21	2,60	2,65	9,91	11,68	11,89

21 Freezers. Bosch. <http://www.bosch-home.co.uk/products/fridges-freezers/> (27/7/2017) Nota: La pàgina és anglesa. Per tant s'ha fet la conversió de moneda del mateix dia (1,12379027€/£).

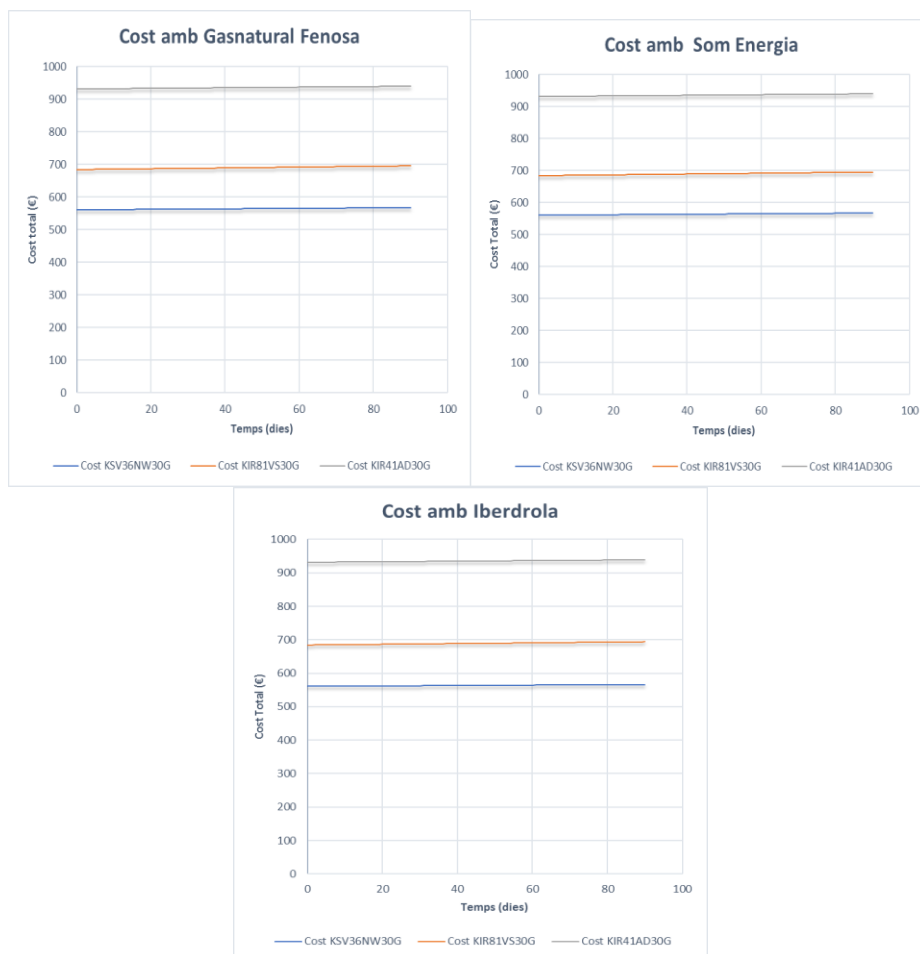
1.2.4.2.3 Gràfics

A continuació els gràfics per veure, visualment, el cost total per tenir un congelador o nevera encès. S'ha tingut en compte el preu inicial, la potència i l'energia consumida. S'han fet tants gràfics com subministradores analitzades.

NEVERES



CONGELADORS



CONCLUSIONS

Malauradament, no es pot veure una gran diferència entre el consum d'aquests electrodomèstics. Per tant, els congeladors i neveres analitzats no són gaire diferents en quant a cost de consum elèctric i potència. Però, el que sí és important tenir en compte és el cost energètic per unitat de volum ja que amb més eficiència energètica es consumeix menys energia per la mateixa capacitat.

2. DOMÒTICA

2.1 QUÈ ÉS LA DOMÒTICA?

La domòtica o Home Automation és, segons el servei de domòtica Petro²², és el sistema que connecta i automatitza els electrodomèstics d'un habitatge mitjançant una xarxa. Gràcies a aquest sistema un pot monitoritzar tots els dispositius elèctrics de la casa per aconseguir un ús més eficient d'aquests.

2.2 DIFERENTS APLICACIONS DE LA DOMÒTICA

Partint de la visita que vaig dur a terme a EspaiZero²³ durant el Jove Campus de Recerca²⁴ puc explicar les diferents aplicacions de la domòtica. EspaiZero és un projecte de Wattia²⁵ per aconseguir un habitatge amb consum zero. És a dir, produir la mateixa energia que es gasta.

Per començar, existeixen dos tipus de sistemes d'estalvi d'energia aplicats: els passius i els actius. Molts d'aquests sistemes estan explicats en el *sites* d'EspaiZero²⁶.

2.2.1 SISTEMES PASSIUS

Els sistemes passius són els que no depenen d'una intervenció d'energia externa (motor elèctric o vàlvula, per exemple). Alguns d'aquests són:

- Orientació: A l'hora d'instal·lar un sistema domòtic és important saber l'orientació de l'edifici. Això es deu a que a l'estiu aquest no ha de rebre tanta llum solar i que a l'hivern n'ha de rebre més.
- Aïllament: Per evitar pèrdues d'energia per irradiació de calor cal tenir unes parets que puguin aïllar la calor interior o exterior. També és important l'ús de finestres dobles o triples.

22 What is home Automation? Petro, Home Services Automation. <http://smarthome.petro.com/what-is-home-automation/> (5/2/2017)

23 EspaiZero, Wattia. <http://www.wattia.cat/espaizerol/> (31/7/2017)

24 10è Jove Campus de Recerca. <https://10jcr17.wordpress.com/> (31/7/2017)

25 Wattia Innova. <http://www.wattia.cat/> (31/7/2017)

26 EspaiZero. <https://sites.google.com/site/renovablezero/> (31/7/2017)

- Captació solar: La captació solar, a diferència dels panells solars, consisteix en utilitzar la radiació solar per escalfar aigua. Aquesta es pot guardar després en “piles” per utilitzar-la quan es necessiti.
- Il·luminació natural: Per evitar utilitzar energia és preferible valdre's de la il·luminació de l'exterior.
- Organització de les habitacions: Una bona organització de les habitacions permet una distribució equitativa de la calor per evitar-ne acumulació i, així, evitar pèrdues d'energia.

2.2.2 SISTEMES ACTIUS

Els sistemes actius són els que depenen d'una intervenció d'energia externa. Aquesta pot ésser automatitzada, com es farà més endavant en aquest treball, mitjançant un ordinador central. Alguns dels sistemes actius són:

- Cortines i persianes automàtiques: Aquestes pugen o baixen segons la temperatura exterior per evitar la utilització de condicionament de l'aire interior.
- Sistema de geotèrmia: Un sistema que utilitza la temperatura del sòl per recollir escalfor per després utilitzar-la. L'aigua descendeix mitjançant un tub i aquest, a 100 metres de fondària, l'escalfa uns pocs graus per, després, ésser bombejada i emmagatzemada en una pila d'aigua.
- Piles d'aigua: Recipients aïllats d'aigua freda i calenta que funcionen com a reserves. L'aigua d'aquestes piles s'utilitza quan no n'hi ha de generada.
- Terra radiant i sostre refrescant: Dos sistemes que funcionen de manera molt semblant. Consisteix en alliberar calor mitjançant tubs d'aigua calenta (en el cas del terra radiant) o frescor mitjançant aire fresc per un sistema de ventilació (en el cas del sostre refrescant). Com que l'aire calent sempre puja i l'aire fred sempre baixa, quant més temps aquest (sigui fred o calent) estigui a la sala més energia s'estalviarà.
- Pou canadenc o provençal: Aquest sistema consisteix en utilitzar un el subsòl per obtenir aire calent o fred, segons l'estació. Això es deu a que el subsòl es manté a una temperatura constant durant tot l'any i, mitjançant un conducte llarg

horitzontal, es pot escalfar o refredar l'aire de l'exterior per utilitzar-lo en un habitatge.

- **Xemeneia solar:** A partir de l'escalfament de l'aire amb un tub vertical on s'irradia llum solar, es pot aconseguir una succió a la base d'aquest tub. D'aquesta manera s'aconsegueix una ventilació constant. En cas de no haver-hi llum solar es pot utilitzar aigua calenta de les piles dispensada per un serpentí al voltant de la xemeneia.
- **Plaques solars fotovoltaïques:** Panells solars que, mitjançant el procés fotoelèctric (la llum carrega d'energia els electrons), generen electricitat per després ser emmagatzemada en bateries.
- **Panells solars:** Utilitzant la radiació solar poden escalfar aire i aigua que poden ésser utilitzats en el mateix moment o emmagatzemats per a un ús futur.
- **Bateries elèctriques:** Són bateries que emmagatzemen electricitat per quan no hi hagi subministrament mitjançant les fonts d'energia disponibles.
- **Il·luminació interior intel·ligent:** Mitjançant l'ús de bombetes LED i sensors de llum, es pot utilitzar un sistema automàtic per regular la llum interior segons la llum que es rep de l'exterior. Normalment aquest sistema s'utilitza conjuntament amb les persianes i cortines intel·ligents.

2.2.3 ORDINADOR CENTRAL

Tot sistema domòtic ha d'estar integrat en un ordinador central que permeti administrar els diferents sistemes actius des d'un terminal. Aquest permet dur a terme tasques coordinades per un major aprofitament de l'energia i configurar els diferents paràmetres del sistema. També es pot configurar l'ordinador central perquè pugui fer, automàticament, un conjunt d'accions seguides només amb una ordre.

3. EXPERIMENTS

3.1 SITUACIÓ REAL 1

3.1.1 EN QUÈ CONSISTEIX?

Consisteix en mesurar l'evolució de la temperatura i humitat de dues habitacions amb la mateixa orientació, localització i volum. La diferència de les habitacions recau en que una roman amb la persiana a mitja alçada mentre que l'altra rep una força exterior (humana) per regular la llum que entra pujant i baixant les persianes i les cortines. D'aquesta manera es pot simular l'ús d'un sistema domòtic. Després de la recollida de dades es calcula la diferència del cost energètic i econòmic per refrigerar entre les dues habitacions.

3.1.2 QUÈ S'ESPERA?

Poder demostrar que amb l'ajuda de sistemes automatitzats (domòtica) es pot estalviar energia i, per tant, diners. Això s'aconsegueix simulant un element domòtic.

3.1.3 COM S'HA FET?

Els elements emprats per fer aquesta pràctica són:

- Dues habitacions: Una de casa meva (habitació A) i l'altra de casa la meva àvia (habitació B), ambdues en el mateix carrer (c/ Ausiàs March, Porqueres) separades per 30m aproximadament, que són adossades i, per tant, són idèntiques en estructura interna. Les habitacions, que no han estat ocupades durant l'experiment, són la de més a l'esquerra tocant al carrer. El seu volum és de 24m^3 , aproximadament.
- Dos aparells enregistradors digitals: Aparells amb la funció d'enregistrar l'evolució de la temperatura i la humitat durant un lapse de temps. En aquest cas s'ha utilitzat el model THC-4 d'Inkbird²⁷.

27 THC-4, Inkbird. <http://www.ink-bird.com/products-data-logger-thc4.html> (10/7/2017)

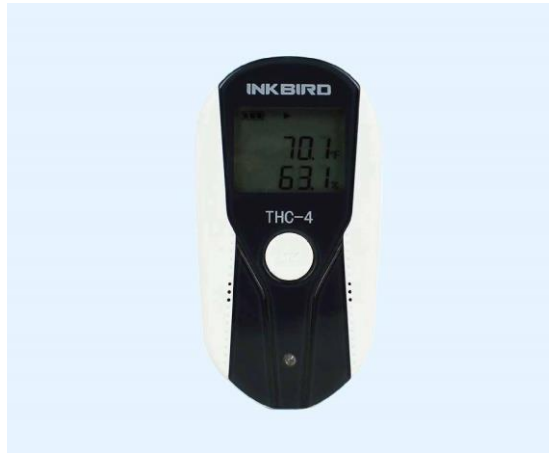


Figura 2

El procediment és el següent:

1. Es mesura l'evolució de la temperatura i humitat de les dues habitacions durant una setmana (11-17/8/2017). Els aparells enregistradors es situen a l'ombra per evitar que aquests s'escalfin per la llum directa del sol.
2. Cada dues hores es canvia la posició de la persiana d'una de les dues habitacions per intentar mantenir un nivell de llum solar constant. En aquest cas pot ocupar 1,2 o 3 terços de la finestra. Aquest canvi de posició es fa manualment, imitant un sistema domòtic. En posteriors experiments es resol aquest problema.
3. Després de l'enregistrament de les dades es calcula quina és la massa dels gasos a les habitacions sabent la mida d'aquestes, la composició de l'aire en massa, la pressió, humitat, temperatura mitjanes i masses molars (massa que té $6,023 \cdot 10^{23}$ àtoms o molècules en grams de cada gas). Per veure el procediment complet podeu consultar l'*Annex 1*.
4. Ja sabent quina és la massa dels diferents gasos a les dues habitacions, es pot saber quanta energia calorífica hi ha. Aquesta dada es pot trobar si també se sap la calor específica: la quantitat d'energia necessària per alterar un $^{\circ}\text{C}$ per unitat de massa. Després es pot comparar la diferència d'energia entre les dues habitacions. No és una dada gaire important però és interessant veure aquesta diferència. A l'*Annex 2* hi ha el full de càlcul que s'ha utilitzat
5. Amb l'ajuda de les dades tècniques de varis aparells d'aire condicionat, es pot saber quant costaria, energèticament, baixar la temperatura de l'habitació en cada

moment i, després, mantenir-la. A l'Annex 8 podeu consultar els models més comuns i les seves característiques tècniques més rellevants per a l'experiment. S'ha de tenir en compte que les dades proporcionades pels fabricants són, quasi sempre, en *British Thermal Unit*²⁸ (1BTU/h = 0,00029307107kW). Per tant, s'han passat les dades a kW per facilitar els càlculs posteriors. La llista completa d'aparells d'aire condicionat la podeu trobar a l'Annex 8.

Per a fer els càlculs de l'experiment s'ha utilitzat el model RAK-25PPB de Hitachi. És un model bastant petit fet per espais poc amplis.

<i>Model d'aire condicionat²⁹</i>	<i>Marca</i>	<i>Capacitat de refrigerac ió (BTU/h)</i>	<i>Potència útil màxima (kW)</i>	<i>Potència consumida (kW)</i>	<i>Rendiment (%)</i>
RAK-25PPB	HITACHI	7507	3,10	2,50	124,0

6. I, finalment, es pot calcular el cost econòmic i energètic de dues fases: refrigerar l'habitació fins a una temperatura de objectiu (temperatura de confort) i mantenir aquesta.
 - a. El càlcul de la primera fase consisteix en descobrir la quantitat d'energia per refrigerar la temperatura de les habitacions a una temperatura objectiu.
 - b. El càlcul de la segona fase consisteix en calcular la potència lumínica que entra per la finestra de les dues habitacions i en trobar la potència que irradia la paret. La potència útil de l'aire condicionat és equivalent a la potència que entra. Per tant, només fa falta saber les primeres per determinar la diferència.

²⁸ British thermal unit, Dictionary.com. <http://www.dictionary.com/browse/btu> (5/10/2017)

²⁹ Fresh and Cool Air, Samsung. <http://www.samsung.com/levant/air-conditioners/all-air-conditioners/> (25/8/2017)

LG Air Conditioners, LG. <http://www.lg.com/my/air-conditioners> (25/8/2017)

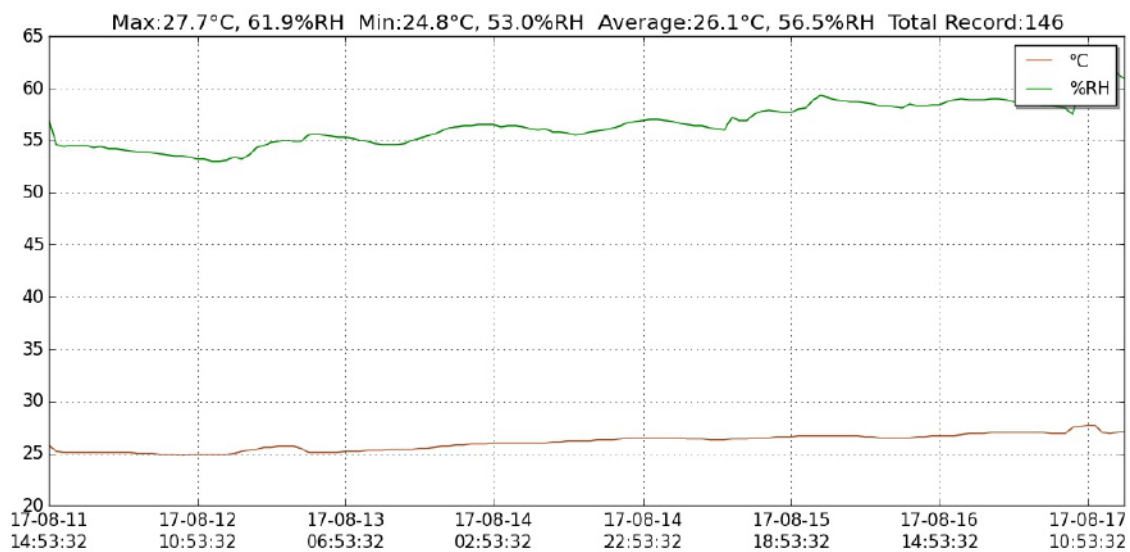
Hitachi Air Conditioning, Hitachi. <https://www.hitachiaircon.com/argws/servlet/FileViewer?groupID=1127&langID=1> (26/8/2017)

3.1.4 RESULTATS

A continuació hi ha els resultats de l'experiment. Les dades recollides són la temperatura i la humitat. S'ha fet una lectura d'aquests dos valors cada 60 minuts durant una setmana.

3.1.4.1 HABITACIÓ A

THC-4



THC-4

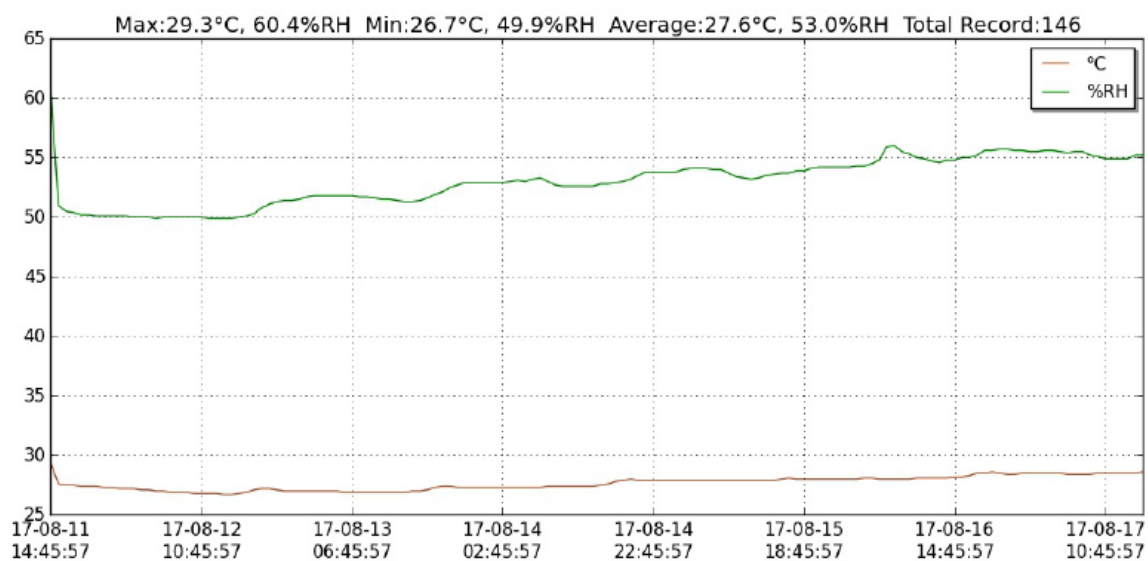
1	2017-08-11 14:53:32	25.8 °C	57.0 %	2	2017-08-11 15:53:32	25.2 °C	54.6 %
3	2017-08-11 16:53:32	25.1 °C	54.4 %	4	2017-08-11 17:53:32	25.1 °C	54.5 %
5	2017-08-11 18:53:32	25.1 °C	54.5 %	6	2017-08-11 19:53:32	25.1 °C	54.5 %
7	2017-08-11 20:53:32	25.1 °C	54.3 %	8	2017-08-11 21:53:32	25.1 °C	54.4 %
9	2017-08-11 22:53:32	25.1 °C	54.2 %	10	2017-08-11 23:53:32	25.1 °C	54.2 %
11	2017-08-12 00:53:32	25.1 °C	54.1 %	12	2017-08-12 01:53:32	25.1 °C	54.0 %
13	2017-08-12 02:53:32	25.0 °C	53.9 %	14	2017-08-12 03:53:32	25.0 °C	53.9 %
15	2017-08-12 04:53:32	25.0 °C	53.8 %	16	2017-08-12 05:53:32	24.9 °C	53.7 %
17	2017-08-12 06:53:32	24.9 °C	53.6 %	18	2017-08-12 07:53:32	24.9 °C	53.5 %
19	2017-08-12 08:53:32	24.8 °C	53.5 %	20	2017-08-12 09:53:32	24.9 °C	53.4 %
21	2017-08-12 10:53:32	24.9 °C	53.2 %	22	2017-08-12 11:53:32	24.9 °C	53.2 %
23	2017-08-12 12:53:32	24.9 °C	53.0 %	24	2017-08-12 13:53:32	24.9 °C	53.0 %
25	2017-08-12 14:53:32	24.9 °C	53.1 %	26	2017-08-12 15:53:32	25.0 °C	53.4 %
27	2017-08-12 16:53:32	25.2 °C	53.2 %	28	2017-08-12 17:53:32	25.3 °C	53.6 %
29	2017-08-12 18:53:32	25.4 °C	54.3 %	30	2017-08-12 19:53:32	25.6 °C	54.5 %
31	2017-08-12 20:53:32	25.6 °C	54.8 %	32	2017-08-12 21:53:32	25.7 °C	54.9 %
33	2017-08-12 22:53:32	25.7 °C	55.0 %	34	2017-08-12 23:53:32	25.7 °C	54.9 %
35	2017-08-13 00:53:32	25.5 °C	54.9 %	36	2017-08-13 01:53:32	25.1 °C	55.5 %
37	2017-08-13 02:53:32	25.1 °C	55.6 %	38	2017-08-13 03:53:32	25.1 °C	55.5 %
39	2017-08-13 04:53:32	25.1 °C	55.4 %	40	2017-08-13 05:53:32	25.1 °C	55.3 %
41	2017-08-13 06:53:32	25.2 °C	55.3 %	42	2017-08-13 07:53:32	25.2 °C	55.2 %
43	2017-08-13 08:53:32	25.2 °C	55.0 %	44	2017-08-13 09:53:32	25.3 °C	54.9 %
45	2017-08-13 10:53:32	25.3 °C	54.7 %	46	2017-08-13 11:53:32	25.3 °C	54.6 %
47	2017-08-13 12:53:32	25.4 °C	54.6 %	48	2017-08-13 13:53:32	25.4 °C	54.6 %
49	2017-08-13 14:53:32	25.4 °C	54.7 %	50	2017-08-13 15:53:32	25.4 °C	55.0 %
51	2017-08-13 16:53:32	25.5 °C	55.2 %	52	2017-08-13 17:53:32	25.5 °C	55.4 %
53	2017-08-13 18:53:32	25.6 °C	55.6 %	54	2017-08-13 19:53:32	25.7 °C	55.9 %
55	2017-08-13 20:53:32	25.7 °C	56.2 %	56	2017-08-13 21:53:32	25.8 °C	56.3 %
57	2017-08-13 22:53:32	25.8 °C	56.4 %	58	2017-08-13 23:53:32	25.9 °C	56.4 %
59	2017-08-14 00:53:32	25.9 °C	56.5 %	60	2017-08-14 01:53:32	25.9 °C	56.5 %
61	2017-08-14 02:53:32	26.0 °C	56.5 %	62	2017-08-14 03:53:32	26.0 °C	56.3 %
63	2017-08-14 04:53:32	26.0 °C	56.4 %	64	2017-08-14 05:53:32	26.0 °C	56.4 %
65	2017-08-14 06:53:32	26.0 °C	56.3 %	66	2017-08-14 07:53:32	26.0 °C	56.1 %
67	2017-08-14 08:53:32	26.0 °C	56.0 %	68	2017-08-14 09:53:32	26.0 °C	56.1 %
69	2017-08-14 10:53:32	26.1 °C	55.8 %	70	2017-08-14 11:53:32	26.1 °C	55.8 %
71	2017-08-14 12:53:32	26.2 °C	55.7 %	72	2017-08-14 13:53:32	26.2 °C	55.5 %
73	2017-08-14 14:53:32	26.2 °C	55.6 %	74	2017-08-14 15:53:32	26.2 °C	55.8 %
75	2017-08-14 16:53:32	26.3 °C	55.9 %	76	2017-08-14 17:53:32	26.3 °C	56.0 %
77	2017-08-14 18:53:32	26.3 °C	56.2 %	78	2017-08-14 19:53:32	26.4 °C	56.4 %
79	2017-08-14 20:53:32	26.5 °C	56.7 %	80	2017-08-14 21:53:32	26.5 °C	56.8 %

THC-4

81	2017-08-14 22:53:32	26.5 °C	56.9 %	82	2017-08-14 23:53:32	26.5 °C	57.0 %
83	2017-08-15 00:53:32	26.5 °C	57.0 %	84	2017-08-15 01:53:32	26.5 °C	56.9 %
85	2017-08-15 02:53:32	26.5 °C	56.8 %	86	2017-08-15 03:53:32	26.5 °C	56.6 %
87	2017-08-15 04:53:32	26.4 °C	56.5 %	88	2017-08-15 05:53:32	26.4 °C	56.4 %
89	2017-08-15 06:53:32	26.4 °C	56.4 %	90	2017-08-15 07:53:32	26.3 °C	56.2 %
91	2017-08-15 08:53:32	26.3 °C	56.1 %	92	2017-08-15 09:53:32	26.3 °C	56.0 %
93	2017-08-15 10:53:32	26.4 °C	57.2 %	94	2017-08-15 11:53:32	26.4 °C	56.9 %
95	2017-08-15 12:53:32	26.4 °C	56.9 %	96	2017-08-15 13:53:32	26.5 °C	57.5 %
97	2017-08-15 14:53:32	26.5 °C	57.8 %	98	2017-08-15 15:53:32	26.5 °C	57.9 %
99	2017-08-15 16:53:32	26.6 °C	57.8 %	100	2017-08-15 17:53:32	26.6 °C	57.7 %
101	2017-08-15 18:53:32	26.6 °C	57.7 %	102	2017-08-15 19:53:32	26.7 °C	58.0 %
103	2017-08-15 20:53:32	26.7 °C	58.1 %	104	2017-08-15 21:53:32	26.7 °C	58.9 %
105	2017-08-15 22:53:32	26.7 °C	59.3 %	106	2017-08-15 23:53:32	26.7 °C	59.1 %
107	2017-08-16 00:53:32	26.7 °C	58.9 %	108	2017-08-16 01:53:32	26.7 °C	58.8 %
109	2017-08-16 02:53:32	26.7 °C	58.7 %	110	2017-08-16 03:53:32	26.7 °C	58.7 %
111	2017-08-16 04:53:32	26.6 °C	58.6 %	112	2017-08-16 05:53:32	26.6 °C	58.5 %
113	2017-08-16 06:53:32	26.5 °C	58.3 %	114	2017-08-16 07:53:32	26.5 °C	58.3 %
115	2017-08-16 08:53:32	26.5 °C	58.2 %	116	2017-08-16 09:53:32	26.5 °C	58.1 %
117	2017-08-16 10:53:32	26.5 °C	58.5 %	118	2017-08-16 11:53:32	26.6 °C	58.3 %
119	2017-08-16 12:53:32	26.6 °C	58.3 %	120	2017-08-16 13:53:32	26.7 °C	58.4 %
121	2017-08-16 14:53:32	26.7 °C	58.4 %	122	2017-08-16 15:53:32	26.7 °C	58.7 %
123	2017-08-16 16:53:32	26.7 °C	58.9 %	124	2017-08-16 17:53:32	26.8 °C	59.0 %
125	2017-08-16 18:53:32	26.9 °C	58.9 %	126	2017-08-16 19:53:32	26.9 °C	58.9 %
127	2017-08-16 20:53:32	26.9 °C	58.9 %	128	2017-08-16 21:53:32	27.0 °C	59.0 %
129	2017-08-16 22:53:32	27.0 °C	59.0 %	130	2017-08-16 23:53:32	27.0 °C	58.9 %
131	2017-08-17 00:53:32	27.0 °C	58.7 %	132	2017-08-17 01:53:32	27.0 °C	58.6 %
133	2017-08-17 02:53:32	27.0 °C	58.5 %	134	2017-08-17 03:53:32	27.0 °C	58.4 %
135	2017-08-17 04:53:32	27.0 °C	58.3 %	136	2017-08-17 05:53:32	26.9 °C	58.3 %
137	2017-08-17 06:53:32	26.9 °C	58.2 %	138	2017-08-17 07:53:32	26.9 °C	58.1 %
139	2017-08-17 08:53:32	27.5 °C	57.5 %	140	2017-08-17 09:53:32	27.6 °C	60.0 %
141	2017-08-17 10:53:32	27.7 °C	59.7 %	142	2017-08-17 11:53:32	27.7 °C	60.7 %
143	2017-08-17 12:53:32	27.0 °C	61.8 %	144	2017-08-17 13:53:32	26.9 °C	61.9 %
145	2017-08-17 14:53:32	27.0 °C	61.4 %	146	2017-08-17 15:53:32	27.1 °C	60.9 %

3.1.4.2 HABITACIÓ B

THC-4



THC-4

1	2017-08-11 14:45:57	29.3 °C	60.4 %	2	2017-08-11 15:45:57	27.6 °C	51.0 %
3	2017-08-11 16:45:57	27.5 °C	50.5 %	4	2017-08-11 17:45:57	27.5 °C	50.4 %
5	2017-08-11 18:45:57	27.4 °C	50.2 %	6	2017-08-11 19:45:57	27.4 °C	50.2 %
7	2017-08-11 20:45:57	27.4 °C	50.1 %	8	2017-08-11 21:45:57	27.3 °C	50.1 %
9	2017-08-11 22:45:57	27.3 °C	50.1 %	10	2017-08-11 23:45:57	27.2 °C	50.1 %
11	2017-08-12 00:45:57	27.2 °C	50.1 %	12	2017-08-12 01:45:57	27.2 °C	50.0 %
13	2017-08-12 02:45:57	27.1 °C	50.0 %	14	2017-08-12 03:45:57	27.1 °C	50.0 %
15	2017-08-12 04:45:57	27.0 °C	49.9 %	16	2017-08-12 05:45:57	27.0 °C	50.0 %
17	2017-08-12 06:45:57	26.9 °C	50.0 %	18	2017-08-12 07:45:57	26.9 °C	50.0 %
19	2017-08-12 08:45:57	26.9 °C	50.0 %	20	2017-08-12 09:45:57	26.8 °C	50.0 %
21	2017-08-12 10:45:57	26.8 °C	50.0 %	22	2017-08-12 11:45:57	26.8 °C	49.9 %
23	2017-08-12 12:45:57	26.8 °C	49.9 %	24	2017-08-12 13:45:57	26.7 °C	49.9 %
25	2017-08-12 14:45:57	26.7 °C	49.9 %	26	2017-08-12 15:45:57	26.8 °C	50.0 %
27	2017-08-12 16:45:57	26.9 °C	50.1 %	28	2017-08-12 17:45:57	27.1 °C	50.3 %
29	2017-08-12 18:45:57	27.2 °C	50.8 %	30	2017-08-12 19:45:57	27.2 °C	51.1 %
31	2017-08-12 20:45:57	27.1 °C	51.3 %	32	2017-08-12 21:45:57	27.0 °C	51.4 %
33	2017-08-12 22:45:57	27.0 °C	51.4 %	34	2017-08-12 23:45:57	27.0 °C	51.5 %
35	2017-08-13 00:45:57	27.0 °C	51.7 %	36	2017-08-13 01:45:57	27.0 °C	51.8 %
37	2017-08-13 02:45:57	27.0 °C	51.8 %	38	2017-08-13 03:45:57	27.0 °C	51.8 %
39	2017-08-13 04:45:57	27.0 °C	51.8 %	40	2017-08-13 05:45:57	26.9 °C	51.8 %
41	2017-08-13 06:45:57	26.9 °C	51.8 %	42	2017-08-13 07:45:57	26.9 °C	51.7 %
43	2017-08-13 08:45:57	26.9 °C	51.7 %	44	2017-08-13 09:45:57	26.9 °C	51.6 %
45	2017-08-13 10:45:57	26.9 °C	51.5 %	46	2017-08-13 11:45:57	26.9 °C	51.5 %
47	2017-08-13 12:45:57	26.9 °C	51.4 %	48	2017-08-13 13:45:57	26.9 °C	51.3 %
49	2017-08-13 14:45:57	27.0 °C	51.3 %	50	2017-08-13 15:45:57	27.0 °C	51.4 %
51	2017-08-13 16:45:57	27.1 °C	51.6 %	52	2017-08-13 17:45:57	27.3 °C	51.9 %
53	2017-08-13 18:45:57	27.4 °C	52.1 %	54	2017-08-13 19:45:57	27.4 °C	52.5 %
55	2017-08-13 20:45:57	27.3 °C	52.7 %	56	2017-08-13 21:45:57	27.3 °C	52.9 %
57	2017-08-13 22:45:57	27.3 °C	52.9 %	58	2017-08-13 23:45:57	27.3 °C	52.9 %
59	2017-08-14 00:45:57	27.3 °C	52.9 %	60	2017-08-14 01:45:57	27.3 °C	52.9 %
61	2017-08-14 02:45:57	27.3 °C	52.9 %	62	2017-08-14 03:45:57	27.3 °C	53.0 %
63	2017-08-14 04:45:57	27.3 °C	53.1 %	64	2017-08-14 05:45:57	27.3 °C	53.0 %
65	2017-08-14 06:45:57	27.3 °C	53.2 %	66	2017-08-14 07:45:57	27.3 °C	53.3 %
67	2017-08-14 08:45:57	27.4 °C	53.0 %	68	2017-08-14 09:45:57	27.4 °C	52.7 %
69	2017-08-14 10:45:57	27.4 °C	52.6 %	70	2017-08-14 11:45:57	27.4 °C	52.6 %
71	2017-08-14 12:45:57	27.4 °C	52.6 %	72	2017-08-14 13:45:57	27.4 °C	52.6 %
73	2017-08-14 14:45:57	27.4 °C	52.6 %	74	2017-08-14 15:45:57	27.5 °C	52.8 %
75	2017-08-14 16:45:57	27.6 °C	52.8 %	76	2017-08-14 17:45:57	27.8 °C	52.9 %
77	2017-08-14 18:45:57	27.9 °C	53.0 %	78	2017-08-14 19:45:57	28.0 °C	53.2 %
79	2017-08-14 20:45:57	27.9 °C	53.5 %	80	2017-08-14 21:45:57	27.9 °C	53.8 %

THC-4

81	2017-08-14 22:45:57	27.9 °C	53.8 %	82	2017-08-14 23:45:57	27.9 °C	53.8 %
83	2017-08-15 00:45:57	27.9 °C	53.8 %	84	2017-08-15 01:45:57	27.9 °C	53.8 %
85	2017-08-15 02:45:57	27.9 °C	54.0 %	86	2017-08-15 03:45:57	27.9 °C	54.1 %
87	2017-08-15 04:45:57	27.9 °C	54.1 %	88	2017-08-15 05:45:57	27.9 °C	54.1 %
89	2017-08-15 06:45:57	27.9 °C	54.0 %	90	2017-08-15 07:45:57	27.9 °C	54.0 %
91	2017-08-15 08:45:57	27.9 °C	53.7 %	92	2017-08-15 09:45:57	27.9 °C	53.4 %
93	2017-08-15 10:45:57	27.9 °C	53.3 %	94	2017-08-15 11:45:57	27.9 °C	53.2 %
95	2017-08-15 12:45:57	27.9 °C	53.3 %	96	2017-08-15 13:45:57	27.9 °C	53.5 %
97	2017-08-15 14:45:57	27.9 °C	53.6 %	98	2017-08-15 15:45:57	28.0 °C	53.7 %
99	2017-08-15 16:45:57	28.1 °C	53.7 %	100	2017-08-15 17:45:57	28.0 °C	53.9 %
101	2017-08-15 18:45:57	28.0 °C	53.9 %	102	2017-08-15 19:45:57	28.0 °C	54.1 %
103	2017-08-15 20:45:57	28.0 °C	54.2 %	104	2017-08-15 21:45:57	28.0 °C	54.2 %
105	2017-08-15 22:45:57	28.0 °C	54.2 %	106	2017-08-15 23:45:57	28.0 °C	54.2 %
107	2017-08-16 00:45:57	28.0 °C	54.2 %	108	2017-08-16 01:45:57	28.0 °C	54.3 %
109	2017-08-16 02:45:57	28.1 °C	54.3 %	110	2017-08-16 03:45:57	28.1 °C	54.5 %
111	2017-08-16 04:45:57	28.0 °C	54.8 %	112	2017-08-16 05:45:57	28.0 °C	55.9 %
113	2017-08-16 06:45:57	28.0 °C	56.0 %	114	2017-08-16 07:45:57	28.0 °C	55.5 %
115	2017-08-16 08:45:57	28.0 °C	55.3 %	116	2017-08-16 09:45:57	28.1 °C	55.0 %
117	2017-08-16 10:45:57	28.1 °C	54.9 %	118	2017-08-16 11:45:57	28.1 °C	54.7 %
119	2017-08-16 12:45:57	28.1 °C	54.6 %	120	2017-08-16 13:45:57	28.1 °C	54.8 %
121	2017-08-16 14:45:57	28.2 °C	54.8 %	122	2017-08-16 15:45:57	28.2 °C	55.0 %
123	2017-08-16 16:45:57	28.3 °C	55.0 %	124	2017-08-16 17:45:57	28.3 °C	55.2 %
125	2017-08-16 18:45:57	28.5 °C	55.6 %	126	2017-08-16 19:45:57	28.6 °C	55.6 %
127	2017-08-16 20:45:57	28.5 °C	55.7 %	128	2017-08-16 21:45:57	28.4 °C	55.7 %
129	2017-08-16 22:45:57	28.4 °C	55.6 %	130	2017-08-16 23:45:57	28.5 °C	55.6 %
131	2017-08-17 00:45:57	28.5 °C	55.5 %	132	2017-08-17 01:45:57	28.5 °C	55.5 %
133	2017-08-17 02:45:57	28.5 °C	55.6 %	134	2017-08-17 03:45:57	28.5 °C	55.6 %
135	2017-08-17 04:45:57	28.5 °C	55.5 %	136	2017-08-17 05:45:57	28.4 °C	55.4 %
137	2017-08-17 06:45:57	28.4 °C	55.5 %	138	2017-08-17 07:45:57	28.4 °C	55.5 %
139	2017-08-17 08:45:57	28.4 °C	55.2 %	140	2017-08-17 09:45:57	28.5 °C	55.1 %
141	2017-08-17 10:45:57	28.5 °C	54.9 %	142	2017-08-17 11:45:57	28.5 °C	54.9 %
143	2017-08-17 12:45:57	28.5 °C	54.9 %	144	2017-08-17 13:45:57	28.5 °C	54.9 %
145	2017-08-17 14:45:57	28.5 °C	55.2 %	146	2017-08-17 15:45:57	28.6 °C	55.2 %

3.1.4.3 FASE 1

Les hores que s'han escollit són de la tarda ja que és quan el sol és davant de la paret que dona al carrer. Com ja s'ha dit, el model utilitzat per les operacions és el RAK-25PPB de Hitachi.

A la taula següent es poden veure els resultats. Prèviament s'ha posat una llegenda.

Llegenda:

Ta = Temperatura a l'habitació A

Tb = Temperatura a l'habitació B

Tc = Temperatura de confort

Te = Temperatura exterior

ΔTa = Diferència de temperatura en l'habitació A

ΔTb = Diferència de temperatura en l'habitació B

<i>Hora (d/m/a h)</i>	<i>Ta (°C)</i>	<i>Tb (°C)</i>	<i>Tc³⁰ (°C)</i>	<i>ΔTa (°C)</i>	<i>ΔTb (°C)</i>
<i>12/8/2017 15</i>	24,9	27,4	22	2,9	5,4
<i>17/8/2017 16</i>	27,1	28,6	22	5,1	6,6
<i>15/8/2017 17</i>	26,6	28,1	22	4,6	6,1
<i>13/8/2017 18</i>	25,5	27,3	22	3,5	5,3
<i>14/8/2017 19</i>	26,4	28,0	22	4,4	6
<i>11/8/2017-17/8/2017</i>	26,1	27,6	22	4,1	4,6

En un principi ja es pot apreciar que la diferència de temperatura de l'habitació A és menor (2°C aprox.) que la de l'habitació B. El càlculs es podrien donar per acabats però en aquest cas també es busca la diferència del cost econòmic i energètic.

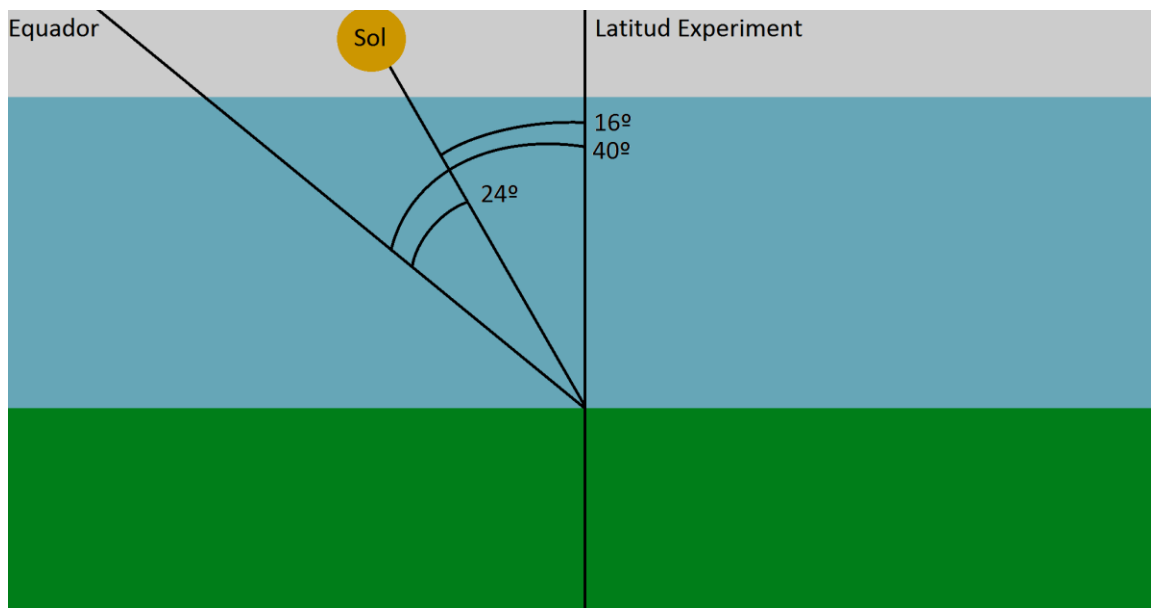
Ara es busca la quantitat d'energia que es necessita per rebaixar la temperatura de les dues habitacions a la temperatura de confort. Però, s'ha de tenir en compte que la composició de l'aire és diferent en els dos casos a causa de la diferència d'humitat. El procediment complet es troba en l'Annex 3.

<i>Hora (d/m/a h)</i>	<i>Diferència de cost (%)</i>
<i>12/8/2017 15</i>	-84,52
<i>17/8/2017 16</i>	-28,24
<i>15/8/2017 17</i>	-31,41
<i>13/8/2017 18</i>	-51,43
<i>14/8/2017 19</i>	-36,36
<i>11/8/2017-17/8/2017</i>	-11,18

30 Room temperature, The American Heritage Dictionary of the English Language.
<https://ahdictionary.com/word/search.html?q=room+temperature> (30/8/2017)

3.1.4.4 FASE 2

Per poder calcular la diferència d'energia entrant en les dues habitacions s'ha de saber l'energia que irradia el sol en forma de llum a través de la finestra durant la tarda (ja que la finestra dóna a oest). Per fer-ho s'ha buscat la radiació solar a latitud 24° (la inclinació de l'eix de rotació de la Terra³¹) i s'ha buscat la radiació solar en aquest angle i a latitud 40° (latitud arrodonida de la localització on s'ha fet l'experiment), concretament la del solstici d'estiu (21 de juny) a les 12h on el sol està a 90° respecte la superfície a latitud de 24° ³². S'han comparat els resultats i es veu que la radiació a 40° és el 95,3% de la radiació a 24° .



Per saber si és possible utilitzar aquest percentatge s'ha fet una comprovació. Consisteix en calcular quin percentatge correspon a 16° ($40^\circ - 24^\circ$) de 360° , en aquest cas dóna 95,6%. El primer percentatge es pot utilitzar ja que la diferència és de només 0,3% ($3/1000$). La diferència es pot donar per la dissipació de la llum per l'atmosfera ja que el fet d'incidir amb més angle significa més recorregut a través d'aquest medi.

31 Milutin Milankovitch (1879-1958), Earth Observatory | Nasa.
https://earthobservatory.nasa.gov/Features/Milankovitch/milankovitch_2.php (9/9/2017)

32 Solar Radiation at 24° , Build It Solar. <https://www.builditsolar.com/References/SolRad/Lat24.htm> (9/9/2017)

Solar Radiation at 40° , Build it Solar. <https://www.builditsolar.com/References/SolRad/Lat40.htm> (9/9/2017)

Aquest percentatge s'utilitza per calcular la radiació que passa a través de la finestra (que està a 90º respecte la superfície). Després la paret es considera la superfície i el sol és a 90º respecte d'aquesta. Després només s'ha d'utilitzar la taula de dades de radiació solar a 24º amb aquesta inclinació com a referència (tenint en compte que les 21h equival a les 12h a la taula ja que el sol es pon a les 9 durant l'agost) i multiplicar els valors per la superfície de la finestra i pel percentatge (95,3%).

També es té en compte la dissipació de la radiació solar per part dels núvols. Aquesta dada és donada per l'Institut Català d'Energia³³.

Una altra dada a tenir en compte és la calor que irradia la paret que dona al carrer. Per calcular-ho s'ha de saber la conductivitat dels materials (dades extretes de la web d'ajuda per l'enginyeria de TheEngineeringToolbox³⁴ i del Servei Meteorològic de Catalunya³⁵). El

<i>Hora (d/m/a h)</i>	<i>Diferència de potència (%)</i>
<i>12/8/2017 15</i>	<i>2,6</i>
<i>17/8/2017 16</i>	<i>-4,7</i>
<i>15/8/2017 17</i>	<i>-57,7</i>
<i>13/8/2017 18</i>	<i>-21,5</i>
<i>14/8/2017 19</i>	<i>24,97</i>

CONCLUSIONS

Com que la mitjana és menor als resultats es pot deduir que durant el migdia-tarda és el moment en que la paret irradia més energia degut a la diferència de temperatura amb l'exterior. Però, el tipus de paret ha sigut el mateix en ambdós casos i, per tant, només ha afectat la superfície del vidre exposat a l'exterior. És a dir, la diferència és inexistent o mínima.

En quant a la radiació rebuda per les habitacions, es pot veure una gran diferència a la tarda quan la llum solar incideix directament en la finestra. Gràcies a la regulació manual

³³ *Energia Solar Fotovoltaica*, l'Institut Català d'Energia.

http://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/04_coleccio_QuadernPractic/quadern_practic/arxius/04_energia_solar_fotovoltaica.pdf (11/9/2017)

³⁴ *Thermal Conductivity of common Materials and Gases*, TheEngineeringToolbox. http://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html (11/9/2017)

³⁵ *Dades de l'estació automàtica de Banyoles*, Servei Meteorològic de Catalunya (meteocat). <http://www.meteo.cat/observacions/xema/dades?codi=DJ&dia=2017-09-09T00:00Z> (9/9/2017)

s'ha pogut controlar el flux de radiació i, per aquest motiu, s'ha pogut evitar que entri massa energia en forma de potència.

Amb menys energia d'entrada, l'aire condicionat no ha de gastar tanta energia per mantenir la temperatura constant. **Es pot apreciar que l'ús d'un sistema domòtic per regular la persiana segons l'entrada de llum permet un estalvi de fins el 80% per refrigerar i d'un 60% per mantenir la mateixa temperatura.**

3.2 SITUACIÓ REAL 2

Aquest segon experiment serveix per verificar les dades del primer i proporcionar més exactitud i rigorositat. En aquest cas, però, a l'hora de modificar l'alçada a la qual es col·loca la persiana, s'ha intentat mantenir un flux de llum constant (aproximadament 400-500lux al matí i 500-600lux a la tarda) amb l'ajuda d'un mesurador d'intensitat lluminosa col·locat al centre de l'habitació A. El mesurador de llum és el model MS6612 de Mastech³⁶.



Figura 3

Per tant, primer s'ha de saber a quants W/m^2 equival un lux de la llum solar. En un estudi efectuat el 2011 es concreta aquesta igualtat³⁷. S'ha calculat amb el màxim de l'interval de lux que s'ha permès entrar per aconseguir un resultat extrem i, així, poder destacar la diferència màxima. En aquest cas no es té en compte la inclinació de la terra ja que la llum ja queda quantificada.

Una altra diferència és la data i la duració en que s'han pres les dades. La composició dels gasos és la mateixa ja que ambdós experiments s'han efectuat l'un rere l'altre.

36 MS6612 – Digital Light Meter [Lux/FC/CD], Mastech. <http://www.p-mastech.com/products.php?cate=110&PNo=93> (20/9/2017)

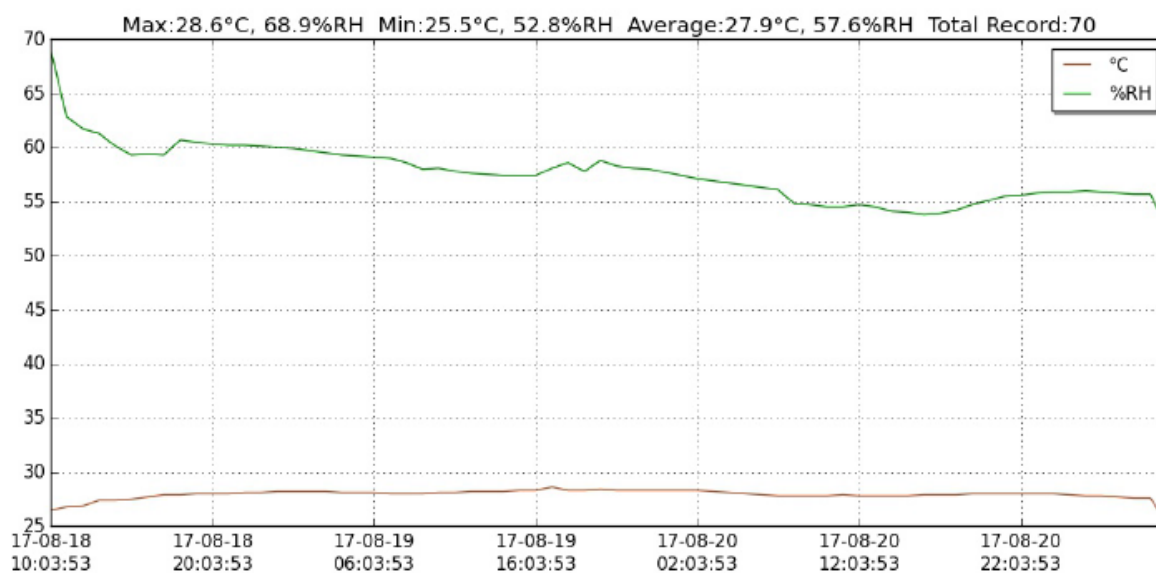
37 Murphy, Tom. *Maximum Efficiency of White Light*, University of California. <http://tmurphy.physics.ucsd.edu/papers/lumens-per-watt.pdf> (5/10/2017)

A l'Annex 5 es troba el càlcul per trobar la diferència d'energia en temperatura d'aquest segon experiment.

3.2.1 RESULTATS

3.2.1.1 HABITACIÓ A

THC-4

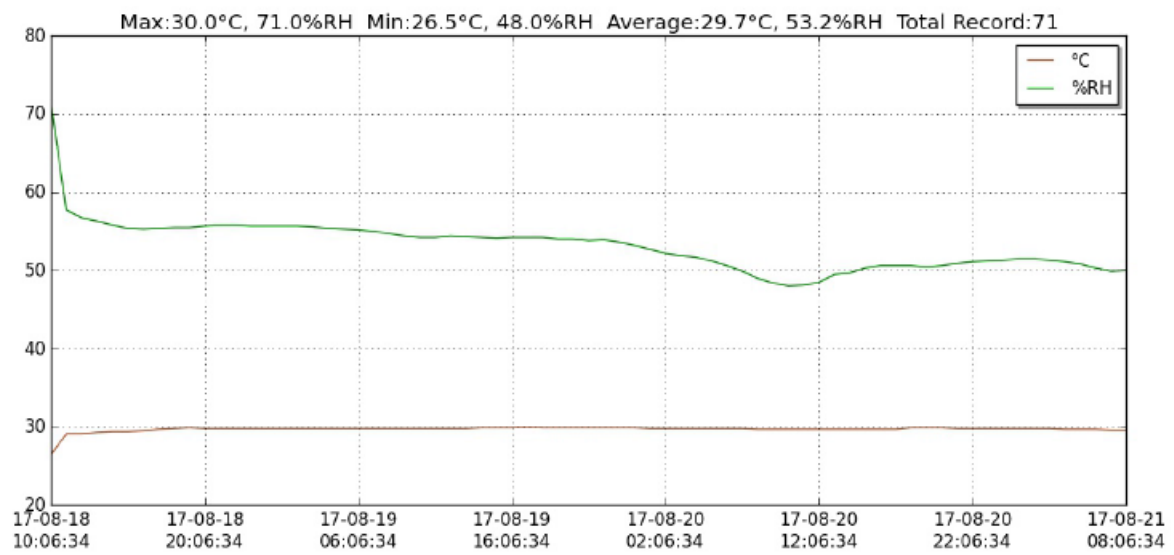


THC-4

1	2017-08-18 10:03:53	26.5 °C	68.9 %	2	2017-08-18 11:03:53	26.8 °C	62.8 %
3	2017-08-18 12:03:53	26.9 °C	61.7 %	4	2017-08-18 13:03:53	27.4 °C	61.3 %
5	2017-08-18 14:03:53	27.4 °C	60.1 %	6	2017-08-18 15:03:53	27.5 °C	59.3 %
7	2017-08-18 16:03:53	27.7 °C	59.4 %	8	2017-08-18 17:03:53	27.9 °C	59.3 %
9	2017-08-18 18:03:53	27.9 °C	60.7 %	10	2017-08-18 19:03:53	28.0 °C	60.5 %
11	2017-08-18 20:03:53	28.0 °C	60.3 %	12	2017-08-18 21:03:53	28.0 °C	60.2 %
13	2017-08-18 22:03:53	28.1 °C	60.2 %	14	2017-08-18 23:03:53	28.1 °C	60.1 %
15	2017-08-19 00:03:53	28.2 °C	60.0 %	16	2017-08-19 01:03:53	28.2 °C	59.9 %
17	2017-08-19 02:03:53	28.2 °C	59.7 %	18	2017-08-19 03:03:53	28.2 °C	59.5 %
19	2017-08-19 04:03:53	28.1 °C	59.3 %	20	2017-08-19 05:03:53	28.1 °C	59.2 %
21	2017-08-19 06:03:53	28.1 °C	59.1 %	22	2017-08-19 07:03:53	28.0 °C	59.0 %
23	2017-08-19 08:03:53	28.0 °C	58.6 %	24	2017-08-19 09:03:53	28.0 °C	58.0 %
25	2017-08-19 10:03:53	28.1 °C	58.1 %	26	2017-08-19 11:03:53	28.1 °C	57.8 %
27	2017-08-19 12:03:53	28.2 °C	57.6 %	28	2017-08-19 13:03:53	28.2 °C	57.5 %
29	2017-08-19 14:03:53	28.2 °C	57.4 %	30	2017-08-19 15:03:53	28.3 °C	57.4 %
31	2017-08-19 16:03:53	28.3 °C	57.4 %	32	2017-08-19 17:03:53	28.6 °C	58.1 %
33	2017-08-19 18:03:53	28.3 °C	58.6 %	34	2017-08-19 19:03:53	28.3 °C	57.8 %
35	2017-08-19 20:03:53	28.4 °C	58.8 %	36	2017-08-19 21:03:53	28.3 °C	58.3 %
37	2017-08-19 22:03:53	28.3 °C	58.1 %	38	2017-08-19 23:03:53	28.3 °C	58.0 %
39	2017-08-20 00:03:53	28.3 °C	57.7 %	40	2017-08-20 01:03:53	28.3 °C	57.4 %
41	2017-08-20 02:03:53	28.3 °C	57.1 %	42	2017-08-20 03:03:53	28.2 °C	56.9 %
43	2017-08-20 04:03:53	28.1 °C	56.7 %	44	2017-08-20 05:03:53	28.0 °C	56.5 %
45	2017-08-20 06:03:53	27.9 °C	56.3 %	46	2017-08-20 07:03:53	27.8 °C	56.1 %
47	2017-08-20 08:03:53	27.8 °C	54.8 %	48	2017-08-20 09:03:53	27.8 °C	54.7 %
49	2017-08-20 10:03:53	27.8 °C	54.5 %	50	2017-08-20 11:03:53	27.9 °C	54.5 %
51	2017-08-20 12:03:53	27.8 °C	54.7 %	52	2017-08-20 13:03:53	27.8 °C	54.5 %
53	2017-08-20 14:03:53	27.8 °C	54.1 %	54	2017-08-20 15:03:53	27.8 °C	54.0 %
55	2017-08-20 16:03:53	27.9 °C	53.8 %	56	2017-08-20 17:03:53	27.9 °C	53.9 %
57	2017-08-20 18:03:53	27.9 °C	54.2 %	58	2017-08-20 19:03:53	28.0 °C	54.7 %
59	2017-08-20 20:03:53	28.0 °C	55.1 %	60	2017-08-20 21:03:53	28.0 °C	55.5 %
61	2017-08-20 22:03:53	28.0 °C	55.6 %	62	2017-08-20 23:03:53	28.0 °C	55.8 %
63	2017-08-21 00:03:53	28.0 °C	55.9 %	64	2017-08-21 01:03:53	27.9 °C	55.9 %
65	2017-08-21 02:03:53	27.8 °C	56.0 %	66	2017-08-21 03:03:53	27.8 °C	55.9 %
67	2017-08-21 04:03:53	27.7 °C	55.8 %	68	2017-08-21 05:03:53	27.6 °C	55.7 %
69	2017-08-21 06:03:53	27.6 °C	55.7 %	70	2017-08-21 07:03:53	25.5 °C	52.8 %

3.2.1.2 HABITACIÓ B

THC-4



THC-4

1	2017-08-18 10:06:34	26.5 °C	71.0 %	2	2017-08-18 11:06:34	29.1 °C	57.7 %
3	2017-08-18 12:06:34	29.1 °C	56.7 %	4	2017-08-18 13:06:34	29.3 °C	56.3 %
5	2017-08-18 14:06:34	29.4 °C	55.8 %	6	2017-08-18 15:06:34	29.4 °C	55.4 %
7	2017-08-18 16:06:34	29.5 °C	55.3 %	8	2017-08-18 17:06:34	29.7 °C	55.4 %
9	2017-08-18 18:06:34	29.8 °C	55.5 %	10	2017-08-18 19:06:34	29.9 °C	55.5 %
11	2017-08-18 20:06:34	29.8 °C	55.7 %	12	2017-08-18 21:06:34	29.8 °C	55.8 %
13	2017-08-18 22:06:34	29.8 °C	55.8 %	14	2017-08-18 23:06:34	29.8 °C	55.7 %
15	2017-08-19 00:06:34	29.8 °C	55.7 %	16	2017-08-19 01:06:34	29.8 °C	55.7 %
17	2017-08-19 02:06:34	29.8 °C	55.7 %	18	2017-08-19 03:06:34	29.8 °C	55.6 %
19	2017-08-19 04:06:34	29.8 °C	55.4 %	20	2017-08-19 05:06:34	29.8 °C	55.3 %
21	2017-08-19 06:06:34	29.8 °C	55.2 %	22	2017-08-19 07:06:34	29.8 °C	55.0 %
23	2017-08-19 08:06:34	29.8 °C	54.7 %	24	2017-08-19 09:06:34	29.8 °C	54.4 %
25	2017-08-19 10:06:34	29.8 °C	54.2 %	26	2017-08-19 11:06:34	29.8 °C	54.2 %
27	2017-08-19 12:06:34	29.8 °C	54.4 %	28	2017-08-19 13:06:34	29.8 °C	54.3 %
29	2017-08-19 14:06:34	29.9 °C	54.2 %	30	2017-08-19 15:06:34	29.9 °C	54.1 %
31	2017-08-19 16:06:34	29.9 °C	54.2 %	32	2017-08-19 17:06:34	30.0 °C	54.2 %
33	2017-08-19 18:06:34	29.9 °C	54.2 %	34	2017-08-19 19:06:34	29.9 °C	54.0 %
35	2017-08-19 20:06:34	29.9 °C	54.0 %	36	2017-08-19 21:06:34	29.9 °C	53.8 %
37	2017-08-19 22:06:34	29.9 °C	53.9 %	38	2017-08-19 23:06:34	29.9 °C	53.6 %
39	2017-08-20 00:06:34	29.9 °C	53.2 %	40	2017-08-20 01:06:34	29.8 °C	52.7 %
41	2017-08-20 02:06:34	29.8 °C	52.2 %	42	2017-08-20 03:06:34	29.8 °C	51.9 %
43	2017-08-20 04:06:34	29.8 °C	51.7 %	44	2017-08-20 05:06:34	29.8 °C	51.2 %
45	2017-08-20 06:06:34	29.8 °C	50.6 %	46	2017-08-20 07:06:34	29.8 °C	49.9 %
47	2017-08-20 08:06:34	29.7 °C	49.0 %	48	2017-08-20 09:06:34	29.7 °C	48.4 %
49	2017-08-20 10:06:34	29.7 °C	48.0 %	50	2017-08-20 11:06:34	29.7 °C	48.1 %
51	2017-08-20 12:06:34	29.7 °C	48.5 %	52	2017-08-20 13:06:34	29.7 °C	49.5 %
53	2017-08-20 14:06:34	29.7 °C	49.7 %	54	2017-08-20 15:06:34	29.7 °C	50.3 %
55	2017-08-20 16:06:34	29.7 °C	50.6 %	56	2017-08-20 17:06:34	29.7 °C	50.6 %
57	2017-08-20 18:06:34	29.9 °C	50.6 %	58	2017-08-20 19:06:34	29.9 °C	50.4 %
59	2017-08-20 20:06:34	29.9 °C	50.6 %	60	2017-08-20 21:06:34	29.8 °C	50.9 %
61	2017-08-20 22:06:34	29.8 °C	51.1 %	62	2017-08-20 23:06:34	29.8 °C	51.2 %
63	2017-08-21 00:06:34	29.8 °C	51.3 %	64	2017-08-21 01:06:34	29.8 °C	51.5 %
65	2017-08-21 02:06:34	29.8 °C	51.5 %	66	2017-08-21 03:06:34	29.8 °C	51.3 %
67	2017-08-21 04:06:34	29.7 °C	51.1 %	68	2017-08-21 05:06:34	29.7 °C	50.8 %
69	2017-08-21 06:06:34	29.7 °C	50.3 %	70	2017-08-21 07:06:34	29.6 °C	49.9 %
71	2017-08-21 08:06:34	29.6 °C	50.0 %				

3.2.1.3 FASE 1

Llegenda:

Ta = Temperatura a l'habitació A

Tb = Temperatura a l'habitació B

Tc = Temperatura de confort

Te = Temperatura exterior

ΔT_a = Diferència de temperatura en l'habitació A

ΔT_b = Diferència de temperatura en l'habitació B

<i>Hora (d/m/a h)</i>	<i>Ta (°C)</i>	<i>Tb (°C)</i>	<i>Tc³⁸ (°C)</i>	<i>ΔT_a (°C)</i>	<i>ΔT_b (°C)</i>
18/8/2017 14	27,4	29,4	22	5,4	7,4
19/8/2017 18	28,3	29,9	22	6,3	7,9
20/8/2017 21	28,0	29,8	22	6,0	7,8
21/8/2017 7	25,5	29,6	22	3,5	7,6

A l'Annex 6 es troba el full de càlcul per trobar la diferència de cost per refrigerar les dues habitacions a 22°C.

<i>Hora (d/m/a h)</i>	<i>Diferència de cost (%)</i>
18/8/2017 14	-35,80
19/8/2017 18	-24,26
20/8/2017 21	-28,82
21/8/2017 7	53,53

3.2.1.4 FASE 2

<i>Hora (d/m/a h)</i>	<i>Diferència de potència (%)</i>
18/8/2017 14	0,52
19/8/2017 18	-66,38
20/8/2017 21	-103,24 ³⁹
21/8/2017 7	-4,09

CONCLUSIONS

La diferència és menor perquè les habitacions tenen escalfor acumulada.

Es pot veure que aquesta vegada es pot estalviar fins a 35% refrigerant i fins a més de 100%. Aquesta última és gràcies a un sistema domòtic passiu: l'habitació mateixa.

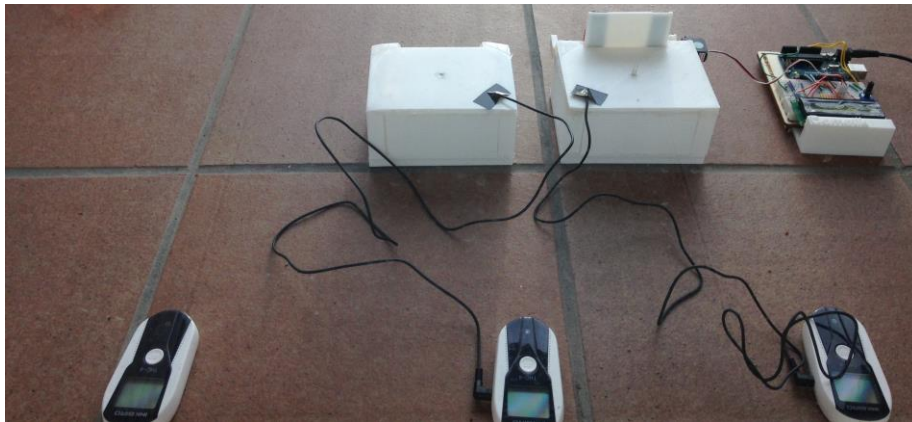
³⁸ Room temperature, The American Heritage Dictionary of the English Language.
<https://ahdictionary.com/word/search.html?q=room+temperature> (30/8/2017)

³⁹ Això es deu a que la temperatura interior és superior a l'exterior (són les 9h de la tarda i hi ha calor acumulada a l'interior) i, d'aquesta manera, la paret mateixa fa una funció refrigeradora.

3.3 SITUACIÓ SIMULADA

3.3.1 EN QUÈ CONSISTEIX?

Consisteix en fer dues maquetes (que de fets són dues habitacions semblants a les habitacions reals dels experiments anteriors), una sense sistemes domòtics i l'altra equipada amb aquests sistemes. Aquest experiment és semblant a l'anterior.



3.3.2 QUÈ S'ESPERA?

Poder demostrar que amb sistemes domòtics es pot estalviar energia i reafirmar les dades obtingudes en els experiments anteriors.

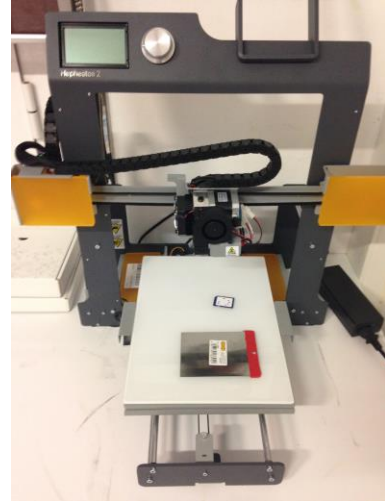
3.3.3 COM S'HA FET?

El material emprat per fer aquesta pràctica ha estat:

- Una impressora 3D: Una Hephestos 2⁴⁰ que ha utilitzat PLA (àcid polilàctic: un plàstic biodegradable ideal per fer impressions 3D⁴¹) per fer les parets, sostre i terra de les maquetes. Com que s'utilitza el mateix model per les peces de les dues maquetes el resultat és idèntic. El muntatge de la impressora va comportar una setmana de feina ja que aquest tipus d'equipaments venen desmuntats de fàbrica.

⁴⁰ Impresión profesional, espíritu maker, BQ. <https://www.bq.com/es/hephestos-2> (10/8/2017)

⁴¹ What is PLA? Polymaker. <http://www.polymaker.com/faq/what-is-pla/> (10/8/2017)



- Components electrònics: En aquest cas s'han utilitzat components d'Arduino⁴². El petit ordinador permet crear circuits amb sensors i motors i, també, permet programar com pot reaccionar a les diferents dades que rep.
- Programari: S'han utilitzat diferents programes a l'hora de modelar la maqueta i programar el codi de l'Arduino. Aquests programes són: Sketchup 17.2.2555⁴³, Cura Ultimaker 2.6.2⁴⁴ i Arduino IDE 1.6.12⁴⁵. El programa Arduino IDE permet escriure ordres per la placa en C++, un llenguatge de programació molt comú⁴⁶.
- Una pistola de silicona: És el model HG3 de Bostik⁴⁷. S'utilitza per unir les peces que s'han imprès per separat.

El procediment utilitzat el següent:

1. **Les parets de les habitacions:** Per les parets (10*1,5*5cm), en un principi, es va pensar fer-les massisses. Malauradament aquestes requerien molt de material i,

⁴² Arduino. <https://www.arduino.cc/> (10/8/2017)

⁴³ *The easiest way to draw in 3D*, Sketchup. <https://www.sketchup.com/> (7/10/2017)

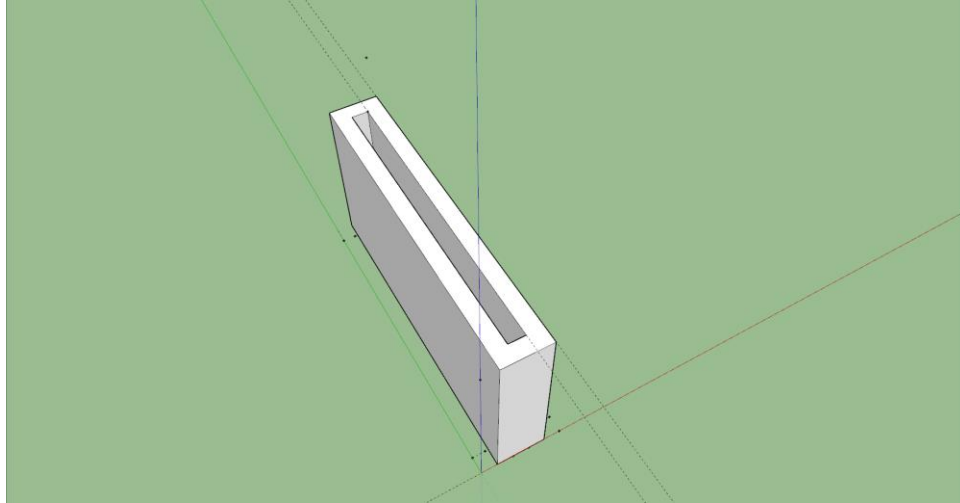
⁴⁴ *Cura Software*, Ultimaker. <https://ultimaker.com/en/products/cura-software> (7/10/2017)

⁴⁵ *Previous IDE Releases*, Arduino. <https://www.arduino.cc/en/Main/OldSoftwareReleases> (7/10/2017)

⁴⁶ *Frequently Asked Questions*, Arduino. <https://www.arduino.cc/en/Main/FAQ> (7/10/2017)

⁴⁷ *Pistola HG3*, Bostik. http://www.bostik.es/industry-products-catalogue-sheet-28510-pistola_hg3-m-0-g-0.html (6/10/2017)

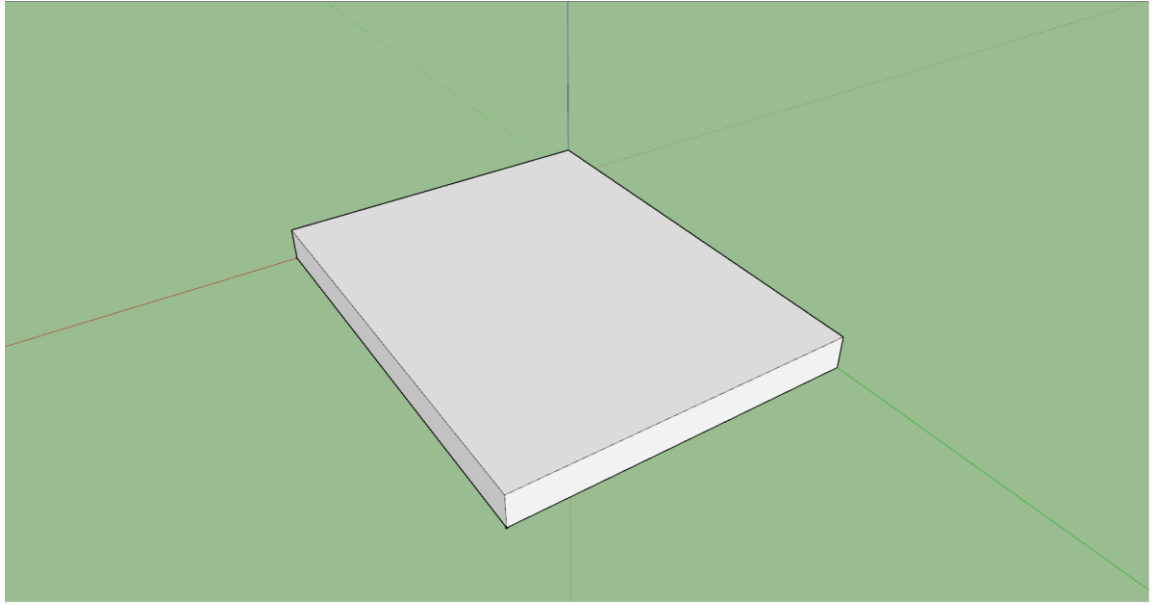
per tant, es va decidir utilitzar una composició del 50% en volum. És a dir, que el volum interior de la peça és 50% PLA i 50% aire. Aquest fet apropa l'experiment a una situació real on una part de les rajoles de la paret està buida.



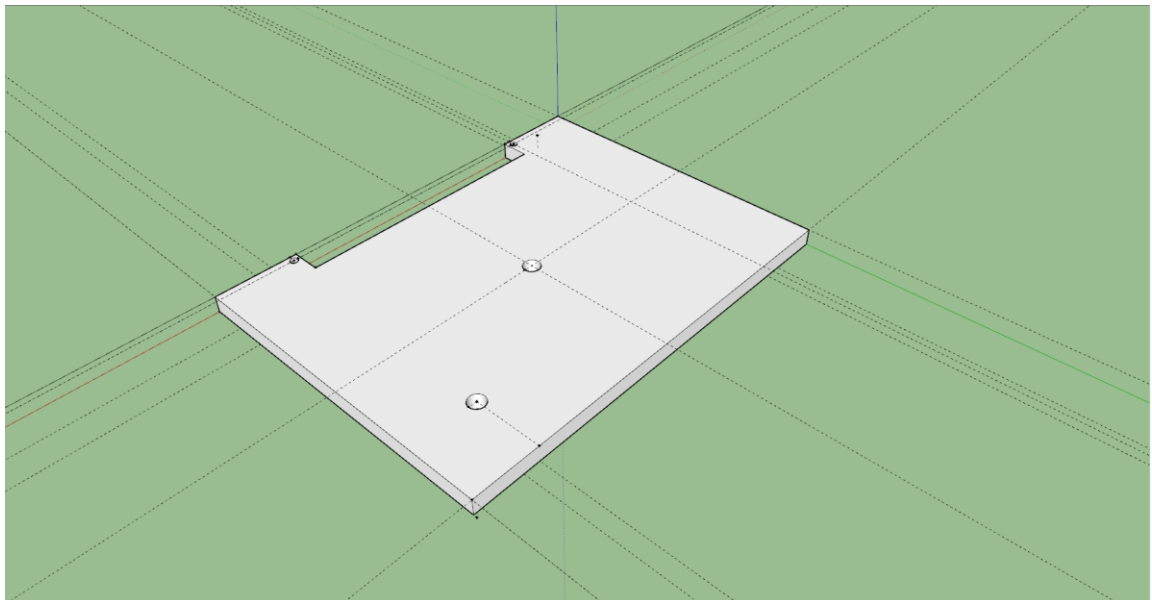
També, per simular la capa d'aïllament que té una construcció real, es van emprar làmines de poliestirè expandit (porexpan) cobert amb paper a ambdues bandes per col·locar-lo en una ranura dins les parets. El problema va ser que la mida d'aquesta ranura era de 5mm d'ample i el porexpan també tenia el mateix gruix. Això impedia que la làmina de lliscar dins la ranura. Per tant, es va decidir utilitzar poliestirè expandit recobert amb paper de 3mm de gruix. Aquesta idea es va aplicar en ambdues maquetes.

Aquestes mesures tenien com a objectiu final poder construir una paret aïllant. És a dir, un sistema domòtic passiu.

2. **La Base de les habitacions:** La base (813*10*1cm) és el suport per les parets i el marc de la finestra. En un principi es volia dissenyar amb ranures perquè les parets i encaixessin sense haver d'utilitzar silicona. Malauradament, aquesta idea requeria un gruix de base més gran i això resultaria en un cost més elevat de plàstic. Per sort es va poder fer amb un volum de 50% PLA.



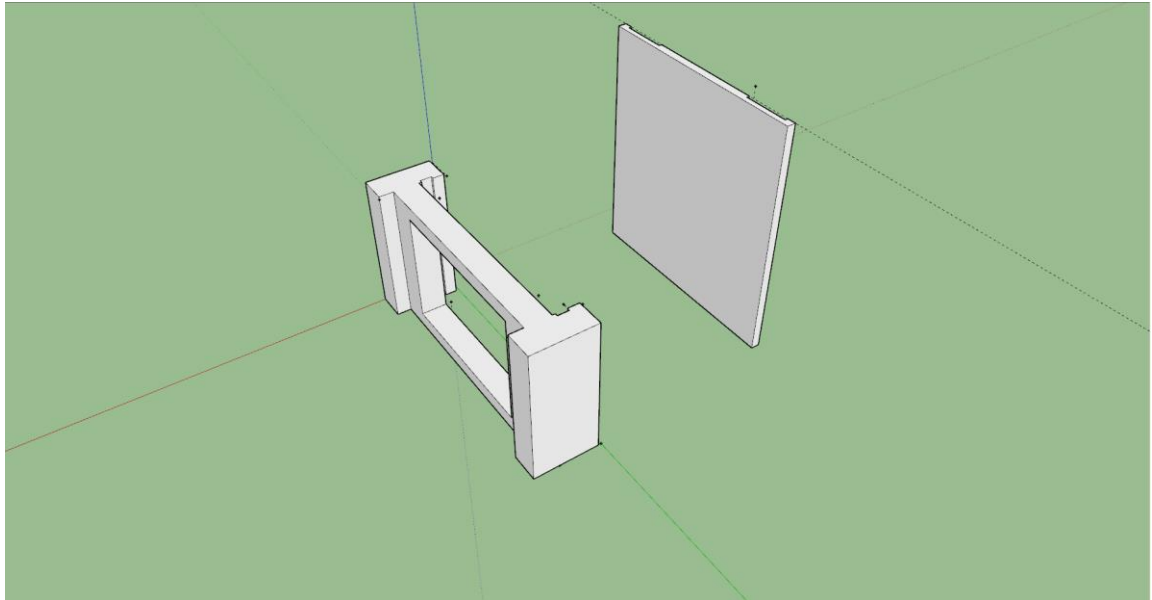
3. **El sostre de les habitacions:** A diferència del terra, el sostre té una estructura més complicada. **La funció del sostre és la de permetre accés a l'interior** per mitjà de forats posicionats estratègicament. L'orifici central serveix per posar-hi un diode LED que s'encendrà un cop no hi hagi llum exterior, mentre que el forat que fa cantonada té la funció de donar un accés pel sensor de l'aparell enregistrator de temperatura i humitat.



Primerament, es va voler afegir dos orificis més petits per passar-hi dos fils o gomes de pollastre per apropar l'eix (que és una mica flexible) a la cinta dentada. Finalment, es va descartar aquesta idea. Però, els forats han romangut ja que es

van dur a terme uns testos del mecanisme que demostraven que aquest funcionava un cop les peces van ésser impreses. Afortunadament aquests forats no influeixen en l'experiment.

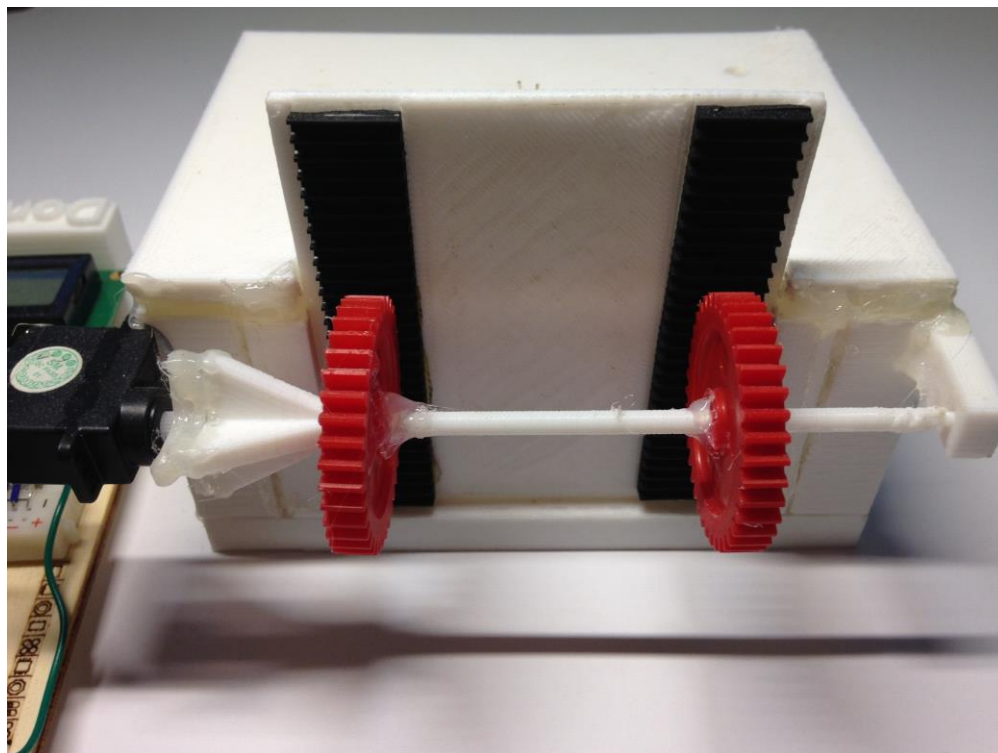
4. **El marc, la finestra i la persiana de les habitacions:** Per la finestra s'ha decidit utilitzar plàstic transparent i flexible a mode de **dobles vidres per un millor aïllament**.



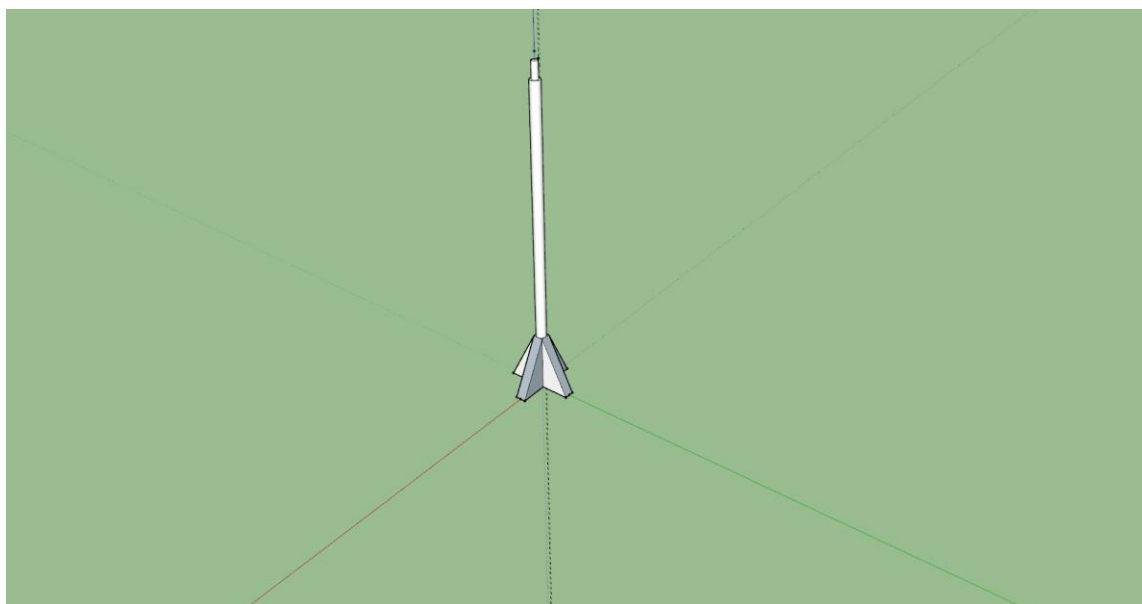
El marc integra unes guies per la peça que fa de persiana. D'aquesta manera aquesta pot pujar i baixar. Un dels motius per utilitzar aquest sistema és que el plàstic ofereix molt poc fregament entre sí.

La persiana té adherides dues cintes dentades que engranen amb l'eix del mecanisme. Aquestes cintes encaixen en unes ranures especials. La maqueta amb sistema domòtic és l'única que té una persiana.

5. **El mecanisme per pujar i baixar la persiana:** El mecanisme consisteix en un eix, un receptor i un servomotor. Aquest últim, a diferència de motors elèctrics normals, permet moure's segons l'angle i això li confereix major precisió.

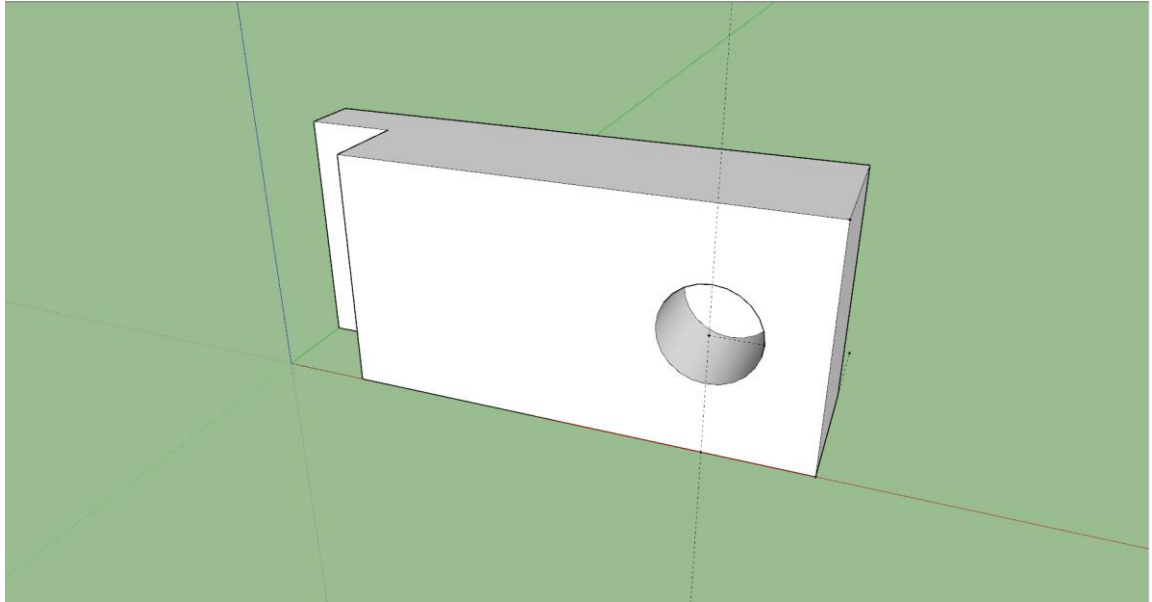


Aquest servomotor està cargolat a una plataforma de plàstic i aquesta està enganxada amb silicona a un eix de 3mm de diàmetre. La base de l'eix té forma de creu perquè la plataforma té la mateixa forma i això ajuda a un millor subjectament.



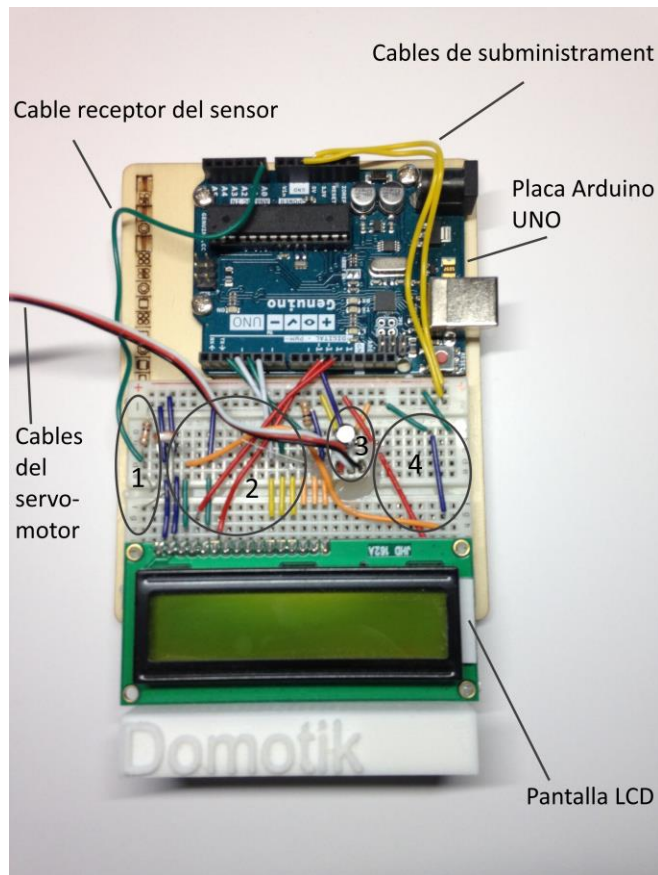
En un principi es volia adaptar una de les puntes de l'eix per encaixar amb el forat del servomotor. Degut a la imprecisió de la impressora es va decidir utilitzar silicona. Però aquesta no era suficient per unir l'eix amb el servomotor. Per tant, es va optar per una superfície d'unió més gran.

L'eix té una punta prima per poder encaixar-lo a un receptor que guia l'eix.



A l'eix també hi ha enganxades dues rodes dentades que engranen amb la cinta dentada per transformar el moviment rotatiu en moviment lineal. També, les dues rodes dentades estan apartades de tal manera que no tapen la llum que passa per la finestra.

6. **El circuit que controla el mecanisme del desplaçament de la persiana:** A continuació hi ha un esquema del circuit amb anotacions per entendre'n el funcionament.



Llegenda:

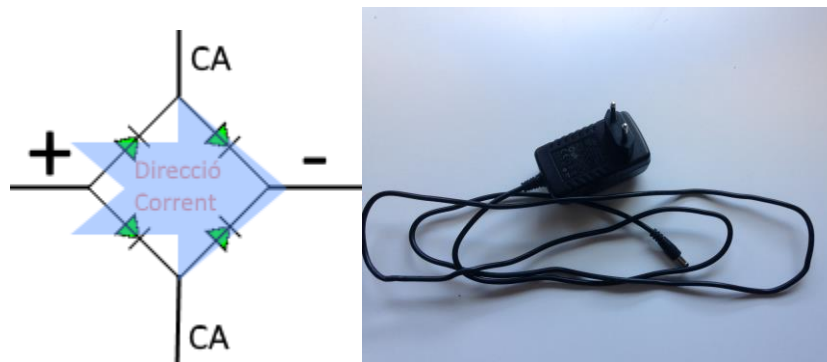
1 = Sistema del sensor de llum: Conté una resistència i un sensor de llum.

2 = Cables controladors de la pantalla LCD: Serveixen per indicar a la pantalla les lletres a mostrar.

3 = Adaptador pels cables del servomotor: Conformat pel cable de subministrament, el cable de terra i el cable per enviar l'ordre de girar. L'adaptador també conté un condensador de 100µF per fer el moviment del servomotor més suau.

4 = Cables de subministrament de la pantalla LCD: Aquests cables donen corrent a la pantalla. També es pot col·locar un potenciador (resistència que es pot regular manualment) per no haver de tenir-la encesa durant tot l'experiment i, així, estalviar energia.

7. **Subministrament d'energia:** Una de les principals preocupacions era el fet de subministrar electricitat a la placa Arduino. Primerament, es va pensar usar bateries o piles. Aquesta idea es va descartar perquè no era convenient que el circuit es quedés sense electricitat durant l'experiment. Per tant, es va optar per utilitzar un adaptador connectat a la xarxa elèctrica.



La imatge de l'esquerra és un esquema molt simplificat del circuit de l'adaptador. Mitjançant díodes (que impedeixen el retrocés del corrent) es redirigeix el corrent altern per convertir-lo en corrent continu. L'adaptador també té un transformador (no apareix en l'esquema) per convertir 230V en 12V, la tensió amb que la placa Arduino funciona.

8. **El programa:** El següent codi és el programa que s'ha utilitzat per fer l'experiment. A la columna de la dreta hi ha anotacions sobre què fa cada fragment de codi.

<pre> 1) #include <Servo.h> 2) #include <LiquidCrystal.h> 3) LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2); 4) Servo myServo; 5) int angle = 0; 6) const int sensorPin = A0; 7) int sensorValue = 0; 8) const int LEDPin = 6; 9) void setup() { 10) myServo.attach(10); 11) Serial.begin(9600); 12) lcd.begin(16, 2); 13) pinMode(LEDPin, OUTPUT); 14) } 15) void loop() { 16) //Value Setup 17) sensorValue = analogRead(sensorPin); 18) angle = map(sensorValue, 600, 1100, 90, 170); 19) //Serial Feedback 20) Serial.print("Sensor: "); 21) Serial.println(sensorValue); 22) Serial.print("Angle: "); 23) Serial.println(angle); 24) delay(100); 25) //LCD Feedback 26) lcd.clear(); 27) lcd.print("Sensor:"); 28) lcd.setCursor(11, 0); 29) lcd.println(sensorValue); 30) lcd.setCursor(0, 1); 31) lcd.print("Angle:"); 32) lcd.setCursor(11, 1); </pre>	1 i 2: S'inclouen les llibreries pel servomotor i la pantalla LCD. Una llibreria és un programa apart que pot ser utilitzat en altres programes per evitar tornar a escriure tot el codi i simplificar-ho. 3: S'indiquen els ports de l'Arduino connectats a la pantalla. 4 i 5: S'inicia el servomotor i es dona un valor per defecte de 0°. 6, 7 i 8: S'indiquen els ports d'entrada i sortida de l'Arduino. 9, 10, 11, 12, 13: S'inicia la funció "setup" o preparació en anglès. Aquesta funció només s'activa a l'inici. En aquest cas indica el port on es connecta el servomotor, el canal d'un terminal per visualitzar dades, inicia la pantalla LCD de 16*2 lletres i configura el port LEDPin com a sortida. 15: La funció "loop" o bucle en anglès és la part del programa que repeteix les ordres continuament. Aquesta es tenca a la línia 52. 16, 17 i 18: Es reescala el valor del sensor a un angle pel servomotor. 19, 20, 21, 22, 23, 24: Aquesta part del codi permet la visualització, cada 100 mil·lisegons, de les dades en un terminal. Aquest és una eina donada pel mateix Arduino IDE. El resultat és: Sensor: X Angle: Y
---	--

<pre> 33) lcd.println(angle); 34) delay(100); 35) //Servo Control 36) if (sensorValue>300){ 37) myServo.write(angle); 38) delay(15); 39) } 40) if (sensorValue<300){ 41) myServo.write(180); 42) } 43) //LED Control 44) if (sensorValue>300){ 45) digitalWrite(LEDPin, HIGH); 46) delay(250); 47) } 48) if (sensorValue<300) { 49) digitalWrite(LEDPin, LOW); 50) delay(250); 51) } 52) }</pre>	25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, i 34: Aquestes línies de codi fan un procés semblant però, aquesta vegada, les dades es visualitzen a la pantalla connectada al circuit. 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41 i 42: Aquesta part del codi controla el servomotor. Esta dividit en dos apartats. El primer diu al servomotor quin angle situar-se segons la llum que rep el sensor. L'angle resultant és proporcional a la llum que rep el sensor. El segon apartat indica al servomotor que baixi completament la persiana un cop no hi ha menys llum que 300. És a dir, quan ja és fosc. 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50 i 51: Aquest fragment fa que s'encengui un LED segons la quantitat de llum que rep el sensor. En aquest cas l'interval és igual que en l'apartat del control del servomotor.
--	--

9. **La localització de l'experiment:** La primera idea d'on fer l'experiment era a dins la mateixa habitació on s'havien fet els anteriors. El fet de tenir-les a l'interior impedeix que els factors exteriors (humitat i temperatura) afectin. Es va abandonar la idea.

La segona idea va ser posicionar les maquetes a l'exterior de la finestra de l'habitació on s'havia fet l'experiment. La possibilitat que tenien les maquetes de caure feien l'opció inviable.

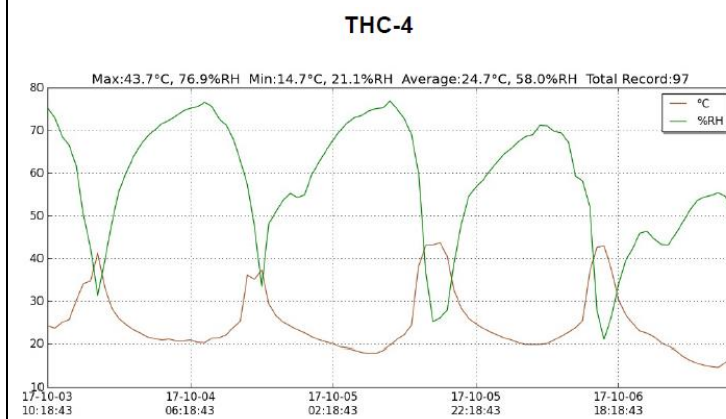
Per tant, l'última idea va ser posicionar les maquetes en una balconada d'una de les cases. Aquest dóna al mateix carrer i també ofereix protecció contra la pluja. Com que la llum dels fanals podia afectar en les dades del sensor, les maquetes es van col·locar tenint en compte aquest factor. Aquesta decisió també afectava, indirectament, les primeres dues hores de llum solar de la tarda perquè una paret que fa cantonada al balcó tapava la llum.

10. **El resultat final:** A continuació una imatge del resultat final.

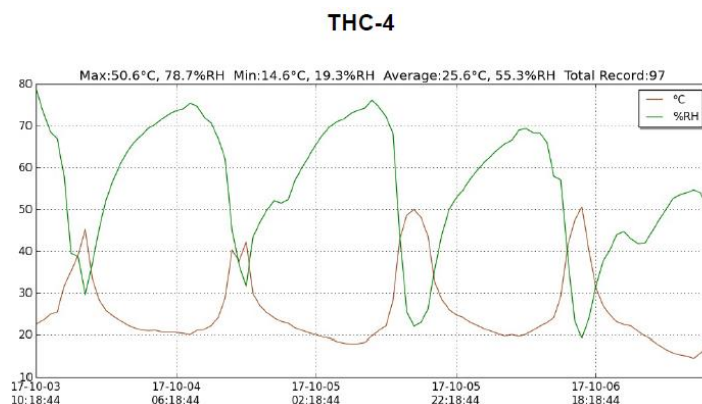


3.3.4 RESULTATS

Maqueta amb persiana automàtica (A)



Maqueta sense persiana automàtica (B)



THC-4							
1	2017-10-03 10:18:43	24.2 °C	75.2 %	2	2017-10-03 11:18:43	23.7 °C	73.0 %
3	2017-10-03 12:18:43	25.0 °C	68.7 %	4	2017-10-03 13:18:43	25.7 °C	66.5 %
5	2017-10-03 14:18:43	30.1 °C	61.7 %	6	2017-10-03 15:18:43	34.1 °C	50.2 %
7	2017-10-03 16:18:43	34.7 °C	42.5 %	8	2017-10-03 17:18:43	41.3 °C	31.3 %
9	2017-10-03 18:18:43	33.2 °C	39.5 %	10	2017-10-03 19:18:43	28.3 °C	48.4 %
11	2017-10-03 20:18:43	25.9 °C	55.9 %	12	2017-10-03 21:18:43	24.5 °C	60.1 %
13	2017-10-03 22:18:43	23.3 °C	63.8 %	14	2017-10-03 23:18:43	22.5 °C	66.6 %
15	2017-10-04 00:18:43	21.6 °C	68.7 %	16	2017-10-04 01:18:43	21.2 °C	70.1 %
17	2017-10-04 02:18:43	20.9 °C	71.6 %	18	2017-10-04 03:18:43	21.1 °C	72.4 %
19	2017-10-04 04:18:43	20.7 °C	73.4 %	20	2017-10-04 05:18:43	20.7 °C	74.6 %
21	2017-10-04 06:18:43	20.9 °C	75.2 %	22	2017-10-04 07:18:43	20.4 °C	75.6 %
23	2017-10-04 08:18:43	20.3 °C	76.6 %	24	2017-10-04 09:18:43	21.3 °C	75.7 %
25	2017-10-04 10:18:43	21.4 °C	72.8 %	26	2017-10-04 11:18:43	22.1 °C	71.3 %
27	2017-10-04 12:18:43	23.8 °C	68.1 %	28	2017-10-04 13:18:43	25.3 °C	62.9 %
29	2017-10-04 14:18:43	36.1 °C	57.3 %	30	2017-10-04 15:18:43	35.1 °C	47.3 %
31	2017-10-04 16:18:43	37.3 °C	33.5 %	32	2017-10-04 17:18:43	29.3 °C	48.2 %
33	2017-10-04 18:18:43	26.6 °C	51.0 %	34	2017-10-04 19:18:43	25.1 °C	53.6 %
35	2017-10-04 20:18:43	24.2 °C	55.3 %	36	2017-10-04 21:18:43	23.3 °C	54.3 %
37	2017-10-04 22:18:43	22.6 °C	54.9 %	38	2017-10-04 23:18:43	21.7 °C	59.6 %
39	2017-10-05 00:18:43	21.0 °C	62.5 %	40	2017-10-05 01:18:43	20.5 °C	65.2 %
41	2017-10-05 02:18:43	20.1 °C	67.8 %	42	2017-10-05 03:18:43	19.3 °C	70.0 %
43	2017-10-05 04:18:43	19.1 °C	71.8 %	44	2017-10-05 05:18:43	18.7 °C	73.0 %
45	2017-10-05 06:18:43	18.2 °C	73.5 %	46	2017-10-05 07:18:43	18.0 °C	74.6 %
47	2017-10-05 08:18:43	18.0 °C	75.1 %	48	2017-10-05 09:18:43	18.6 °C	75.3 %
49	2017-10-05 10:18:43	19.7 °C	76.9 %	50	2017-10-05 11:18:43	21.1 °C	75.0 %
51	2017-10-05 12:18:43	22.2 °C	72.7 %	52	2017-10-05 13:18:43	24.4 °C	69.1 %
53	2017-10-05 14:18:43	38.2 °C	60.0 %	54	2017-10-05 15:18:43	43.1 °C	36.9 %
55	2017-10-05 16:18:43	43.2 °C	25.2 %	56	2017-10-05 17:18:43	43.7 °C	26.1 %
57	2017-10-05 18:18:43	40.5 °C	27.9 %	58	2017-10-05 19:18:43	32.4 °C	39.2 %
59	2017-10-05 20:18:43	28.3 °C	48.1 %	60	2017-10-05 21:18:43	26.0 °C	54.5 %
61	2017-10-05 22:18:43	24.7 °C	56.7 %	62	2017-10-05 23:18:43	23.7 °C	58.3 %
63	2017-10-06 00:18:43	22.8 °C	60.6 %	64	2017-10-06 01:18:43	22.1 °C	62.6 %
65	2017-10-06 02:18:43	21.4 °C	64.5 %	66	2017-10-06 03:18:43	20.9 °C	65.8 %
67	2017-10-06 04:18:43	20.3 °C	67.4 %	68	2017-10-06 05:18:43	19.9 °C	68.6 %
69	2017-10-06 06:18:43	19.9 °C	69.0 %	70	2017-10-06 07:18:43	19.9 °C	71.2 %
71	2017-10-06 08:18:43	20.1 °C	71.1 %	72	2017-10-06 09:18:43	20.9 °C	69.8 %
73	2017-10-06 10:18:43	21.8 °C	69.4 %	74	2017-10-06 11:18:43	22.7 °C	67.3 %
75	2017-10-06 12:18:43	23.8 °C	59.3 %	76	2017-10-06 13:18:43	25.4 °C	58.2 %
77	2017-10-06 14:18:43	37.0 °C	52.1 %	78	2017-10-06 15:18:43	42.6 °C	27.7 %
79	2017-10-06 16:18:43	42.9 °C	21.1 %	80	2017-10-06 17:18:43	37.6 °C	26.2 %
THC-4							
81	2017-10-06 18:18:43	30.5 °C	33.7 %	82	2017-10-06 19:18:43	26.9 °C	39.4 %
83	2017-10-06 20:18:43	24.8 °C	42.3 %	84	2017-10-06 21:18:43	23.0 °C	45.9 %
85	2017-10-06 22:18:43	22.5 °C	46.4 %	86	2017-10-06 23:18:43	21.7 °C	44.6 %
87	2017-10-07 00:18:43	20.3 °C	43.3 %	88	2017-10-07 01:18:43	19.5 °C	43.2 %
89	2017-10-07 02:18:43	18.7 °C	45.7 %	90	2017-10-07 03:18:43	17.3 °C	48.4 %
91	2017-10-07 04:18:43	16.4 °C	51.2 %	92	2017-10-07 05:18:43	15.7 °C	53.5 %
93	2017-10-07 06:18:43	15.2 °C	54.4 %	94	2017-10-07 07:18:43	14.9 °C	54.8 %
95	2017-10-07 08:18:43	14.7 °C	55.4 %	96	2017-10-07 09:18:43	15.8 °C	54.6 %
97	2017-10-07 10:18:43	17.2 °C	50.8 %				

THC-4							
1	2017-10-03 10:18:44	22.6 °C	78.7 %	2	2017-10-03 11:18:44	23.5 °C	73.3 %
3	2017-10-03 12:18:44	24.9 °C	68.7 %	4	2017-10-03 13:18:44	25.5 °C	66.9 %
5	2017-10-03 14:18:44	31.7 °C	57.9 %	6	2017-10-03 15:18:44	35.3 °C	39.5 %
7	2017-10-03 16:18:44	39.1 °C	38.7 %	8	2017-10-03 17:18:44	45.3 °C	29.6 %
9	2017-10-03 18:18:44	33.5 °C	37.0 %	10	2017-10-03 19:18:44	28.3 °C	45.4 %
11	2017-10-03 20:18:44	25.8 °C	52.4 %	12	2017-10-03 21:18:44	24.5 °C	57.0 %
13	2017-10-03 22:18:44	23.4 °C	60.8 %	14	2017-10-03 23:18:44	22.4 °C	63.8 %
15	2017-10-04 00:18:44	21.7 °C	66.1 %	16	2017-10-04 01:18:44	21.2 °C	67.7 %
17	2017-10-04 02:18:44	21.0 °C	69.4 %	18	2017-10-04 03:18:44	21.1 °C	70.4 %
19	2017-10-04 04:18:44	20.7 °C	71.7 %	20	2017-10-04 05:18:44	20.7 °C	72.8 %
21	2017-10-04 06:18:44	20.6 °C	73.6 %	22	2017-10-04 07:18:44	20.4 °C	74.1 %
23	2017-10-04 08:18:44	20.1 °C	75.4 %	24	2017-10-04 09:18:44	21.1 °C	74.7 %
25	2017-10-04 10:18:44	21.3 °C	72.1 %	26	2017-10-04 11:18:44	22.2 °C	70.7 %
27	2017-10-04 12:18:44	24.1 °C	67.1 %	28	2017-10-04 13:18:44	28.8 °C	62.1 %
29	2017-10-04 14:18:44	40.3 °C	45.1 %	30	2017-10-04 15:18:44	37.6 °C	36.7 %
31	2017-10-04 16:18:44	42.2 °C	31.7 %	32	2017-10-04 17:18:44	29.8 °C	43.5 %
33	2017-10-04 18:18:44	26.9 °C	47.0 %	34	2017-10-04 19:18:44	25.3 °C	49.9 %
35	2017-10-04 20:18:44	24.1 °C	52.1 %	36	2017-10-04 21:18:44	23.2 °C	51.5 %
37	2017-10-04 22:18:44	22.8 °C	52.3 %	38	2017-10-04 23:18:44	21.7 °C	57.0 %
39	2017-10-05 00:18:44	21.1 °C	60.0 %	40	2017-10-05 01:18:44	20.5 °C	62.8 %
41	2017-10-05 02:18:44	20.1 °C	65.6 %	42	2017-10-05 03:18:44	19.5 °C	68.0 %
43	2017-10-05 04:18:44	19.2 °C	69.9 %	44	2017-10-05 05:18:44	18.6 °C	71.0 %
45	2017-10-05 06:18:44	18.2 °C	71.7 %	46	2017-10-05 07:18:44	18.0 °C	73.0 %
47	2017-10-05 08:18:44	18.1 °C	73.7 %	48	2017-10-05 09:18:44	18.4 °C	74.3 %
49	2017-10-05 10:18:44	19.8 °C	76.2 %	50	2017-10-05 11:18:44	21.1 °C	74.5 %
51	2017-10-05 12:18:44	22.2 °C	72.2 %	52	2017-10-05 13:18:44	28.2 °C	68.2 %
53	2017-10-05 14:18:44	43.2 °C	43.2 %	54	2017-10-05 15:18:44	48.7 °C	25.4 %
55	2017-10-05 16:18:44	50.0 °C	22.1 %	56	2017-10-05 17:18:44	48.1 °C	23.0 %
57	2017-10-05 18:18:44	43.6 °C	26.2 %	58	2017-10-05 19:18:44	32.4 °C	36.0 %
59	2017-10-05 20:18:44	28.4 °C	44.0 %	60	2017-10-05 21:18:44	26.1 °C	49.9 %
61	2017-10-05 22:18:44	24.8 °C	52.7 %	62	2017-10-05 23:18:44	24.2 °C	54.6 %
63	2017-10-06 00:18:44	23.0 °C	57.2 %	64	2017-10-06 01:18:44	22.3 °C	59.3 %
65	2017-10-06 02:18:44	21.5 °C	61.2 %	66	2017-10-06 03:18:44	20.9 °C	62.8 %
67	2017-10-06 04:18:44	20.3 °C	64.4 %	68	2017-10-06 05:18:44	19.8 °C	65.7 %
69	2017-10-06 06:18:44	20.1 °C	66.6 %	70	2017-10-06 07:18:44	19.7 °C	69.0 %
71	2017-10-06 08:18:44	20.2 °C	69.4 %	72	2017-10-06 09:18:44	21.1 °C	68.4 %
73	2017-10-06 10:18:44	22.1 °C	68.3 %	74	2017-10-06 11:18:44	22.9 °C	66.1 %
75	2017-10-06 12:18:44	24.2 °C	57.9 %	76	2017-10-06 13:18:44	29.2 °C	57.1 %
77	2017-10-06 14:18:44	41.4 °C	38.2 %	78	2017-10-06 15:18:44	47.5 °C	23.2 %
79	2017-10-06 16:18:44	50.6 °C	19.3 %	80	2017-10-06 17:18:44	40.3 °C	23.9 %
THC-4							
81	2017-10-06 18:18:44	31.4 °C	31.5 %	82	2017-10-06 19:18:44	27.1 °C	37.5 %
83	2017-10-06 20:18:44	24.8 °C	40.3 %	84	2017-10-06 21:18:44	23.1 °C	44.0 %
85	2017-10-06 22:18:44	22.5 °C	44.7 %	86	2017-10-06 23:18:44	22.2 °C	43.0 %
87	2017-10-07 00:18:44	20.9 °C	41.8 %	88	2017-10-07 01:18:44	19.8 °C	41.9 %
89	2017-10-07 02:18:44	18.9 °C	44.6 %	90	2017-10-07 03:18:44	17.7 °C	47.4 %
91	2017-10-07 04:18:44	16.7 °C	49.9 %	92	2017-10-07 05:18:44	15.9 °C	52.6 %
93	2017-10-07 06:18:44	15.4 °C	53.5 %	94	2017-10-07 07:18:44	15.1 °C	54.0 %
95	2017-10-07 08:18:44	14.6 °C	54.7 %	96	2017-10-07 09:18:44	15.9 °C	53.9 %
97	2017-10-07 10:18:44	17.3 °C	50.1 %				

A continuació, igual que en els primers dos experiments, la taula de les hores seleccionades per analitzar les dades.

Llegenda:
Ta = Temperatura a l'habitació A
Tb = Temperatura a l'habitació B
Tc = Temperatura de confort
Te = Temperatura exterior
ΔTa = Diferència de temperatura en l'habitació A
ΔTb = Diferència de temperatura en l'habitació B

<i>Hora (d/m/a h)</i>	<i>T_a (°C)</i>	<i>T_b (°C)</i>	<i>T_c⁴⁸ (°C)</i>	<i>ΔT_a (°C)</i>	<i>ΔT_b (°C)</i>
<i>3/10/2017 13</i>	<i>25,0</i>	<i>24,9</i>	<i>22</i>	<i>3,0</i>	<i>2,9</i>
<i>4/10/2017 18</i>	<i>26,6</i>	<i>26,9</i>	<i>22</i>	<i>4,6</i>	<i>4,6</i>
<i>5/10/2017 15</i>	<i>38,2</i>	<i>48,7</i>	<i>22</i>	<i>16,2</i>	<i>26,7</i>
<i>6/10/2017 17</i>	<i>37,6</i>	<i>40,3</i>	<i>22</i>	<i>15,6</i>	<i>18,3</i>
<i>3/10/2017-7/10/2017</i>	<i>24,7</i>	<i>25,6</i>	<i>22</i>	<i>2,7</i>	<i>3,6</i>

El full de càlcul per obtenir aquests resultats es troba en l'Annex 9. S'ha utilitzat el mateix model d'aire condicionat per fer els càlculs.

<i>Hora (d/m/a h)</i>	<i>Diferència de cost (%)</i>
<i>3/10/2017 13</i>	<i>3,14</i>
<i>4/10/2017 18</i>	<i>-0,02</i>
<i>5/10/2017 15</i>	<i>-65,15</i>
<i>6/10/2017 17</i>	<i>-17,31</i>
<i>3/10/2017-7/10/2017</i>	<i>-33,60</i>

La segona fase no es pot calcular perquè l'alçada de la persiana variava contínuament i, per aquest motiu, no es pot determinar l'àrea de la finestra per la qual entra llum.

CONCLUSIONS

Es pot veure que a la tarda hi ha una diferència més gran ja que és durant aquest període quan la llum solar dóna directament a l'interior de les maquetes.

Es pot veure que l'estalvi pot ser de fins un 65%.

⁴⁸ Room temperature, The American Heritage Dictionary of the English Language.
<https://ahdictionary.com/word/search.html?q=room+temperature> (30/8/2017)

4. CONCLUSIONS

Evidentment, en començar el meu treball necessitava **informació sobre els aparells elèctrics** que hi ha en una llar i el seu consum. D'altra banda, també necessitava **informació sobre què és la domòtica** i els seus usos.

- A nivell d'aparells elèctrics, semblaria que a major preu major eficiència energètica. L'amortització del cost de l'aparell elèctric es dona en un termini raonable de temps donat l'increment continu del preu de l'electricitat.
- A més a més, la meua recerca bibliogràfica m'ha permès saber què és la domòtica i els diferents tipus i aplicacions d'aquesta que existeixen. Com per exemple el pou canadenc o utilitzar plaques calefactores a les finestres.

La part important del meu treball han estat els experiments relacionats amb l'ús d'elements domòtics aplicats en les persianes i l'estalvi derivat del seu ús. **Tan els experiments reals com els fets sobre maqueta han confirmat aquest estalvi. Tan els experiments fets manualment com aquells fets electrònicament també han confirmat aquest estalvi.**

Per poder assolir l'objectiu anterior, **m'he hagut de familiaritzar amb l'ús de la impressió en 3D, muntant una impressora i aprenent-ne l'ús. A més a més, m'he hagut de familiaritzar amb la utilització de diferents aparells electrònics** (components d'Arduino, sensors de temperatura i humitat, sensors de llum, etc.) que tot plegat m'han permès entrar en el món de l'electrònica aplicat a l'arquitectura.

I a més a més, per poder realitzar els experiments, he après a utilitzar **conceptes de diferents àmbits del món científic** (matemàtiques, tecnologia i química) **per poder realitzar els càlculs pertinents.**

Finalment, al llarg de tot el procés i, sobretot, durant la realització dels experiments, **m'he trobat amb nombroses dificultats que, feliçment, he pogut resoldre. Aquest fet ha desenvolupat en mi una capacitat d'anàlisi i de cerca d'alternatives i de solucions per poder tirar endavant.**

5. BIBLIOGRAFIA

10è Jove Campus de Recerca. <https://10jcr17.wordpress.com/> (31/7/2017)

10W LED STAR CLASSIC A 60 E27 CL CÁLIDO 806lm, VirtualLeds. <http://www.virtualleds.com/es/casquillo-grande-e27/756-10w-led-star-classic-a-60-e27-cl-calido-806lm-4052899149267.html> (4/8/2017).

Arduino. <https://www.arduino.cc/> (10/8/2017)

Atkinson, Nancy. *Who Discovered Electricity?*. 23/12/2015. Universe Today. <http://www.universetoday.com/82402/who-discovered-electricity/> (1/2/2017)

British thermal unit, Dictionary.com. <http://www.dictionary.com/browse/btu> (5/10/2017)

Com obtenir el Certificat d'Eficiència Energètica dels edificis existents, Institut Català d'Energia. http://icaen.gencat.cat/web/.content/20_Energia/24_usos_energia/02_edificis/01_certificacio_eficiencia_energetica/05_informacio_basica_professional/arxius/manual_cee_131009.pdf (6/5/2017)

Cura Software, Ultimaker. <https://ultimaker.com/en/products/cura-software> (7/10/2017)

Dades de l'estació automàtica de Banyoles, Servei Meteorològic de Catalunya (meteocat). <http://www.meteo.cat/observacions/xema/dades?codi=DJ&dia=2017-09-09T00:00Z> (9/9/2017)

Electricity. U.S. Energy Information Administration. http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm/data/index.cfm?page=electricity_home (1/2/2017)

Energia Solar Fotovoltaica, l'Institut Català d'Energia. http://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/04_coleccio_QuadernPractic/quadern_practic/arxius/04_energia_solar_fotovoltaica.pdf (11/9/2017)

Energy Label Generator, Comissió Europea. <http://eepf-energylabelgenerator.eu/> (6/5/2017)

EspaiZero. <https://sites.google.com/site/renovablezero/> (31/7/2017)

EspaiZero, Wattia. <http://www.wattia.cat/espaizero/> (31/7/2017)

Etiqueta energética de electrodomésticos, Iberdrola. <https://www.iberdrola.es/hogar/eficiencia/ahorro/etiquetado-electrodomesticos> (29/4/2017)

Freezers. Bosch. <http://www.bosch-home.co.uk/products/fridges-freezers/> (27/7/2017) Nota: La pàgina és anglesa. Per tant s'ha fet la conversió de moneda del mateix dia (1,12379027€/£).

Frequently Asked Questions, Arduino. <https://www.arduino.cc/en/Main/FAQ> (7/10/2017)

Fresh and Cool Air, Samsung. <http://www.samsung.com/levant/air-conditioners/all-air-conditioners/> (25/8/2017)

Freezers. Bosch. <http://www.bosch-home.co.uk/products/fridges-freezers/freezers.html> (31/3/2017)

Fridges without freezer section. Bosch. <http://www.bosch-home.co.uk/products/fridges-freezers/fridges/fridges-without-freezer-section.html> (23/3/2017)

GetaLamp. <https://www.getalamp.es/> (3/8/2017).

Halogen Classic A. OSRAM. http://www.osram.es/osram_es/productos/lamparas/lamparas-halogenas/halogen-classic/halogen-classic-a/index.jsp (16/2/2017)

Hitachi Air Conditioning, Hitachi. <https://www.hitachiaircon.com/argws/servlet/FileViewer?groupID=1127&langID=1> (26/8/2017)

Impresión profesional, espíritu maker, BQ. <https://www.bq.com/es/hephestos-2> (10/8/2017)

Led Star Classic A. OSRAM. http://www.osram.es/osram_es/productos/lamparas/lamparas-led/lamparas-led-para-consumidores-con-la-lampara-clasica/led-star-classic-a/index.jsp (21/2/2017)

LG Air Conditioners, LG. <http://www.lg.com/my/air-conditioners> (25/8/2017)

Luminous efficacy. Build. <http://www.build.com.au/luminous-efficacy> (16/2/2017)

Milutin Milankovitch (1879-1958), Earth Observatory | Nasa. https://earthobservatory.nasa.gov/Features/Milankovitch/milankovitch_2.php (9/9/2017)

MS6612 – Digital Light Meter [Lux/FC/CD], Mastech. <http://www.p-mastech.com/products.php?cate=110&PNo=93> (20/9/2017)

Murphy, Tom. *Maximum Efficiency of White Light*, University of California. <http://tmurphy.physics.ucsd.edu/papers/lumens-per-watt.pdf> (5/10/2017)

Pistola HG3, Bostik. http://www.bostik.es/industry-products-catalogue-sheet-28510-pistola_hg3-m-0-g-0.html (6/10/2017)

Plan Estable, Iberdrola. <https://www.iberdrola.es/hogar/luz/plan-estable> (28/6/2017)

Previous IDE Releases, Arduino. <https://www.arduino.cc/en/Main/OldSoftwareReleases> (7/10/2017)

Reglamento Delegado (UE) N° 874/2012 de la Comisión, EUR-Lex. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012R0874&from=ES> (5/10/2017)

Reglamento Delegado (UE) N° 1060/2010 de la Comisión, EUR-Lex. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010R1060&from=ES> (5/10/2017)

Room temperature, The American Heritage Dictionary of the English Language. <https://ahdictionary.com/word/search.html?q=room+temperature> (30/8/2017)

Solar Radiation at 24°, Build It Solar. <https://www.builditsolar.com/References/SolRad/Lat24.htm> (9/9/2017)

Solar Radiation at 40°, Build it Solar. <https://www.builditsolar.com/References/SolRad/Lat40.htm> (9/9/2017)

Tarifas Estables, gasNatural fenosa.

https://www.gasnaturalfenosa.es/hogar/luz_o_gas/contratar_luz_o_gas/tarifas_luz_y_gas/tarifas_estables (28/6/2017)

Tarifes d'Electricitat, Som Energia. <https://www.somenergia.coop/ca/tarifes-d-electricitat/#tarifa2.0> (28/6/2017)

THC-4, Inkbird. <http://www.ink-bird.com/products-data-logger-thc4.html> (10/7/2017)

The easiest way to draw in 3D, Sketchup. <https://www.sketchup.com/> (7/10/2017)

The electric bill, Endesa Educa. https://www.endesaeduca.com/Endesa_educa_Ingles/recursos-interactivos/el-sector-electrico/xx.-la-tarifa-electrica (27/6/2017)

Thermal Conductivity of common Materials and Gases, TheEngineeringToolbox. http://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html (11/9/2017)

Understanding my bill, Eversource. <https://www.eversource.com/Content/ema-e/residential/my-account/my-bill/understanding-my-electric-bill> (27/6/2017)

Wattia Innova. <http://www.wattia.cat/> (31/7/2017)

What is home Automation? Petro, Home Services Automation. <http://smarthome.petro.com/what-is-home-automation/> (5/2/2017)

What is PLA? Polymaker. <http://www.polymaker.com/faq/what-is-pla/> (10/8/2017)

Whelan, M; Cunningham, Joseph; Rockwell, S. *AC Power History and Timeline*. Edison Tech Centre. <http://www.edisontechcenter.org/AC-PowerHistory.html> (1/2/2017)

Figura 1. Font: Iberdrola. https://www.iberdrola.es/02sica/gc/prod/es_ES/hogares/imgs/asesoramiento_etiquetado.jpeg

Figura 2. Font: Inkbird <http://www.ink-bird.com/products-data-logger-thc4.html>

Figura 3. Font: Mastech http://www.p-mastech.com/upload/product/photo_L_150354041733.png

6. ANNEXOS

ANNEX 1: PROCEDIMENT PER TROBAR LES MASSES DELS GASOS

A continuació hi ha el procediment que s'ha seguit per saber la quantitat en massa dels diferents gasos a les dues habitacions. Només s'ha calculat la massa dels gasos més abundants a l'atmosfera (O_2 , N_2 , H_2O i Ar) ja que la resta constitueixen un 1% d'aquesta.

Dades:

$P = 1 \text{ atm} \leftarrow$ Pressió a nivell de mar (diferència de 200m aprox.)

$T = Y \rightarrow Y = 26,1^\circ\text{C}$ (habitació amb persiana regulada) o $Y = 27,6^\circ\text{C}$ (habitació amb persiana constant)

$H = Z \rightarrow Z = 56,5\%$ (habitació amb persiana regulada) o $Z = 53,00\%$ (habitació amb persiana constant)

$V = 24 \text{ m}^3 = 24.000 \text{ l} \leftarrow$ Volum mesurat de les habitacions

$n = X \text{ mol} \leftarrow$ Nombre de mols totals dels gasos

$R = 0,082 (\text{atm} \cdot \text{l}) / (\text{K} \cdot \text{mol}) \leftarrow$ Constant dels gasos ideals

$CM^{49} \leftarrow$ Concentració en massa de cada gas a l'atmosfera

$M \leftarrow$ Massa molar de cada gas

Equació d'estat dels gasos ideals:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Procediment habitació amb persiana regulada:

Es busquen els mols totals.

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$1 \cdot 24.000 = 0,082 \cdot n \cdot (273 + 26,1)$$

$$n = 978,5 \text{ mol}$$

Mitjançant la següent fórmula de percentatges es pot trobar els mols de cada gas.

$$n_{\text{Gas}} = n \cdot (1 - (H/100)) \cdot CM$$

$$n_{N_2} = n \cdot (1 - 0,565) \cdot 0,7547 = 321,24 \text{ mol } N_2$$

$$n_{O_2} = n \cdot (1 - 0,565) \cdot 0,2320 = 98,75 \text{ mol } O_2$$

$$n_{Ar} = n \cdot (1 - 0,565) \cdot 0,0128 = 5,45 \text{ mol } Ar$$

$$n_{H_2O} = n \cdot 0,565 = 552,85 \text{ mol } H_2O$$

Finalment, amb factors de conversió es troben les masses dels diferents gasos.

Procediment habitació amb persiana constant:

Es busquen els mols totals.

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$1 \cdot 24.000 = 0,082 \cdot n \cdot (273 + 27,6)$$

$$n = 973,6 \text{ mol}$$

Mitjançant la següent fórmula de percentatges es pot trobar els mols de cada gas.

$$n_{\text{Gas}} = n \cdot (1 - (H/100)) \cdot CM$$

$$n_{N_2} = n \cdot (1 - 0,53) \cdot 0,7547 = 345,34 \text{ mol } N_2$$

$$n_{O_2} = n \cdot (1 - 0,53) \cdot 0,2320 = 106,16 \text{ mol } O_2$$

$$n_{Ar} = n \cdot (1 - 0,53) \cdot 0,0128 = 5,86 \text{ mol } Ar$$

$$n_{H_2O} = n \cdot 0,53 = 516,00 \text{ mol } H_2O$$

Finalment, amb factors de conversió es troben les masses dels diferents gasos.

⁴⁹ Air Composition, The Engineering Toolbox. http://www.engineeringtoolbox.com/air-composition-d_212.html (19/8/2017)

$m_{\text{Gas}} = n_{\text{Gas}} \cdot M$ $321,24 \text{ mol N}_2 \cdot (28,02 \text{ g N}_2 / 1 \text{ mol N}_2) = \underline{9 \text{ kg N}_2}$ $98,75 \text{ mol O}_2 \cdot (36 \text{ g O}_2 / 1 \text{ mol O}_2) = \underline{3,55 \text{ kg O}_2}$ $5,45 \text{ mol Ar} \cdot (39,94 \text{ g Ar} / 1 \text{ mol Ar}) = \underline{0,218 \text{ kg Ar}}$ $552,85 \text{ mol H}_2\text{O} \cdot (18 \text{ g H}_2\text{O} / 1 \text{ mol H}_2\text{O}) = \underline{9,95 \text{ kg H}_2\text{O}}$	$m_{\text{Gas}} = n_{\text{Gas}} \cdot M$ $345,34 \text{ mol N}_2 \cdot (28,02 \text{ g N}_2 / 1 \text{ mol N}_2) = \underline{9,7 \text{ kg N}_2}$ $106,16 \text{ mol O}_2 \cdot (36 \text{ g O}_2 / 1 \text{ mol O}_2) = \underline{3,82 \text{ kg O}_2}$ $5,86 \text{ mol Ar} \cdot (39,94 \text{ g Ar} / 1 \text{ mol Ar}) = \underline{0,234 \text{ kg Ar}}$ $516,00 \text{ mol H}_2\text{O} \cdot (18 \text{ g H}_2\text{O} / 1 \text{ mol H}_2\text{O}) = \underline{9,29 \text{ kg H}_2\text{O}}$
--	---

ANNEX 2: FULL DE CÀLCUL PER TROBAR LA DIFERÈNCIA D'ENERGIA (EXPERIMENT 1)

A continuació hi ha el full de càlcul que s'ha utilitzat per trobar la diferència d'energia en temperatura entre les dues habitacions. Simplement s'ha multiplicat la massa del gas per la temperatura mitjana i per la calor específica de cada gas. Aquesta última dada ha estat extreta de la pàgina web The Engineering Toolbox⁵⁰.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Casa Meva	m gasos (kg):		Tmitjana (°C):	Hmitjana (%):						E gasos (kJ):			
2	N2	9		26,1	56,5					N2	2799,576			
3	O2	3,55		Tmitjana (K):						O2	975,7988			
4	Ar	0,218		299,1				Ce gasos (kJ/(kg·K)):		Ar	33,905976			
5	H2O	9,95					N2	1,04		H2O	5743,7669		Energia Casa (kJ):	9553,048
6							O2	0,919					Diferència energia (kJ):	39,06964
7	Casa Àvia	m gasos (kg):		Tmitjana (°C):	Hmitjana (%):		Ar	0,52			E gasos (kJ):		Energia Casalaia (kJ):	9513,978
8	N2	9,7		27,6	53		H2O vapor	1,93		N2	3032,4528			
9	O2	3,82		Tmitjana (K):						O2	1055,2803			
10	Ar	0,234		300,6						Ar	36,577008			
11	H2O	9,29								H2O	5389,6678			

⁵⁰ Specific Heat and Individual Gas Constant of Gases, The Engineering Toolbox. http://www.engineeringtoolbox.com/specific-heat-capacity-gases-d_159.html (19/8/2017)

ANNEX 3: FULL DE CÀLCUL DE LA FASE 1 (EXPERIMENT 1)

[illegible]

El que s'ha fet és sumar el producte de cada gas per cada calor específic a cada hora en els dos casos. El resultat d'aquesta operació és l'energia útil necessària. Després, s'ha aplicat el rendiment de l'aire condicionat de Hitachi a aquesta energia ja que la potència és proporcional a l'energia. Finalment, amb l'ajuda del cost de l'electricitat de diferents subministradores es troba el cost econòmic i la diferència d'aquest cost entre les dues habitacions. El cost econòmic i energètic són proporcionals i, per tant, la diferència és la mateixa.

ANNEX 4: FULL DE CÀLCUL DE LA FASE 2 (EXPERIMENT 1)

Hora (d/m/a h):	ΔT (K):	Qa (W):	Qb (W):	RA (W):	RB (W):	PA (W):	PB (W):	ΔP (W):	ΔP (%):
12/8/2017 15	4,6	21,52124	21,52202	0,6188952	0,05516	22,1401332	21,57718	-0,5629532	-2,609
17/8/2017 16	9,4	43,97818	43,97978	4,6311216	7,10776	48,6693036	51,08754	2,4182364	4,7335
15/8/2017 17	3	14,03553	14,0361	0,8217264	21,16568	14,8573164	35,20178	20,3444636	57,794
13/8/2017 18	3,7	17,31056	17,31119	19,7162328	29,87308	37,0267938	47,18427	10,1574762	21,527
14/8/2017 19	2,2	10,29349	10,29314	48,2738256	36,57108	58,5673176	46,86422	-11,7030976	-24,97
hora del día:	Finestra:	Avide0 (m	Avide (m2	Kvide0 (W°cm²-1°K	Arajols (m2):	Krajols (W°cm²-1°K	±(K°A):		
21	0	0,1	0	0,01	6,78	0,69	4,6782		
9	1	0,1	0,1	0,01	6,78	0,69	4,6792		
11	1	0,1	0,1	0,01	6,78	0,69	4,6792		
13	0,66	0,1	0,066	0,01	6,78	0,69	4,67886		
15	0,33	0,1	0,033	0,01	6,78	0,69	4,67853		
17	0,33	0,1	0,033	0,01	6,78	0,69	4,67853		
19	0,66	0,1	0,066	0,01	6,78	0,69	4,67886		
B	0,5	0,1	0,05	0,01	6,78	0,69	4,6787		
hora del día:	P (BTU/(hr*ft²	P (W/m2):		Difusa (%):	Percentatge efectiu (sobre 1):				
15	7	22,064	Clar	15	0,85 <--				
16	82	258,464	Parcialme	45	0,55 <--				
17	158	498,016	Tapat	95	0,05 <--				
18	223	702,896							
19	273	860,496							
20	304	958,208							
21	315	992,88							

Per fer aquest càlcul s'ha tingut en compte la superfície de la paret i la finestra per saber la radiació solar. També, per calcular la radiació solar s'ha tingut en compte la difusa per part dels núvols.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Casa Meva	m gasos (kg):		Tmitjana (°C):	Hmitjana (%):						E gasos (kj):			
2	N2	9		27,9	57,6					N2	2816,424			
3	O2	3,55		Tmitjana (K):						O2	981,6712			
4	Ar	0,218		300,9				Ce gasos (kj/(kg*K)):		Ar	34,11002			
5	H2O	9,95					N2	1,04		H2O	5778,333		Energia Casa (kj):	9610,54
6							O2	0,919					Diferència energia (kj):	30,0955
7	Casa Àvia	m gasos (kg):		Tmitjana (°C):	Hmitjana (%):		Ar	0,52			E gasos (kj):		Energia Casalaia (kj):	9580,44
8	N2	9,7		29,7	53,2		H2O vapor	1,93		N2	3053,638			
9	O2	3,82		Tmitjana (K):						O2	1062,653			
10	Ar	0,234		302,7						Ar	36,83254			
11	H2O	9,29								H2O	5427,32			

[illegible]

Hora (d/m/a h):	ΔT (K):	Qa (W):	Qb (W):	R A (W):	R B (W):	P A (W):	P B (W):	ΔP (W):	ΔP (%):
18/8/2017 14	13,1	61,288743	61,29037	0,322580645		0	61,61132365	61,29097	-0,320353645 -0,52268
19/8/2017 18	3,7	17,310561	17,31119	0,322580645		35,1448	17,6334165	52,45539	34,82284835 66,38488
20/8/2017 21	-0,4	-1,87128	-1,87148	0,322580645		49,644	-1,548693355	47,77252	49,32121935 103,2418
21/8/2017 7	1,4	6,54948	6,55018	0,268817204		0	6,818297204	6,55018	-0,268117204 -4,09328
hora del dia:	Finestra:	Avidre0 (m2):	Avidre (m2):	Kvide0 [W/(cm²·K)]:	Arajols (m2):	Krajols [W° cm⁻²·TK] Σ(K'A):			
21	0	0,1	0	0,01	6,78	0,69	4,6782		
9	1	0,1	0,1	0,01	6,78	0,69	4,6792		
11	1	0,1	0,1	0,01	6,78	0,69	4,6792		
13	0,66	0,1	0,066	0,01	6,78	0,69	4,67886		
15	0,33	0,1	0,033	0,01	6,78	0,69	4,67853		
17	0,33	0,1	0,033	0,01	6,78	0,69	4,67853		
19	0,66	0,1	0,066	0,01	6,78	0,69	4,67886		
B	0,5	0,1	0,05	0,01	6,78	0,69	4,6787		
hora del dia:	Flux llum (lux):	Eficàcia Iluminosa (lm/W):	Radiació (W/m2):	Àrea parets (m2):	Potència irradiada (W):				
Mati	500	93	5,376344086	50,3662	270,7860215				
Tarda	600	93	6,451612903	50,3662	324,9432258				
hora del dia:	P (BTU/hr·ft²):	P (W/m2):		Difusa (%):	Percentatge efectiu (sobre 1):				
15	7	22,064	Clar	15	0,85				
16	82	258,464	Parcialment núvol	45	0,55				
17	158	498,018	Tapat	95	0,05				
18	223	702,896							
19	273	860,496							
20	304	958,208							
21	315	992,88							

ANNEX 8: LLISTA DE MODELS D'APARELLS D'AIRE CONDICIONAT

La potència útil pot arribar a ser superior a la potència consumida perquè la primera és la capacitat per dissipar energia tèrmica. Aquest procés és diferent al d'escalfar una substància ja que la fredor no es pot quantificar. En aquest cas es pot parlar de falta de calor.

<i>Model d'aire condicionat⁵¹</i>	<i>Marca</i>	<i>Capacitat de refrigeració (BTU/h)</i>	<i>Potència útil màxima (kW)</i>	<i>Potència consumida (kW)</i>	<i>Rendiment (%)</i>
<i>11900 BTU, AR4000K</i>	<i>SAMSUNG</i>	<i>11900</i>	<i>3,49</i>	<i>1,27</i>	<i>274,8</i>
<i>17000 BTU, AR4000K</i>	<i>SAMSUNG</i>	<i>17000</i>	<i>4,98</i>	<i>1,45</i>	<i>343,4</i>
<i>23200 BTU, AR4000K</i>	<i>SAMSUNG</i>	<i>23200</i>	<i>6,80</i>	<i>2,26</i>	<i>300,9</i>
<i>12000 BTU, AR5000</i>	<i>SAMSUNG</i>	<i>12000</i>	<i>3,52</i>	<i>0,85</i>	<i>414,1</i>
<i>18000 BTU, AR5000</i>	<i>SAMSUNG</i>	<i>18000</i>	<i>5,28</i>	<i>1,25</i>	<i>422,4</i>
<i>24000 BTU, AR5000</i>	<i>SAMSUNG</i>	<i>24000</i>	<i>7,03</i>	<i>1,795</i>	<i>391,6</i>
<i>11900 BTU, AR5500</i>	<i>SAMSUNG</i>	<i>11900</i>	<i>3,49</i>	<i>1,06</i>	<i>329,2</i>
<i>12000 BTU, AR5500</i>	<i>SAMSUNG</i>	<i>12000</i>	<i>3,52</i>	<i>1,03</i>	<i>341,7</i>
<i>17000 BTU, AR5500</i>	<i>SAMSUNG</i>	<i>17000</i>	<i>4,98</i>	<i>1,45</i>	<i>343,4</i>
<i>23200 BTU, AR5500</i>	<i>SAMSUNG</i>	<i>23200</i>	<i>6,80</i>	<i>2,26</i>	<i>300,9</i>
<i>Deluxe Non-Converter Air Conditioner – 2,5HP</i>	<i>LG</i>	<i>22500</i>	<i>6,59</i>	<i>1,91</i>	<i>345,0</i>
<i>Deluxe Non-Converter Air Conditioner – 2,0HP</i>	<i>LG</i>	<i>18000</i>	<i>5,28</i>	<i>1,6</i>	<i>330,0</i>
<i>Deluxe Non-Converter Air Conditioner – 1,5HP</i>	<i>LG</i>	<i>12000</i>	<i>3,52</i>	<i>1,02</i>	<i>345,1</i>
<i>Deluxe Non-Converter Air Conditioner – 1,0HP</i>	<i>LG</i>	<i>10200</i>	<i>2,99</i>	<i>0,82</i>	<i>293,1</i>
<i>Standard – 2,5HP</i>	<i>LG</i>	<i>24000</i>	<i>7,03</i>	<i>2,5</i>	<i>281,2</i>
<i>Standard – 2,0 HP</i>	<i>LG</i>	<i>18000</i>	<i>5,28</i>	<i>1,78</i>	<i>296,6</i>
<i>Standard – 1,0HP</i>	<i>LG</i>	<i>9000</i>	<i>2,64</i>	<i>0,9</i>	<i>293,3</i>

⁵¹ Fresh and Cool Air, Samsung. <http://www.samsung.com/levant/air-conditioners/all-air-conditioners/> (25/8/2017)

LG Air Conditioners, LG. <http://www.lg.com/my/air-conditioners> (25/8/2017)

Hitachi Air Conditioning, Hitachi. <https://www.hitachiaircon.com/argws/servlet/FileViewer?groupID=1127&langID=1> (26/8/2017)

RAK-18PPB	HITACHI	6483	2,5	2,00	125,0
RAK-25PPB	HITACHI	7507	3,10	2,50	124,0
RAK-35PPB	HITACHI	9213	4,00	3,50	114,3
RAK-50PPB	HITACHI	12966	5,20	5,00	104,0
RAK-60PPB	HITACHI	15013	6,50	6,10	106,6
RAK-70PPB	HITACHI	18426	8,00	7,00	114,3

[illegible]