



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de
Ingeniería de Edificación

COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE UNA CONSTRUCCIÓN PARA ENSAYOS AL AIRE LIBRE

PROYECTO FINAL DE GRADO



Autor: María Dolores Martínez Bernal

Directores académicos: José Luis Vivancos Bono

Carola Aparicio Fernandez



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
2. OBJETIVOS	8
3. AIDICO	11
4. EL PROYECTO	16
4.1. Situación del proyecto	17
4.2. Características del proyecto	19
5. PROCEDIMIENTO	29
6. RESULTADOS Y COMPARATIVAS	45
7. PERFILES TÉRMICOS	68
8. CONCLUSIONES	78
9. BIBLIOGRAFÍA	79

1. INTRODUCCIÓN

La eficiencia energética, el confort de las personas y la seguridad son temas que han alcanzado una gran relevancia en nuestra sociedad. Actualmente debido al consumo excesivo de energías no renovables, se ha tenido que poner freno a esto de alguna manera, lanzando medidas desde la Unión Europea para evitar ese consumo tan elevado, con un desarrollo sostenible de la sociedad de acuerdo con el Protocolo de Kyoto y también para evitar las elevadas emisiones de gases a la atmósfera, causantes del efecto invernadero. Una de las medidas adoptadas sería limitar la demanda energética de los edificios¹. En España se ha creado una normativa para limitar esa demanda energética tan elevada: *el Código Técnico de la Edificación en su Documento Básico HE Ahorro de Energía*.

El sector de la construcción es uno de los sectores más importantes para la economía española, debido a la gran expansión que ha tenido desde los años 90, pero al mismo tiempo ha provocado graves impactos sobre el entorno natural. Se estima que más del 20% de la energía primaria que se consume en España, se hace en el sector de la edificación, por lo que la reducción de la demanda y el ahorro energético son condiciones prioritarias para cumplir los retos energéticos internacionales que España tiene planteados.

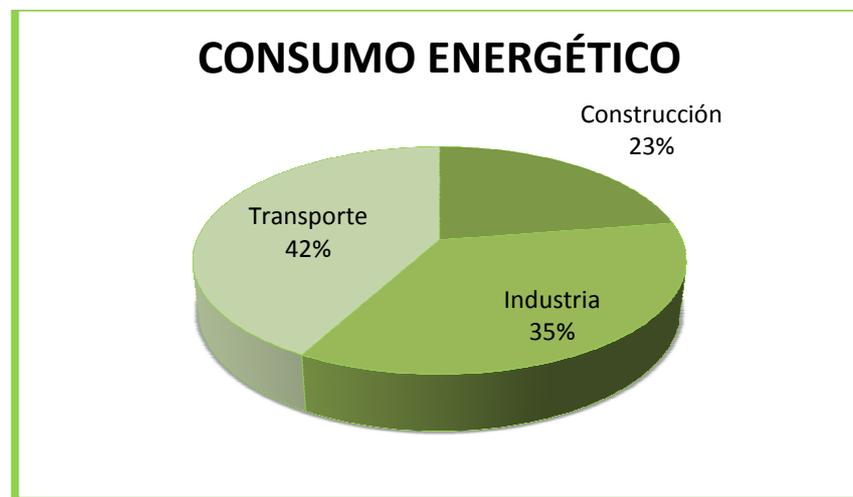


Figura 1.1 Gráfico consumo energético

¹ Isover Saint-Gobain: Eficiencia Energética y Confort en los Climas Cálidos.

Este desarrollo de la edificación ha llevado asociado un aumento del consumo energético, debido en gran parte a la escasa atención prestada a la incorporación de estrategias pasivas en la edificación que conlleva la necesidad de emplear sistemas activos en los edificios para conseguir el nivel de confort demandado por la sociedad actual. Un edificio diseñado con criterios de eficiencia energética puede conseguir ahorros de hasta el 70% en climatización e iluminación, siendo esto posible mediante la aplicación de soluciones arquitectónicas diseñadas desde una lógica de adaptación y adecuación al clima, en contra de los procedimientos más comunes de diseño y ejecución en la construcción actual. El aislamiento térmico es la herramienta más rentable para reducir el consumo de energía en edificios y disminuir las emisiones de gases asociadas al efecto invernadero².

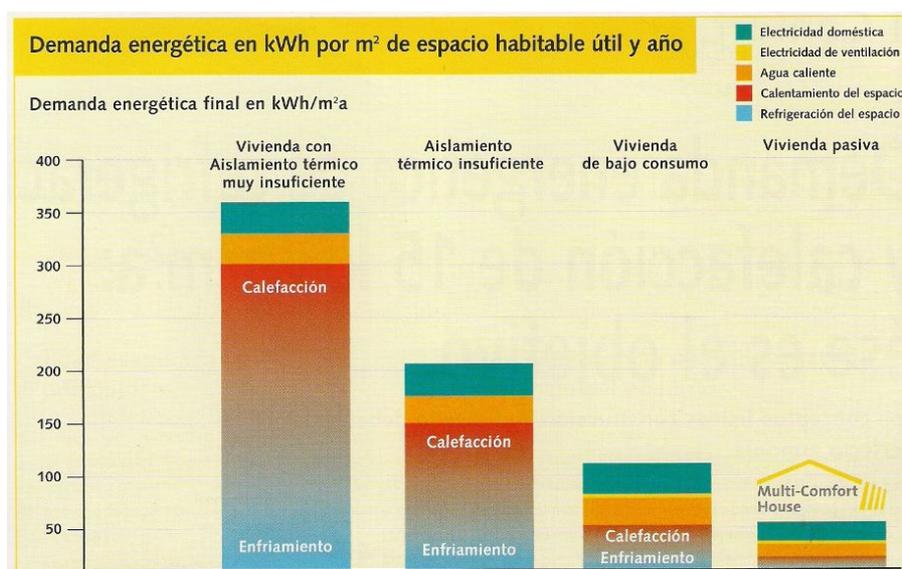


Figura: 1.2 Demanda energética
Gráfico: Eficiencia Energética y Confort en los climas cálidos. ISOVER

La calefacción y la refrigeración son las principales causas de las emisiones de gases de efecto invernadero en los edificios, que en Europa producen el 30% de todas las emisiones, equivalente a unos 842 millones de toneladas de CO₂ cada año (casi dos veces mayor al objetivo pretendido conseguir en el protocolo de Kyoto). Las características de los edificios

² Isover Saint-Gobain: Guía Isover. Soluciones de Aislamiento.



diseñados para ahorrar energía son las de aprovechar al máximo las ganancias procedentes del sol es decir, luz y calor, minimizar las pérdidas de energía del edificio en invierno, y las ganancias en verano. Es muy importante conocer las condiciones del entorno físico del edificio, ya que dependiendo del lugar donde se sitúe necesita unas características u otras, por ejemplo, en un clima frío existe una mayor demanda energética en invierno que en verano para calentar el edificio y al contrario ocurre en un clima cálido que necesitará una mayor demanda en verano para refrigerar el edificio.

Según EURIMA (Asociación Europea de Fabricantes de Lanasy Minerales), usando técnicas y sistemas de aislamiento adecuados, tanto en la construcción de edificios nuevos como en la rehabilitación de los edificios existentes, Europa podría reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en 460 millones de toneladas³.

Por todo este consumo excesivo de energías no renovables y contaminantes a su vez es urgente e imprescindible reducir nuestro consumo y diversificar nuestras fuentes de producción de acuerdo con el concepto de:

- Reducir la demanda de energía implementando medidas de ahorro y evitando despilfarros.
- Utilizar siempre que sea posible, fuentes sostenibles de energía en lugar de combustibles fósiles.
- Emplear la energía de origen fósil de la manera más eficiente posible.

AISLAMIENTO TÉRMICO EN EDIFICACIÓN

Desde el hombre primitivo, el ser humano ha buscado en las viviendas un medio de protegerse contra las agresiones exteriores. Una de las principales agresiones del entorno la constituyen los cambios climáticos.

El desarrollo de la civilización conlleva mayores exigencias de confort térmico, siendo la consideración de temperatura confortable todo el año, una de las principales finalidades de los

³ Isover Saint-Gobain: Manual de aislamiento en edificación

edificios habitables. Es importante tener en cuenta en este panorama que el hombre moderno pasa más del 85% de su vida en el interior de edificios.

Mantener este confort térmico interior requiere asumir un cierto consumo energético, variable según la climatología de cada zona geográfica.

Los aislamientos térmicos para la edificación representan el sistema más eficaz para disminuir el consumo energético necesario.

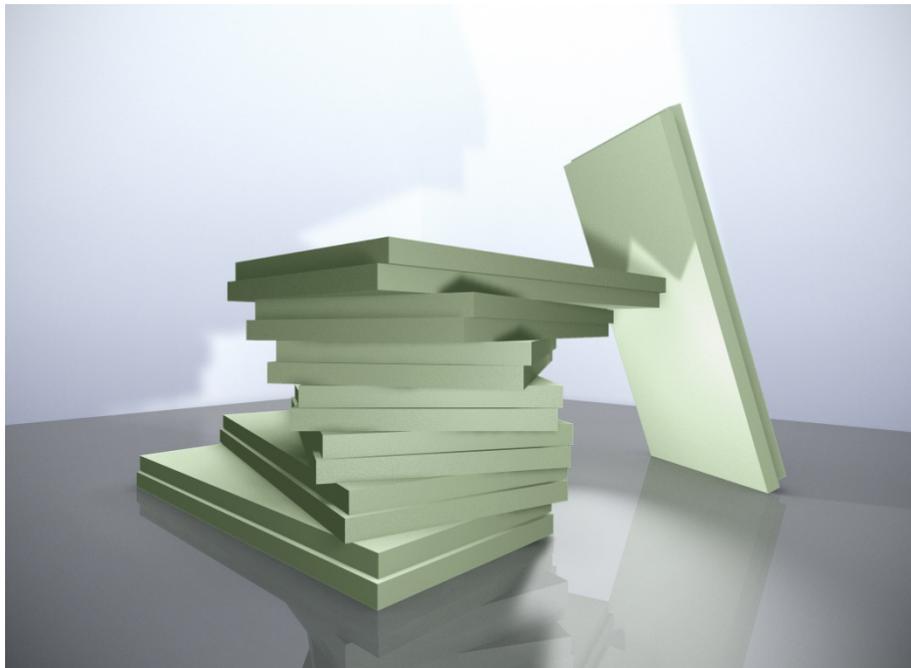


Figura 1.3 Aislante térmico, poliestireno extruido
Fotografía: O-BASE

En general, se tiende a considerar que los procesos térmicos en los edificios representan un valor muy inferior al de los otros sectores de consumo (industria, transporte, centrales térmicas). La industria y las centrales térmicas pueden mejorar su ratio de consumo energético por unidad producida, aumentando la eficacia de los procesos, de los materiales y del control, incluso mediante nuevas tecnologías de proceso.

No obstante, la reducción porcentual del consumo, no parece tan importante en el ámbito de los países industrializados como en el sector de la edificación. En éste, sí es posible alcanzar reducciones muy elevadas sobre el actual nivel de consumo energético.



Aislar térmicamente una vivienda consiste en lograr que sus elementos en contacto con el exterior aumenten su resistencia al paso del calor, lo que se consigue incorporando materiales aislantes en: muros exteriores, cubiertas, suelos, tabiques y huecos.

La incorporación del aislamiento térmico contribuye a:

- Reducir la factura energética del usuario/propietario y del país: al incorporar aislamiento térmico en el edificio se reducen las pérdidas de calor o frío (invierno/verano) dentro de la vivienda; por tanto, la energía necesaria para calentar o enfriar las habitaciones será menor, haciendo que se ahorre dinero en la factura energética y, a nivel global, que se reduzca en el consumo del país.
- Mejorar el confort y el bienestar para el usuario: el confort expresa una sensación respecto al ambiente. Una vivienda aislada térmicamente contribuye al bienestar del usuario ayudando a mantener una temperatura confortable dentro de la vivienda, tanto en invierno como en verano.
- Disminuir las emisiones de gases con efecto invernadero (principalmente CO₂): las calderas de gas, derivados de petróleo o carbón emiten gases en su combustión (CO₂ y otros). También la producción de energía eléctrica lleva asociada emisiones de CO₂. Una casa bien aislada térmicamente contribuye a reducir el consumo de energía y, por tanto, la emisión de gases con efecto invernadero.
- Eliminar las condensaciones y mejorar el aislamiento acústico: por un lado se eliminan las humedades interiores que suelen conllevar la aparición de moho y, además, se reduce el ruido procedente del exterior o de los propios vecinos⁴.

⁴ Ministerio de Industria, turismo y comercio: Guía práctica para la rehabilitación de edificios.

2. OBJETIVOS

El objetivo del proyecto es estudiar el comportamiento térmico de dos recintos que están expuestos al aire libre, realizando una comparativa entre datos reales, adquiridos a través de sensores situados en los recintos, que obtienen temperatura, humedad, radiación y datos experimentales, calculados mediante un balance térmico.

Los recintos son una línea de actuación realizada por la empresa AIDICO, para conseguir una reducción de la demanda energética. Debido a que actualmente en edificación se habla de eficiencia energética y de reducir la demanda, son necesarios estudios que aconsejen o prioricen estrategias pasivas para lograr este objetivo. Con la aplicación de medidas pasivas se puede conseguir una importante reducción de la demanda de energía de los edificios, por lo que esta línea de actuación tiene como objetivo principal cuantificar medidas de ahorro energético aplicables a la edificación, mediante el estudio y el análisis de datos obtenidos a través de mediciones de un modelo físico real.



Fotografía 2.1 Recintos de estudio



La posibilidad de poder trasladar las conclusiones del proyecto a edificios reales, haría posible obtener edificios energéticamente eficientes. Se considera importante para el sector de la construcción estudiar el comportamiento de los sistemas pasivos en la edificación, ya que actualmente existe una gran variedad de soluciones constructivas de las que se desconoce su comportamiento energético. Por tanto, es necesario estudiar este comportamiento y cuantificar la reducción energética de cada sistema. Hoy las empresas del sector de la construcción están obligadas a adaptarse a las nuevas leyes que desde Europa insisten en el ahorro energético. Las empresas necesitan tener información sobre estas estrategias pasivas y mejoras en las soluciones constructivas que pueden aplicar en sus edificios para conseguir reducir la demanda energética, contribuyendo así a la reducción del consumo energético⁵.

En el caso de este proyecto se dispone de un sistema pasivo tipo, el uso del aislante térmico en edificación. En la cara sur de uno de los dos recintos se dispone de un aislamiento térmico adherido al cerramiento.

Estudiaremos las pérdidas a través de los cerramientos (paredes, techos, etc.), mediante la transmisión de calor. Cuando una pared opaca y homogénea se coloca entre dos ambientes a diferente temperatura, se produce en varias fases:

1. Del aire interior (ambiente más caliente) a la cara interna de la pared.
2. A través de la pared.
3. De la cara externa de la pared al aire exterior (ambiente más frío)

La transmisión a través de la fase 2 se produce por conducción y en las fases 1 y 3, por convección y radiación.

⁵ García, Alejandro y Mora, Diana: Energy Performance Assessment of Building Systems with Computer Dynamic Simulation and Monitoring in laboratory

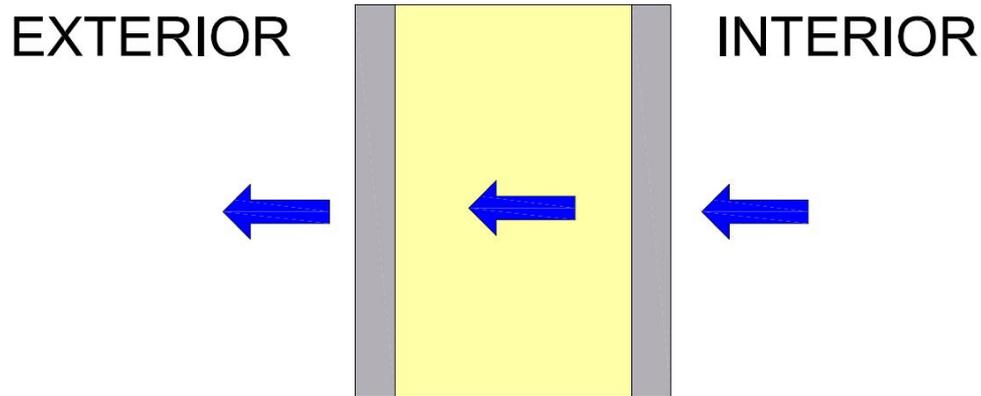


Figura 2.2 Pérdidas de calor

Las condiciones térmicas de un edificio dependen de la magnitud de las pérdidas y ganancias de calor que está teniendo en un momento dado. El edificio tenderá a calentarse cuando las ganancias de calor sean mayores que las pérdidas, y a enfriarse en la situación contraria. Esto es el balance térmico.

El balance térmico se realiza para poder estudiar de modo experimental, distintos tipos de soluciones constructivas, para conseguir la solución situada en un estado de confort. Definimos confort como la situación de bienestar del hombre.

3. AIDICO

AIDICO, Instituto Tecnológico de la Construcción es una asociación privada sin ánimo de lucro formada por empresas del sector de la construcción. Fue creado en 1990 por la Generalitat Valenciana a través del IMPIVA (Instituto de la Mediana y Pequeña Industria Valenciana) y con el apoyo de los empresarios del sector de la construcción. Pertenece a la Red de Institutos Tecnológicos de la Comunidad Valenciana (REDIT), así como a la Federación Española de Entidades de Innovación y Tecnología (FEDIT).



Fotografía 3.1. AIDICO
Fotografía: página web de AIDICO

AIDICO desempeña una importante labor dirigida a potenciar la presencia de las empresas del sector en mercados emergentes, en los que existen importantes oportunidades de negocio. Para ello, desde sus sedes de Paterna (Valencia) y Novelda (Alicante) así como desde sus delegaciones en Marruecos, Rumania, Rusia y China, realiza numerosas acciones que facilitan a las empresas tanto la entrada a nuevos mercados como la permanencia en los mismos. A ello se suman los convenios que mantiene con distintos organismos internacionales y centros tecnológicos de numerosos países dirigidos igualmente a fomentar la internacionalización de las empresas y el intercambio de conocimiento tanto técnico como comercial.



La principal finalidad de AIDICO es optimizar la capacidad de innovación, calidad, seguridad y sostenibilidad de las empresas del sector para potenciar su competitividad en los mercados nacionales e internacionales.

Entre los objetivos de AIDICO destacan:

- Mejora de la competitividad de las empresas
- Incremento de la Calidad, seguridad y Sostenibilidad de los Productos
- Fomento de la modernización y diversificación de las Industrias a través de proyectos de I + D en las empresas
- Internacionalización de las empresas
- Fomento de la Transferencia de Tecnología del sector.
- Actualización de Información técnica y normativa.

La línea de actuación de Desarrollo de Proyectos de I+D+i abarca las siguientes áreas:

- Nanotecnología: las líneas de investigación son:
 - Nanocomposites
 - Diseño y aplicación de materiales nanoestructurados para matrices de aglomerantes hidráulicos
 - Materiales multifuncionales mediante incorporación de nanopartículas
 - Materiales híbridos orgánico-inorgánicos
 - Nanoencapsulación y anclaje de sustancias activas
 - Materiales nanoestructurados para aplicaciones fotovoltaicas
- Materiales y procesos:
 - Cementos y hormigones
 - Escayolas.
 - Polímeros y adhesivos
 - Rocas industriales (áridos, piedra natural)
 - Materiales inteligentes
 - Minería.
- Agua
- Medio ambiente:



- Energías renovables.
- Construcción sostenible: El área de Construcción Sostenible trata de fomentar, por parte de todos los agentes involucrados en el proceso productivo, unos criterios respetuosos con el medio ambiente, teniendo en cuenta también, el aspecto social y económico. El objetivo del área es el estudio y transferencia de conocimientos a las empresas en el campo de la construcción sostenible, basándose en generar una serie de soluciones a lo largo de todo el ciclo de vida de un edificio o infraestructura, que minimicen el impacto ambiental del hecho constructivo.

Las principales líneas de actuación de esta área son:

- Sostenibilidad en productos de construcción: análisis de ciclo de vida y ecodiseño y ecoetiquetado.
- Sostenibilidad en edificación. Eficiencia energética: eficiencia energética de edificios; integración de energías renovables en edificios.

Este último apartado trata de estudiar la mejora del comportamiento energético, análisis del comportamiento energético de sistemas constructivos, monitorización energética de edificios existentes, y certificación de Eficiencia Energética de Edificios.

- Eficiencia energética integral: tiene el objetivo de evaluar y desarrollar estrategias, tanto pasivas como activas, que permitan reducir el consumo energético manteniendo los niveles de confort actuales, así como el análisis de la viabilidad y la adecuación de integración de energías renovables en la edificación. Se pretende evitar el derroche abusivo de energía que producen los edificios durante su uso, por medio de medidas de eficiencia energética adaptadas a la situación, entorno y tipología de la edificación.
- Diagnóstico estructural:
 - Acústica y térmica
 - Ensayos no destructivos
 - Instrumentación, monitorización y control estructural
 - Diagnóstico estructural y patología.



- Patrimonio:
 - Ensayos No Destructivos
 - Ensayos quasi-no destructivos
 - Monitorización estructural y ambiental
 - Análisis estructural estático y dinámico
 - Evaluación histórico-artística
- Medios de protección colectiva:
 - Estudio de nuevos materiales para su empleo en diferentes sistemas de protección colectiva.
 - Análisis y propuesta de mejora de las propiedades de durabilidad en aquellos materiales susceptibles de pérdida de sus características resistentes, por influencia de las condiciones climáticas de utilización bajo la intemperie.
 - Elaboración y desarrollo de Guías Técnicas sobre determinados aspectos específicos y especialmente complejos en materia de seguridad y salud en construcción.
 - Desarrollos tecnológicos sobre diferente tipología de sistemas de protección y medios auxiliares, con objeto de mejorar sus prestaciones y adecuación a las normas técnicas de ámbito europeo e internacional.
 - Realización de ensayos prenormativos, que sirvan como experiencia previa, para conocer el comportamiento estructural de diferentes elementos de seguridad en construcción, para la posterior elaboración de las normas técnicas de producto (UNE, UNE-EN).
 - Realización de investigaciones periciales, que justifiquen técnicamente las causas de algunos de los accidentes graves o mortales en el sector de la construcción, principalmente a consecuencia de una caída en altura.



Fotografía 3.2: Medios de protección
Fotografía 3.1. AIDICO

- Protección frente al fuego: se investiga y desarrolla modelos hidro-termo-mecánicos de estructuras y modelos de materiales para diferentes tipos de elementos sometidos a carga de incendio. Existen las siguientes líneas específicas:
 - Análisis de estructuras y elementos de hormigón frente a acciones de fuego.
 - Análisis de estructuras metálicas y mixtas frente a acciones de fuego.
 - Análisis de elementos prefabricados frente a acciones de fuego.



Fotografía 3.3 Unidad técnica de seguridad-fuego.

- Pirotecnia
- Prenormativa y estandarización

4. EL PROYECTO

En el área de medioambiente, construcción sostenible, encontramos un proyecto llamado CESCO2 que nace con el objetivo de reducir la demanda energética en los edificios de nueva construcción o rehabilitación a través de la cuantificación del ahorro energético, según los sistemas pasivos utilizados. Este proyecto trata la mejora de la eficiencia energética desde un punto de vista de análisis y optimización de las soluciones constructivas y las condiciones operacionales acordes a las necesidades de confort de los usuarios. Estudia el comportamiento energético de soluciones constructivas que mejoren la eficiencia energética de los edificios.

Los objetivos del proyecto son el desarrollo de metodología y prototipo del sistema de ensayo para cuantificar el comportamiento energético de sistemas constructivos. Selección de los sistemas constructivos más eficientes en función de la localización y tipo del edificio a estudiar. Comparación de los resultados obtenidos por medio de la simulación y datos reales, para comprobar posibles desviaciones en cualquiera de los dos medios de análisis.

La investigación consiste que mediante de unas condiciones constructivas según un módulo tipo, obtener mejoras constructivas, con un sistema de monitorización de los parámetros climatológicos y térmicos que posteriormente se analizarán.



Figura 4.1. Recintos

4.1. Situación del proyecto

AIDICO está situado en el parque tecnológico de la localidad de Paterna (Valencia)

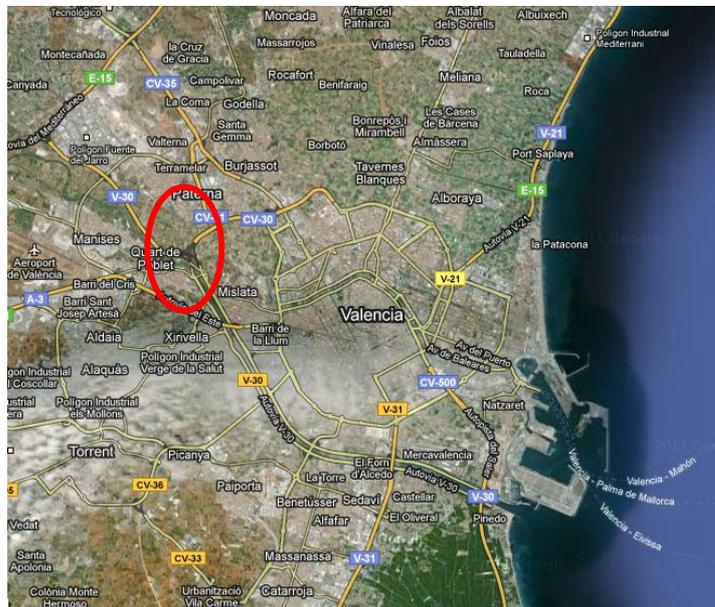


Figura 4.2. Situación Paterna

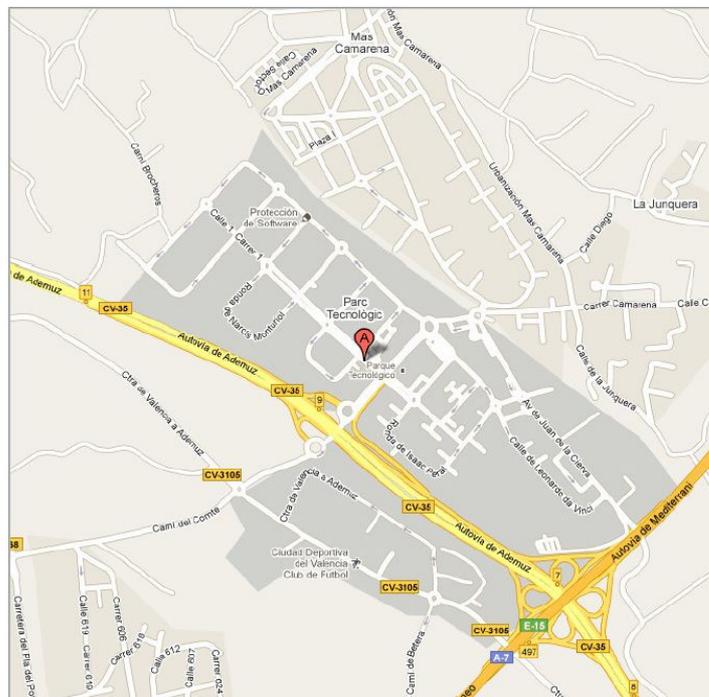


Figura 4.3. Situación parque tecnológico

Dentro de dicho parque tecnológico AIDICO se localiza en la calle Benjamín Franklin, nº

17.



Figura 4.4. Situación AIDICO

Los recintos de ensayo están emplazados en el sureste de AIDICO.



Figura 4.5. Situación recintos

4.2. Características del proyecto

Dicho proyecto consta de dos recintos de ensayo las cuales son casetas aisladas y estancas de panel sándwich en todas sus caras. Cada cara del recinto cuenta con 4 cm espesor de panel sándwich, cambiando la cara sur de uno de ellos colocando adherido al panel sándwich, aislante térmico de 8 cm. de espesor. La fachada de ensayo es la cara sur debido a que es la que más oscilaciones térmicas tiene a lo largo del día por la influencia de la radiación solar en los cerramientos, permitiendo hacer multitud de análisis de transferencia de calor. Pero también las otras 5 caras del recinto están monitorizadas, por lo que se tiene un control total del flujo de calor.

Los recintos no se encuentran en contacto con la superficie del suelo, para que no haya humedades en el interior del recinto y para que la temperatura del terreno no condicione la temperatura interior ni de los sensores situados en el suelo.



Fotografía 4.6 Separación de las casetas con el suelo

Las soluciones propuestas han sido elaboradas a través de una presimulación por ordenador con el fin de obtener un cambio apreciable en las diferentes opciones medidas.

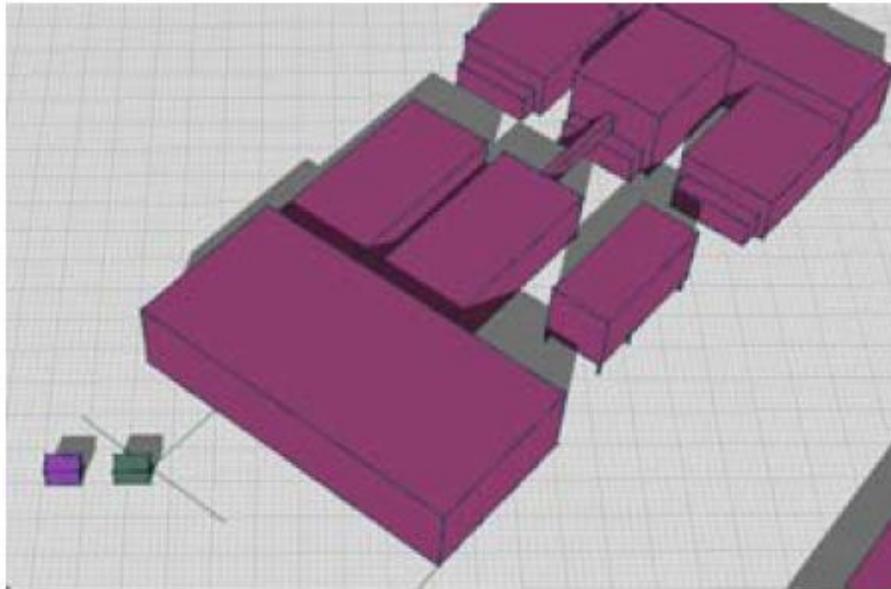


Figura 4.7 Simulación
Fotografía AIDICO

El resultado obtenido es un modelo del cual se han estudiado la geometría, los materiales y su orientación y localización en el entorno.

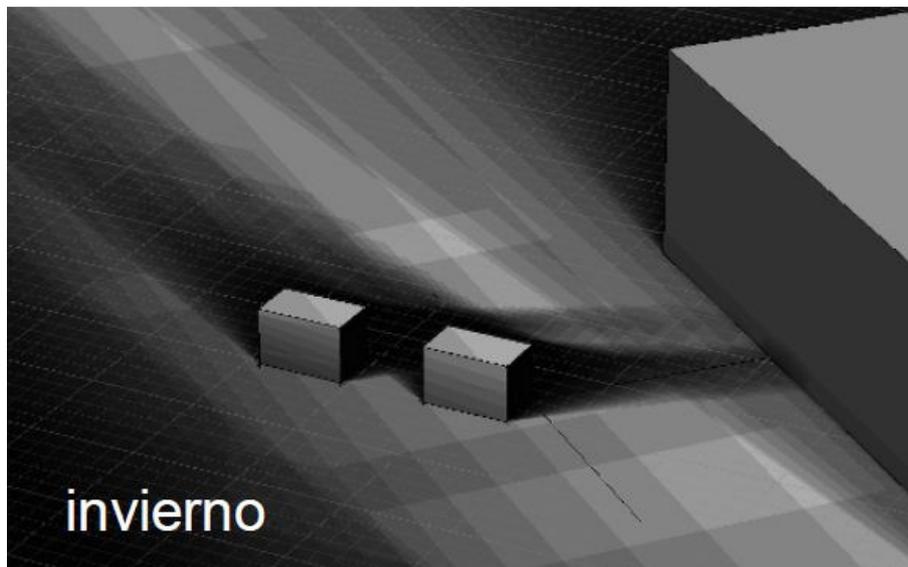


Figura 4.8 Estudio de sombras
Fotografía AIDICO

Para la composición de las casetas se han adquirido los siguientes elementos:

- Panel sándwich 0,04 m. de espesor, 2,3 m. de altura, nervado exterior y gofrado interior.
- Puerta exterior 1 hoja ciega marco aluminio blanco y hoja panel sándwich.
- Panel sándwich cubierta 0,04 m. de espesor.
- Base suelo sin tablero con aislamiento de poliuretano inyectado de 0,12 m. de espesor.
- Aislamiento en la cara sur del eelab 2 de 0,08 m. de espesor de poliestireno extruido.



Fotografía 4.9 Recintos de ensayo



Fotografía 4.10 Puerta

Las casetas se sitúan paralelas entre sí con una separación horizontal entre ellas de 1 m. y vertical de 4,05 m. Tienen una orientación norte-sur. Se utilizaron programas de simulación para optimizar la búsqueda del emplazamiento según el entorno disponible. Se estableció el posicionamiento de los modelos de estudio de tal manera que se eviten las sombras procedentes de las propias casetas, de la nave de unidad de seguridad–fuego, o de la rotonda que existe al lado de las casetas.

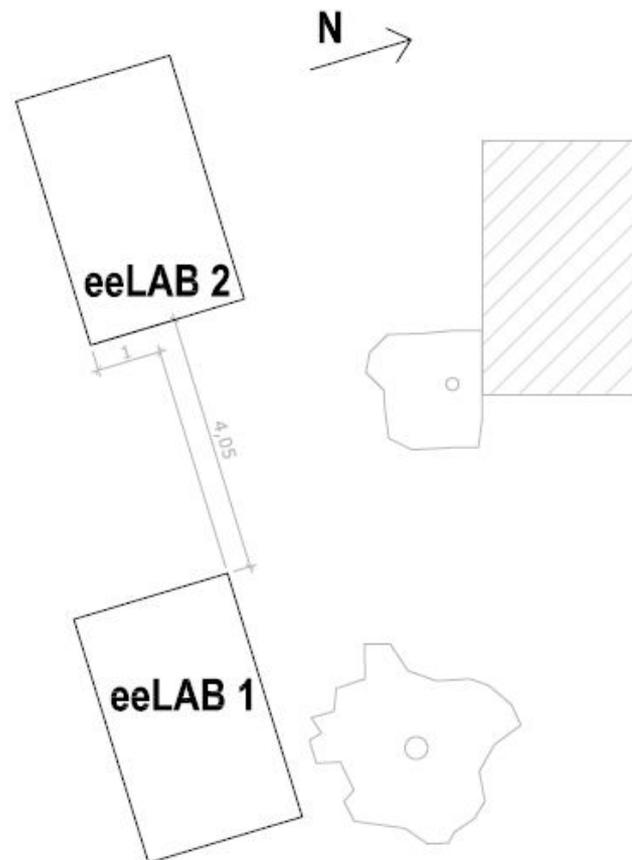


Figura 4.11 Colocación recintos

La geometría de los recintos es lineal, con unas dimensiones de 4,40 m. x 2,40 m. en planta y 2,30 m. de altura. Su superficie de aproximadamente 10 m², hace que el volumen se pueda asemejar al de una habitación. Además, se ha utilizado material modular para un volumen compacto, así que los eventuales cambios a efectuar serían rápidos y económicos.



Fotografía 4.12 eeLab 1

Los parámetros exteriores medidos en los ensayos de monitorización in situ son los parámetros climatológicos de:

- Temperatura ambiental y humedad relativa: estos parámetros se miden con un termohigrómetro digital.



Figura 4.13 Termohigrómetro digital

Fotografía: AIDICO

- Radiación solar: es de gran importancia cuantificar la energía que llega del sol en forma de radiación electromagnética. Para cuantificar esa energía directamente mediante el uso de piranómetros, cuya unidad es w/m^2 . Los piranómetros constan de un pequeño disco plano con sectores pintados alternativamente de blanco y negro. Cuando el aparato es expuesto a la radiación solar, los sectores negros se vuelven más cálidos que los blancos. Esta diferencia de temperatura se puede detectar electrónicamente. Se produce un voltaje eléctrico proporcional a la radiación solar incidente. Se instala una cúpula de vidrio óptico estándar sobre el disco que es transparente a longitudes de onda que oscilan aproximadamente entre 280 y 2.800 nm. Se dispone de tres equipos: dos recogen la radiación global y el otro la radiación difusa, y, para ello, este último dispone de un parasol para evitar que el sol dé directamente en la célula captora captando sólo la radiación que le entra por los lados.



Figura 4.14 Piranómetro
Fotografía AIDICO



Fotografía 4.15 Piranómetro

- Velocidad y dirección del viento:



Figura 4.16. Anemómetro

Fotografía: AIDICO



Fotografía 4.17 Anemómetro

En que en los parámetros interiores térmicos se dispone de 4 sensores en cada una de sus caras y 1 termohigrómetro que miden la temperatura ambiental en el interior del recinto, la temperatura superficial en cada capa del cerramiento, la humedad relativa y el flujo térmico del cerramiento.



Figura 4.18 Sensores interiores

Fotografía: AIDICO

Tras la obtención de los parámetros a medir, se monitorizan los datos obtenidos a través del protocolo ZigBee, se utilizó este protocolo por las ventajas que ofrecen las redes de sensores inalámbrica WSN de adaptarse a las exigencias del experimento, además de permitir reducir la instalación y los costes del sistema, en nuevos escenarios de aplicación en los que es difícil la implantación de un sistema con cables. Las WSN fueron originalmente desarrolladas para la vigilancia en el campo militar. En la actualidad el desarrollo de estas redes se centra en aplicaciones domóticas, ambientales, sanitarias, de tráfico o de monitorización estructural.

El protocolo ZigBee tiene un bajo consumo energético, lo que permite optimizar la vida útil de las baterías de los módulos de adquisición de datos. Esta característica permite no tener que acceder a los recintos de estudio para largos periodos de tiempo. Una intervención humana en el recinto monitorizado siempre supone una interferencia por la toma de datos pues podría modificar las condiciones del entorno.

Se requiere una cadena de cinco dispositivos distintos para que funcione el protocolo ZigBee:

- Sensores: Sirve para recoger los parámetros a estudiar y mandárselos al siguiente dispositivo.
- Coordinador ZigBee: El tipo de dispositivo más completo. Debe existir uno por red. Sus funciones son las de encargarse de controlar la red y los caminos que deben seguir los dispositivos para conectarse entre ellos.
- Router ZigBee: Interconecta dispositivos separados en la topología de la red, además de ofrecer un nivel de aplicación para la ejecución de código de usuario.
- Dispositivo final: Posee la funcionalidad necesaria para comunicarse con su nodo padre (el coordinador o un router), pero no puede transmitir información destinada a otros dispositivos. De esta forma, este tipo de nodo puede estar dormido la mayor parte del tiempo, aumentando la vida media de sus baterías. Un ZED tiene requerimientos mínimos de memoria y es por tanto significativamente más barato.
- Almacenamiento: Base de datos, su función es acumular datos para su posterior análisis.



Figura 4.19 Protocolo ZigBee

Fotografía: AIDICO



El hecho de utilizar el protocolo ZIGBEE permite exportar los resultados de la investigación desde el nivel local y experimental a edificios reales, con medidas in situ; la ventaja de un sistema escalable es poder adaptar sus dimensiones según los nodos repetidores que se necesiten para ampliar el sistema en un segundo momento. La versatilidad del sistema admite cualquier entrada analógica y salida digital, así que es posible instalar dispositivos dinámicos de control para instalaciones domóticas o activas. Con el uso de este protocolo se ha podido recurrir a un sistema abierto en el que poder integrar sensores de diferentes tipos (térmicos, radiación, de humedad, etc.). Éstos se programan dentro de la red inalámbrica a través del programa LabView. La WSN se compone de módulos de adquisición de datos (end nodes) que se encargan de transmitir los valores medidos de los sensores al coordinador (router) que ha sido programado con el programa LabView para el volcado de las medidas a la base de datos. Las redes ZigBee han sido diseñadas para conservar la potencia en los nodos "esclavos". De esta forma se consigue el bajo consumo de potencia. La estrategia consiste en que, durante mucho tiempo, un dispositivo "esclavo" está en modo "dormido", de tal forma que solo se "despierta" por una fracción de segundo para confirmar que está "vivo" en la red de dispositivos de la que forma parte. Esta transición del modo "dormido" al modo "despierto" (modo en el que realmente transmite), dura unos 15ms, y la enumeración de "esclavos" dura alrededor de 30ms, como ya se ha comentado anteriormente. El sistema o entorno elegido para trabajar es el sistema con balizar que consiste en un mecanismo de control del consumo de potencia en la red. Permite a todos los dispositivos saber cuándo pueden transmitir. En este modelo, los dos caminos de la red tienen un distribuidor que se encarga de controlar el canal y dirigir las transmisiones. Las balizas que dan nombre a este tipo de entorno, se usan para poder sincronizar todos los dispositivos que conforman la red, identificando la red domótica, y describiendo la estructura de la "supertrama". Los intervalos de las balizas son asignados por el coordinador de red y pueden variar desde los 15ms hasta los 60 minutos en nuestro caso los intervalos son cada 20 minutos. Este modo es más recomendable cuando el coordinador de red trabaja con una batería. Los dispositivos que conforman la red, escuchan a dicho coordinador durante el "balizamiento" (envío de mensajes a todos los dispositivos, entre 0,015 y 252 segundos). Un dispositivo que quiera intervenir, lo primero que tendrá que hacer es registrarse para el coordinador, y es entonces cuando mira si hay mensajes para él. En el caso de que no haya mensajes, este dispositivo vuelve a "dormir", y se despierta de acuerdo a un horario que ha establecido previamente el coordinador. En cuanto el coordinador termina el "balizamiento", vuelve a "dormirse".

5. PROCEDIMIENTO

El día a analizar ha sido el 11 de Diciembre de 2010.

En primer lugar la obtención y proceso de los datos obtenidos mediante los sensores, se realiza a través de una página web www.diagmon.es la cual tiene el aspecto siguiente:



Figura 5.1 Página principal

Fotografía: Diagmon

Una vez identificados se accede a la página web, la cual aparte del proyecto monitorización energética eeLAB estudia otros proyectos de AIDICO.

Situados en el proyecto monitorización energética eeLAB se encuentra la página de inicio del proyecto, en la cual aparece una foto de las casetas, la situación del proyecto, y en tiempo real tres sensores con sus respectivos datos y gráficas que van cambiando, los sensores son el PIR 1 (piranometro), TI 2 (temperatura ambiente interior de la caseta 2) y TI 1 (temperatura ambiente interior de la caseta 1).

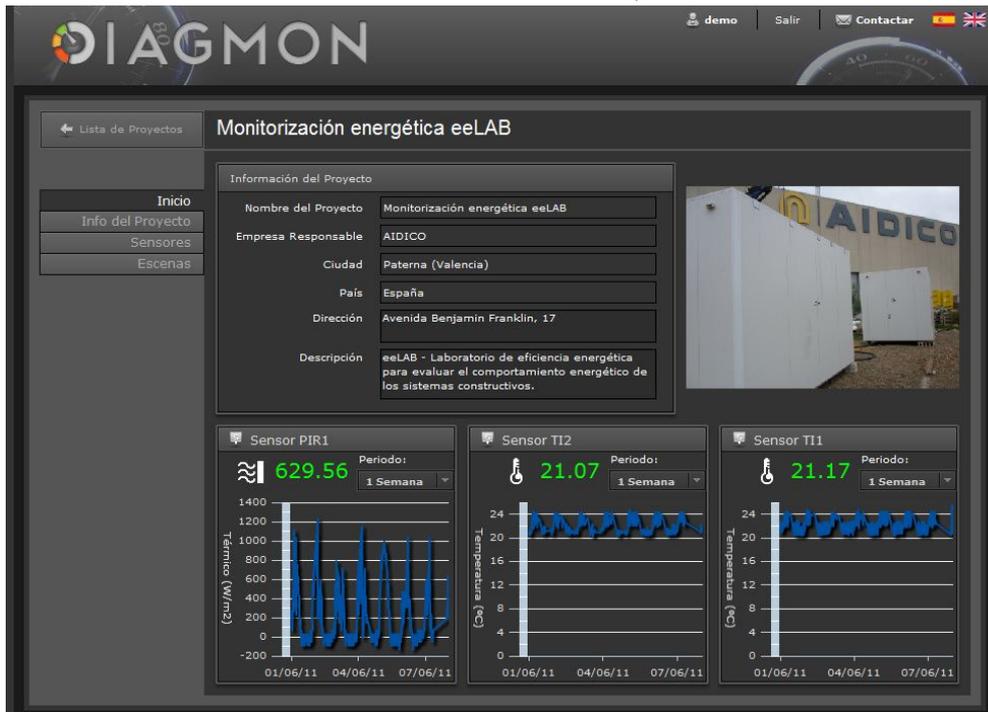


Figura 5.2 Diagmon

La siguiente pestaña es la información del proyecto. En la pagina anterior ya se ha nombrado alguna información, pero aquí se presenta de manera más detallada e incluso con plano de situación.

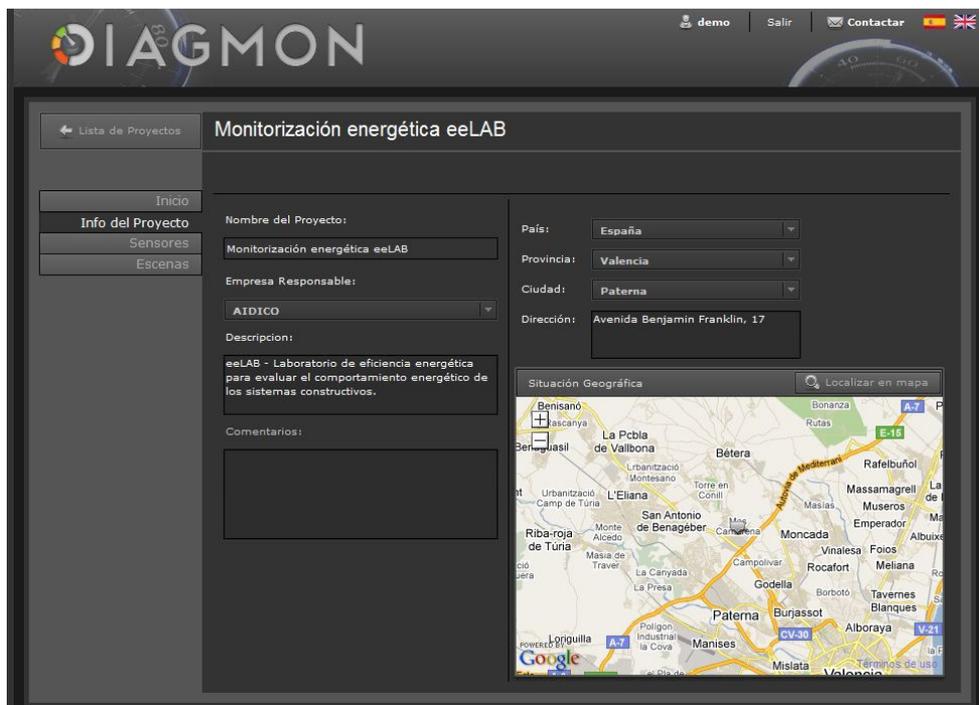


Figura 5.3 Diagmon

Una vez conocido el proyecto se ingresa en la página de los sensores, en la cual se disponen todos los sensores con los datos en tiempo real.

Id	Nombre	Tipo	Nivel Actual	Última Lectura	Hora	Fecha
91	T2E1		27.48	27.48	10:20:00 AM	8/6/2011
92	T2E2		39.73	39.73	10:20:00 AM	8/6/2011
93	T2E3		20.72	20.72	10:20:00 AM	8/6/2011
94	T2E4		20.67	20.67	10:20:00 AM	8/6/2011
95	T2N1		23.15	23.15	10:20:00 AM	8/6/2011
96	T2N2		22.32	22.32	10:20:00 AM	8/6/2011
97	T2N3		20.33	20.33	10:20:00 AM	8/6/2011
98	T2N4		16.99	16.99	10:20:00 AM	8/6/2011
99	T2O1		22.34	22.34	10:20:00 AM	8/6/2011
100	T2O2		22.08	22.08	10:20:00 AM	8/6/2011
101	T2O3		20.49	20.49	10:20:00 AM	8/6/2011
102	T2O4		20.51	20.51	10:20:00 AM	8/6/2011
103	T2S1		20.44	20.44	10:20:00 AM	8/6/2011

Figura 5.4 Diagmon

Se dispone de 71 sensores que son:

INTERIORES:

- 4 sensores de temperatura del eelab2 situados en la fachada este (T2E1, T2E2, T2E3, T2E4)
- 4 sensores de temperatura del eelab2 situados en la fachada norte (T2N1, T2N2, T2N3, T2N4)
- 4 sensores de temperatura del eelab2 situados en la fachada oeste (T2O1, T2O2, T2O3, T2O4)
- 4 sensores de temperatura del eelab2 situados en la fachada sur (T2S1, T2S2, T2S3, T2S4)
- 4 sensores de temperatura del eelab2 situados en el suelo (T2P1, T2P2, T2P3, T2P4)
- 4 sensores de temperatura del eelab2 situados en el techo (T2T1, T2T2, T2T3, T2T4)



- 4 sensores de temperatura del eelab1 situados en la fachada este (T1E1, T1E2, T1E3, T1E4)
- 4 sensores de temperatura del eelab2 situados en la fachada norte (T1N1, T1N2, T1N3, T1N4)
- 4 sensores de temperatura del eelab2 situados en la fachada oeste (T1O1, T1O2, T1O3, T1O4)
- 4 sensores de temperatura del eelab2 situados en la fachada sur (T1S1, T1S2, T1S3, T1S4)
- 4 sensores de temperatura del eelab2 situados en el suelo (T1P1, T1P2, T1P3, T1P4)
- 4 sensores de temperatura del eelab2 situados en el techo (T1T1, T1T2, T1T3, T1T4)
- 1 termoflujómetro del eelab2 situado en la fachada este (F2E1)
- 1 termoflujómetro del eelab2 situado en la fachada sur (F2S1)
- 1 termoflujómetro del eelab2 situado en la fachada oeste (F2O1)
- 1 termoflujómetro del eelab2 situado en la fachada norte (F2N1)
- 1 termoflujómetro del eelab2 situado en el suelo (F2P1)
- 1 termoflujómetro del eelab2 situado en el techo (F2T1)
- 1 termoflujómetro del eelab1 situado en la fachada este (F1E1)
- 1 termoflujómetro del eelab1 situado en la fachada sur (F1S1)
- 1 termoflujómetro del eelab1 situado en la fachada oeste (F1O1)
- 1 termoflujómetro del eelab1 situado en la fachada norte (F1N1)
- 1 termoflujómetro del eelab1 situado en el suelo (F1P1)
- 1 termoflujómetro del eelab1 situado en el techo (F1T1)
- 1 sensor de temperatura del eelab2 (TI2)
- 1 sensor de temperatura del eelab1 (TI1)
- 1 sensor de humedad del eelab2 (HI2)
- 1 sensor de humedad del eelab1 (HI1)

EXTERIORES:

- 1 sensor de temperatura exterior (TE)
- 1 sensor de humedad exterior (HE)
- 3 piranómetros (PIR1, PIR2, PIR3)
- 1 medidor de la velocidad del viento (VVEX1)
- 1 medidor de la dirección del viento (DVEX1)

Los 4 sensores interiores de cada fachada de temperatura se disponen según:

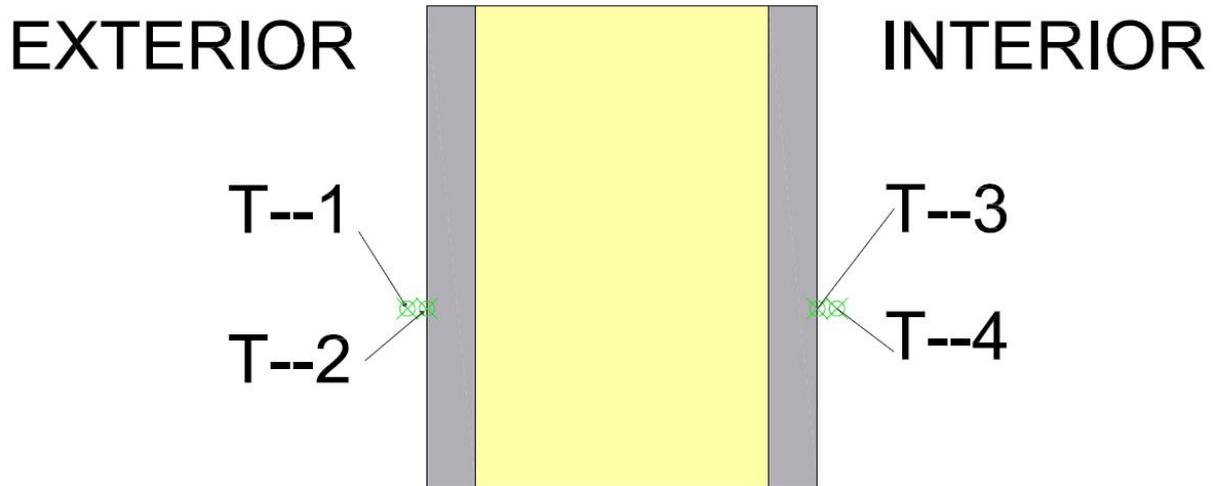


Figura 5.5 Situación sensores

En la página web existe una disposición de los sensores que es la siguiente:



Figura 5.6 Diagmon

Cuando se accede en un sensor aparece una gráfica, en tiempo real, de los datos obtenidos.

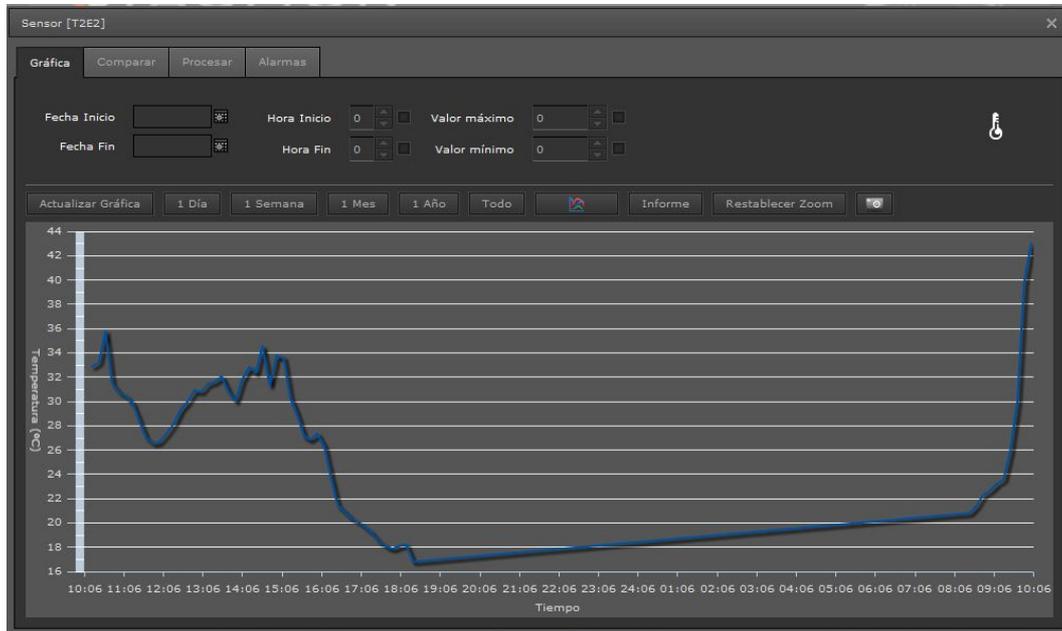


Figura 5.7 Diagmon

Se pueden cambiar las fechas de inicio y fin, las horas de inicio y fin, y los valores máximos y mínimos. Por ejemplo cambiando las fechas se puede observar como varia la gráfica de un mismo sensor:

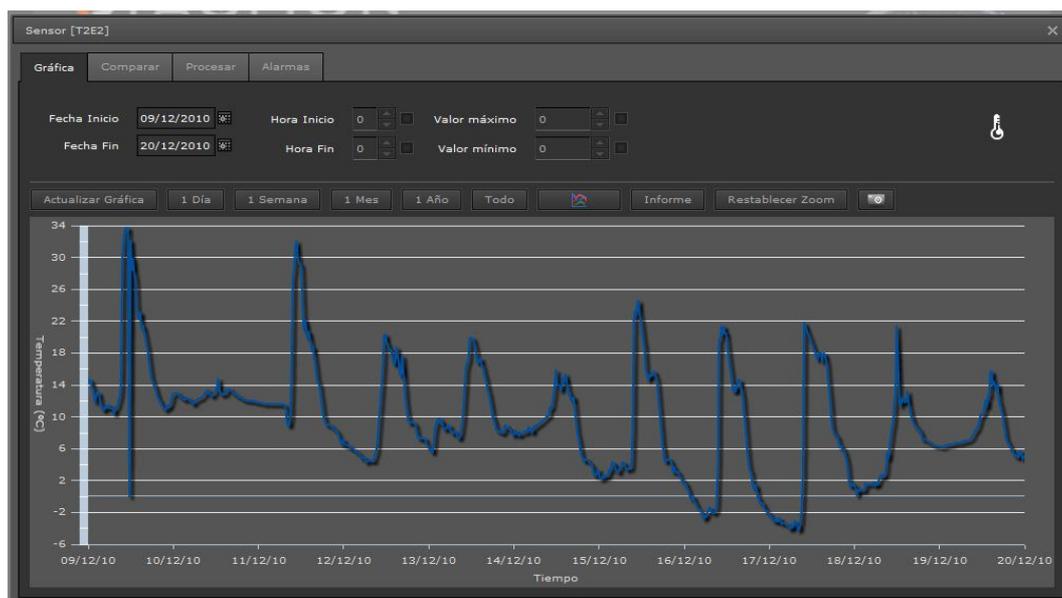


Figura 5.8 Diagmon

A partir de aquí, se pueden obtener informes en Excel y en archivo de texto, los puedes guardar o ver el informe en la red.

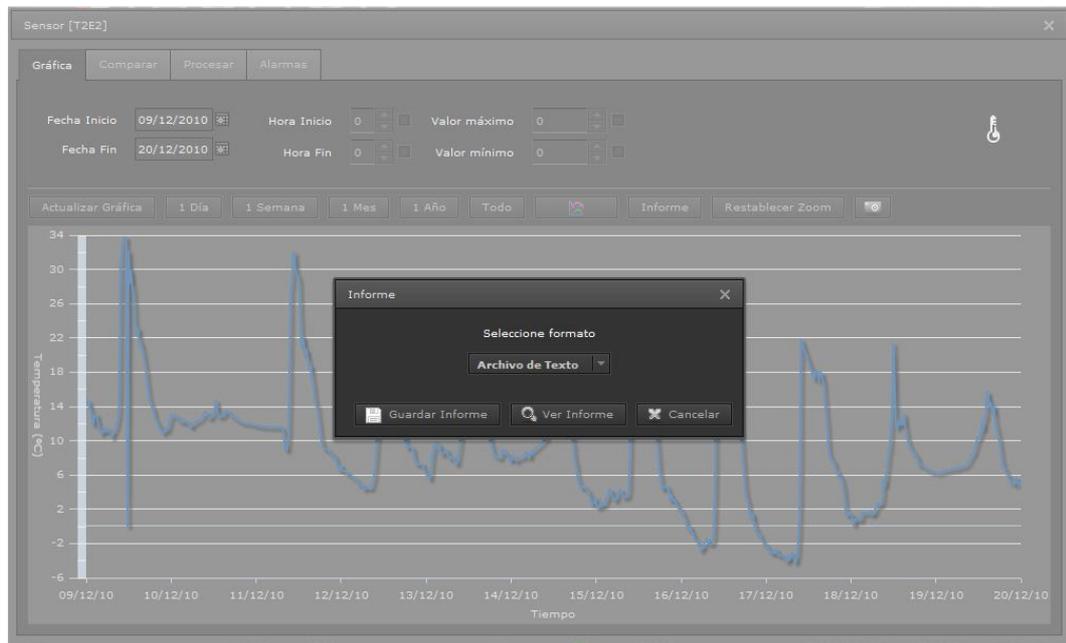


Figura 5.9 Diagmon

En la web, se pueden realizar comparativas entre los sensores:

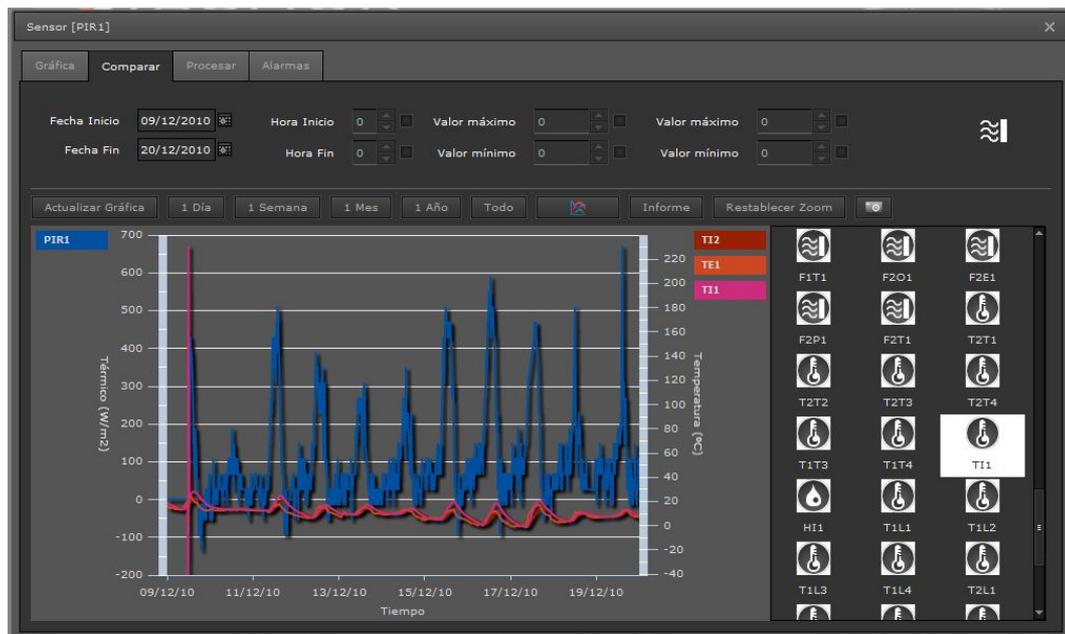


Figura 5.10 Diagmon

Después de descargarse los datos de los sensores, necesitamos para realizar el modelo datos de la velocidad del viento para estudiar la convección. Debido a que en las fechas indicadas el sensor de viento de los recintos a estudiar no estaban disponibles, los datos se han obtenido de la página de la Universidad Politécnica de Valencia, del área de Medio ambiente, Planificación Urbanística y Ordenación del campus. En el servicio de información meteorológica.

Figura 5.11 Área de Medio Ambiente. UPV

En dicha página se encuentra a disposición de todos los usuarios, datos de las ciudades de Alcoy, Alicante, Gandía, Valencia y Xàtiva. Los parámetros que hay disponibles son:

- Dirección del Viento
- Humedad relativa
- Precipitación acumulada
- Temperatura del aire
- Velocidad del viento

Elegido el parámetro que necesario, se descargan los datos y ya están disponibles para utilizarlos.

Servicio de información meteorológica

Medio ambiente en la UPV < ...

Leyenda

Código	Nombre	Unidades	Máximo	Mínimo	Media
PM.DV	Dirección del viento	grados sexagesimales			
PM.HR	Humedad relativa	Porcentaje			
PM.PA	Precipitación acumulada	litros/metro cuadrado			
PM.TA	Temperatura del aire	Grados centígrados			
PM.VV	Velocidad del viento	metros/segundo	4.3	0	0.586

[Nueva búsqueda](#) | [Descargar archivo CSV](#)

Estación	Fecha	Hora	PM.VV
Valencia	2010-12-11	00:00:00	0
Valencia	2010-12-11	00:10:00	0
Valencia	2010-12-11	00:20:00	0
Valencia	2010-12-11	00:30:00	0
Valencia	2010-12-11	00:40:00	0
Valencia	2010-12-11	00:50:00	0
Valencia	2010-12-11	01:00:00	0
Valencia	2010-12-11	01:10:00	0
Valencia	2010-12-11	01:20:00	0
Valencia	2010-12-11	01:30:00	0
Valencia	2010-12-11	01:40:00	0
Valencia	2010-12-11	01:50:00	0
Valencia	2010-12-11	02:00:00	0
Valencia	2010-12-11	02:10:00	0
Valencia	2010-12-11	02:20:00	0
Valencia	2010-12-11	02:30:00	0

Figura 5.12 Área de Medio Ambiente. UPV

Posteriormente, necesitamos la radiación vertical en la fachada sur, ya que los sensores solo recogen la radiación horizontal. Para esto, ha sido necesario descargarnos la radiación de un día tipo del mes escogido, para aplicar la siguiente fórmula y obtener la radiación real vertical de la fachada sur.

$$I_{sur}^{real} = \frac{I_{cur}^{real}}{I_{cur}^{ideal}} \times I_{sur}^{ideal}$$

También ha sido necesario acceder a la página web del PVGIS, datos de radiación solar.

Figura 5.13 PVGIS

Los datos obtenidos son la variación de la irradiancia diaria media en la ciudad de Paterna, se recogen datos cada 15 minutos, se muestran mediante una gráfica en la se encuentran la radiación global de cielo despejado y de cielo real, y la radiación difusa de cielo real, tanto de la cubierta como de la fachada sur. También se pueden obtener los datos mediante tablas, en la que se muestra los datos de la irradiancia global para cielo claro, global, directa, difusa y reflejada e igual que las graficas tanto para cubierta como fachada sur.

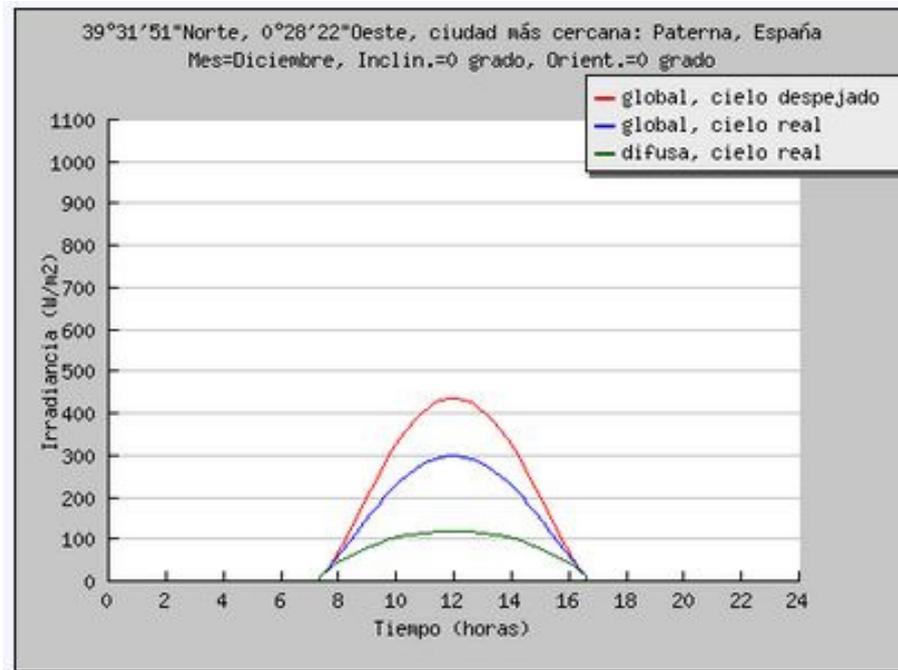


Figura 5.14 PVGIS Gráfica Irradiancia horizontal. Diciembre

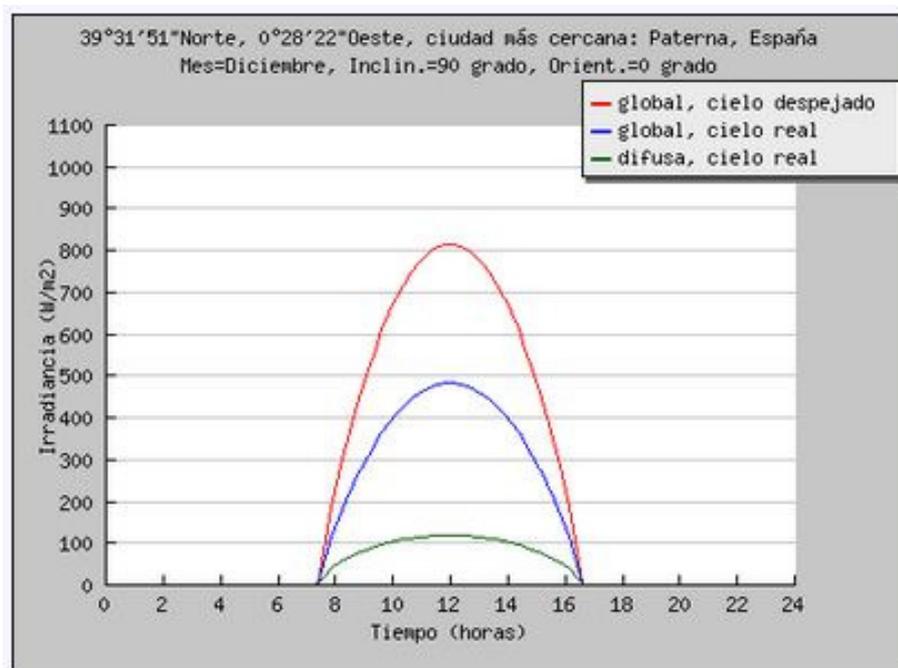


Figura 5.15 PVGIS Gráfica Irradiancia sur. Diciembre

Hora	Irradiancia global para cielo claro (W/m ²)	Irradiancia global (W/m ²)	Irradiancia directa (W/m ²)	Irradiancia difusa (W/m ²)	Irradiancia reflejada (W/m ²)
7.38	12	13	0	13	0
7.62	30	30	4	26	0
7.88	54	49	11	38	0
8.12	83	70	21	49	0
8.38	116	93	34	59	0
8.62	150	116	48	68	0
8.88	185	139	63	76	0
9.12	219	161	78	83	0
9.38	252	182	92	90	0
9.62	283	202	107	96	0
9.88	312	220	120	101	0
10.12	339	237	132	105	0

Figura 5.16 PVGIS Tabla Irradiancia horizontal. Diciembre

Hora	Irradiancia global para cielo claro (W/m ²)	Irradiancia global (W/m ²)	Irradiancia directa (W/m ²)	Irradiancia difusa (W/m ²)	Irradiancia reflejada (W/m ²)
7.38	5	6	0	5	1
7.62	106	66	43	21	2
7.88	185	113	72	38	4
8.12	264	160	103	52	5
8.38	334	202	133	62	7
8.62	400	240	161	71	9
8.88	460	276	187	79	10
9.12	515	308	211	86	12
9.38	565	338	232	92	14
9.62	611	365	252	97	15
9.88	651	389	270	102	17
10.12	688	410	286	106	18

Figura 5.17 PVGIS Tabla Irradiancia sur. Diciembre



Por último se calculó el balance térmico. Para ello se necesitó:

- Temperatura exterior ambiental: dato obtenido del sensor TE.
- Temperatura interior (Tea): dato del sensor T1T3, T2T3, T1S3 ó T2S3.
- Radiación: Transferencia de energía entre sistemas resultado de la emisión de ondas electromagnéticas (normalmente del IR) por parte del cuerpo caliente y absorción de las mismas por parte del cuerpo frío. Dato del sensor PIR.
- Velocidad del viento: dato del área de Medio Ambiente.
- Temperatura exterior (Te): dato del sensor T1T2, T2T2, T1S2 ó T2S2.
- Calor específico del material (Ce): 1200 J / kg.°C
- Densidad (ρ) :175 kg/m³
- Espesor (e): 0,04 m. en cubierta y una cara sur, y 0,12 m. en cara sur con aislante.
- Incremento de tiempo: 60 segundos.
- Emisividad del acero galvanizado: depende del material y en nuestro caso será 0,23

Los demás datos necesarios para calcular el balance se realizan mediante unos cálculos previos:

- Masa térmica: es el valor de la capacidad potencial de almacenamiento de calor en un conjunto o sistema.

$$Masa = C_e \times \rho \times e$$

- Transmitancia (U): Es la cantidad de energía que atraviesa, en la unidad de tiempo, una unidad de superficie de un elemento constructivo de caras plano paralelas cuando entre dichas caras hay un gradiente térmico unidad. Es el inverso a la resistencia térmica.

$$U = e \times \lambda$$

- Coeficiente de convección (h): cuantifica la influencia de las propiedades del fluido, de la superficie y del flujo cuando se produce transferencia de calor por convección.

Si velocidad del viento > de 5 m/s:

$$h = 7,34 \times V^{0,9}$$



Si velocidad del viento < de 5 m/s:

$$h = 5,62 + 3,91 \times V$$

- Convección: Transferencia de energía causada por un desplazamiento y mezcla de materia. Se calcula mediante:

$$\text{Convección} = H \times (T_e - T_{ea})$$

- Conducción: Transferencia de energía desde cada elemento de material al adyacente sin que se produzca flujo de materia. Su fórmula es:

$$\text{Conducción} = U \times (T_e - T_i)$$

Una vez obtenido todos los datos anteriores pasaremos a calcular el balance cuya fórmula es:

$$\text{Balance} = T_e + \frac{\Delta T}{\text{masa}} \times (I - \text{Convección} - \text{Conducción})$$

Se ha realizado todos estos cálculos para la cubierta y cara sur de los dos recintos.

BALANCE CASETA 1 CUBIERTA

Ce	1200
Densidad	175
Espesor	0.04
Masa	8400
Emisividad	0.23
tiempo	60

CASETA 1						
PARED 4 cm						
	e	λ	R	R TOTAL	U	U TOTAL
PANEL SANDWICH	0.04	0.032	1.25	1.25	0.8	0.8

Horas	TE	T1T3	PIR	PIR X EMISI.	V V	H	CONVECCION	CONDUCCIÓN	T1T2	Balance
0:00:00	12.5300508	12.6442817	27.36	6.2928	0	5.62	-6.2621091	0	11.4157965	11.4157965
0:01:00	12.5350405	12.6443203	27.36	6.2928	0	5.62	-5.786161493	0	11.4157577	11.5054744
0:02:00	12.535037	12.644359	27.36	6.2928	0	5.62	-5.30125798	0	11.4157189	11.5917527
0:03:00	12.5350336	12.6443976	27.36	6.2928	0	5.62	-4.835819879	0	11.4156801	11.6745674
0:04:00	12.5350301	12.6444362	27.36	6.2928	0	5.62	-4.389065794	0	11.4156414	11.7540575
0:05:00	12.5350266	12.6444748	27.36	6.2928	0	5.62	-3.960245694	0	11.4156026	11.8303566
0:06:00	12.5350232	12.6445134	27.36	6.2928	0	5.62	-3.548639658	0	11.4155638	11.9035926
0:07:00	12.5350197	12.6445521	27.36	6.2928	0	5.62	-3.153556664	0	11.415525	11.9738886
0:08:00	12.5350162	12.6445907	27.36	6.2928	0	5.62	-2.774333431	0	11.4154863	12.0413626
0:09:00	12.5350128	12.6446293	27.36	6.2928	0	5.62	-2.410333302	0	11.4154475	12.1061278
0:10:00	12.5350093	12.6446679	27.36	6.2928	0	5.62	-2.060945177	0	11.4154087	12.1682931
0:11:00	12.5350058	12.6447065	27.36	6.2928	0	5.62	-1.725582491	0	11.4153699	12.2279627
0:12:00	12.5350024	12.6447451	27.36	6.2928	0	5.62	-1.403682221	0	11.4153312	12.2852368
0:13:00	12.53	12.6447838	27.36	6.2928	0	5.62	-1.066610183	0	11.4152924	12.3402117
0:14:00	12.5349954	12.6448224	27.36	6.2928	0	5.62	-0.799256708	0	11.4152536	12.3927789
0:15:00	12.534992	12.644861	27.36	6.2928	0	5.62	-0.514541801	0	11.4152148	12.4434365
0:16:00	12.5349885	12.6448996	27.36	6.2928	0	5.62	-0.241256165	0	11.415176	12.4920603
0:17:00	12.534985	12.6449382	27.36	6.2928	0	5.62	0.021059006	0	11.4151373	12.5387322
0:18:00	12.5349816	12.6449769	27.36	6.2928	0	5.62	0.272844096	0	11.4150985	12.5835303
0:19:00	12.5349781	12.6450155	27.36	6.2928	0	5.62	0.514521813	0	11.4150597	12.62653

Figura 5.18 Balance Caseta 1 Cubierta

BALANCE CASETA 2 CUBIERTA

Ce	1200
Densidad	175
Espesor	0.04
Masa	8400
Emisividad	0.23
tiempo	60

CASETA 1						
PARED 4 cm						
	e	λ	R	R TOTAL	U	U TOTAL
PANEL SANDWICH	0.04	0.032	1.25	1.25	0.8	0.8

Horas	TE	T2T3	PIR	PIR X EMISI.	V V	H	CONVECCION	CONDUCCIÓN	T2T2	Balance
0:00:00	12.5300508	12.7544479	27.36	6.2928	0	5.62	-6.238924822	-1.067620866	11.4199218	11.4199218
0:01:00	12.5350405	12.7544794	27.36	6.2928	0	5.62	-5.721050547	-0.989935538	11.419922	11.51706
0:02:00	12.535037	12.7545109	27.36	6.2928	0	5.62	-5.199021932	-0.915653409	11.4199221	11.6099442
0:03:00	12.5350336	12.7545424	27.36	6.2928	0	5.62	-4.700930935	-0.84477877	11.4199223	11.698569
0:04:00	12.5350301	12.754574	27.36	6.2928	0	5.62	-4.225679844	-0.777155362	11.4199224	11.7831298
0:05:00	12.5350266	12.7546055	27.36	6.2928	0	5.62	-3.772221286	-0.712634095	11.4199226	11.8638129
0:06:00	12.5350232	12.754637	27.36	6.2928	0	5.62	-3.339555918	-0.651072713	11.4199227	11.9407961
0:07:00	12.5350197	12.7546685	27.36	6.2928	0	5.62	-2.926730224	-0.592335483	11.4199229	12.0142492
0:08:00	12.5350162	12.7547001	27.36	6.2928	0	5.62	-2.532834414	-0.536292899	11.4199231	12.0843339
0:09:00	12.5350128	12.7547316	27.36	6.2928	0	5.62	-2.157000416	-0.482821391	11.4199232	12.1512049
0:10:00	12.5350093	12.7547631	27.36	6.2928	0	5.62	-1.798399967	-0.431803057	11.4199234	12.2150093
0:11:00	12.5350058	12.7547946	27.36	6.2928	0	5.62	-1.456242787	-0.383125403	11.4199235	12.2758879
0:12:00	12.5350024	12.7548262	27.36	6.2928	0	5.62	-1.129774834	-0.33668109	11.4199237	12.3339748
0:13:00	12.53	12.7548577	27.36	6.2928	0	5.62	-0.790182881	-0.292367704	11.4199239	12.3893981
0:14:00	12.5349954	12.7548892	27.36	6.2928	0	5.62	-0.522189512	-0.250248063	11.419924	12.4420791
0:15:00	12.534992	12.7549207	27.36	6.2928	0	5.62	-0.238551202	-0.209900497	11.4199242	12.4925451
0:16:00	12.5349885	12.7549523	27.36	6.2928	0	5.62	0.032081389	-0.171404278	11.4199243	12.5406969
0:17:00	12.534985	12.7549838	27.36	6.2928	0	5.62	0.290304667	-0.13467451	11.4199245	12.5866407
0:18:00	12.5349816	12.7550153	27.36	6.2928	0	5.62	0.536687687	-0.099630188	11.4199246	12.6304776
0:19:00	12.5349781	12.7550468	27.36	6.2928	0	5.62	0.771773409	-0.066194022	11.4199248	12.6723043

Figura 5.19 Balance Caseta 2 Cubierta

BALANCE CASETA 1 FACHADA SUR

Ce	1200
Densidad	175
Espesor	0.04
Masa	8400
Emisividad	0.23
tiempo	60

CASETA 1						
PARED 4 cm						
	e	λ	R	R TOTAL	U	U TOTAL
PANEL SANDWICH	0.04	0.032	1.25	1.25	0.8	0.8

Horas	TE	T1S3	PIR	PIR X EMISI.	V V	H	CONVECCION	CONDUCCIÓN	T2S2	Balance
0:00:00	12.53005076	12.53387124	0	0	0	5.62	-5.392244596	-0.77063568	11.5705766	11.57057664
0:01:00	12.5350405	12.5339242	0	0	0	5.62	-5.172891289	-0.735461592	11.5705552	11.61459721
0:02:00	12.53503703	12.53397716	0	0	0	5.62	-4.935693636	-0.701741947	11.5705338	11.65679973
0:03:00	12.53503357	12.53403013	0	0	0	5.62	-4.709371377	-0.6695704	11.5705123	11.69706713
0:04:00	12.5350301	12.53408309	0	0	0	5.62	-4.493425799	-0.638875961	11.5704909	11.73548814
0:05:00	12.53502663	12.53413606	0	0	0	5.62	-4.287381055	-0.609590893	11.5704694	11.77214744
0:06:00	12.53502316	12.53418902	0	0	0	5.62	-4.090783122	-0.581650568	11.570448	11.80712581
0:07:00	12.5350197	12.53424198	0	0	0	5.62	-3.903198797	-0.554993317	11.5704266	11.84050034
0:08:00	12.53501623	12.53429495	0	0	0	5.62	-3.72421474	-0.529560305	11.5704051	11.87234457
0:09:00	12.53501276	12.53434791	0	0	0	5.62	-3.553436569	-0.50529539	11.5703837	11.90272867
0:10:00	12.53500929	12.53440087	0	0	0	5.62	-3.390487984	-0.482145007	11.5703622	11.93171962
0:11:00	12.53500583	12.53445384	0	0	0	5.62	-3.235009944	-0.460058046	11.5703408	11.95938128
0:12:00	12.53500236	12.5345068	0	0	0	5.62	-3.08665987	-0.438985743	11.5703194	11.98577462
0:13:00	12.53	12.53455977	0	0	0	5.62	-2.917017131	-0.418881568	11.5702979	12.01095781
0:14:00	12.53499542	12.53461273	0	0	0	5.62	-2.811178902	-0.39986166	11.5702765	12.03478565
0:15:00	12.53499196	12.53466569	0	0	0	5.62	-2.682259072	-0.381555228	11.5702551	12.05772166
0:16:00	12.53498849	12.53471866	0	0	0	5.62	-2.559249325	-0.364090089	11.5702336	12.07960605
0:17:00	12.53498502	12.53477162	0	0	0	5.62	-2.441878641	-0.347427663	11.5702122	12.10048704
0:18:00	12.53498155	12.53482458	0	0	0	5.62	-2.329888429	-0.331531141	11.5701907	12.12041066
0:19:00	12.53497809	12.53487755	0	0	0	5.62	-2.223031956	-0.3163654	11.5701693	12.1394208

Figura 5.20 Balance Caseta 1 Sur

BALANCE CASETA 2 FACHADA SUR

Ce	1200
Densidad	175
Espesor	0.12
Masa	25200
Emisividad	0.23
tiempo	60

CASETA 2						
PARED 12 cm (4 cm + 8 cm)						
	e	λ	R	R TOTAL	U	U TOTAL
PANEL SANDWICH	0.04	0.032	1.25	3.602941176	0.8	0.27755102
AISLAMIENTO	0.08	0.034	2.352941176		0.425	

Horas	TE	T2S3	PIR	PIR X EMISI.	v v	H	CONVECCION	CONDUCCIÓN	T2S2	Balance
0:00:00	12.53005076	12.7837833	0	0	0	5.62	-5.39504577	-0.336865087	11.57007821	11.57007821
0:01:00	12.5350405	12.7838432	0	0	0	5.62	-5.346389659	-0.333093861	11.57007805	11.58372561
0:02:00	12.53503703	12.7839031	0	0	0	5.62	-5.270373273	-0.32935728	11.57007789	11.59724819
0:03:00	12.53503357	12.783963	0	0	0	5.62	-5.195424058	-0.325673402	11.57007773	11.61058089
0:04:00	12.5350301	12.7840229	0	0	0	5.62	-5.121527029	-0.322041489	11.57007757	11.62372636
0:05:00	12.53502663	12.7840828	0	0	0	5.62	-5.04866741	-0.318460809	11.57007741	11.63668723
0:06:00	12.53502316	12.78414269	0	0	0	5.62	-4.976830636	-0.314930644	11.57007726	11.64946611
0:07:00	12.5350197	12.78420259	0	0	0	5.62	-4.906002343	-0.311450284	11.5700771	11.66206554
0:08:00	12.53501623	12.78426249	0	0	0	5.62	-4.83616837	-0.308019029	11.57007694	11.67448805
0:09:00	12.53501276	12.78432239	0	0	0	5.62	-4.767314756	-0.304636191	11.57007678	11.68673611
0:10:00	12.53500929	12.78438229	0	0	0	5.62	-4.699427735	-0.301301089	11.57007662	11.69881219
0:11:00	12.53500583	12.78444219	0	0	0	5.62	-4.632493733	-0.298013054	11.57007646	11.71071868
0:12:00	12.53500236	12.78450209	0	0	0	5.62	-4.566499369	-0.294771424	11.57007631	11.72245799
0:13:00	12.53	12.78456199	0	0	0	5.62	-4.473337685	-0.291575547	11.57007615	11.73403244
0:14:00	12.53499542	12.78462188	0	0	0	5.62	-4.437652884	-0.288443347	11.57007599	11.74537747
0:15:00	12.53499196	12.78468178	0	0	0	5.62	-4.374399728	-0.285336799	11.57007583	11.75663008
0:16:00	12.53498849	12.78474168	0	0	0	5.62	-4.312022609	-0.282274107	11.57007567	11.76772468
0:17:00	12.53498502	12.78480158	0	0	0	5.62	-4.250527056	-0.279254656	11.57007551	11.77866348
0:18:00	12.53498155	12.78486148	0	0	0	5.62	-4.189894775	-0.276277839	11.57007535	11.78944867
0:19:00	12.53497809	12.78492138	0	0	0	5.62	-4.130113645	-0.273343058	11.5700752	11.80008242

Figura 5.21 Balance Caseta 2 Sur

6. RESULTADOS Y COMPARATIVAS

Los primeros resultados obtenidos para calcular el balance han sido:

MASA TÉRMICA

CASETA 1 TODAS LAS CARAS	
Masa	8400

CARA SUR CASETA 2	
Masa	25200

La masa térmica en ambos casos y sobre todo en la caseta 1 y en las fachadas que no sean la sur de la caseta 2 es muy baja, debido al poco espesor del panel sándwich. Esto supone que cuanto menor sea la masa térmica, menor es acumulación de calor en sus fachadas.

TRANSMITANCIA

CASETA 1	
PARED 4 cm	

	e	λ	R	R TOTAL	U	U TOTAL
PANEL SANDWICH	0,04	0,032	1,25	1,25	0,8	0,8

CASETA 2	
PARED 12 cm (4 cm + 8 cm)	

	e	λ	R	R TOTAL	U	U TOTAL
PANEL SANDWICH	0,04	0,032	1,25	3,602941176	0,8	0,27755102
AISLAMIENTO	0,08	0,034	2,352941176		0,425	

Tanto el panel sándwich como el aislamiento tienen una baja conductividad térmica, lo que significa que la transmitancia es baja, y sobre todo en la cara sur de la caseta 2 que es de 0,27 W/m²°K.

BALANCE

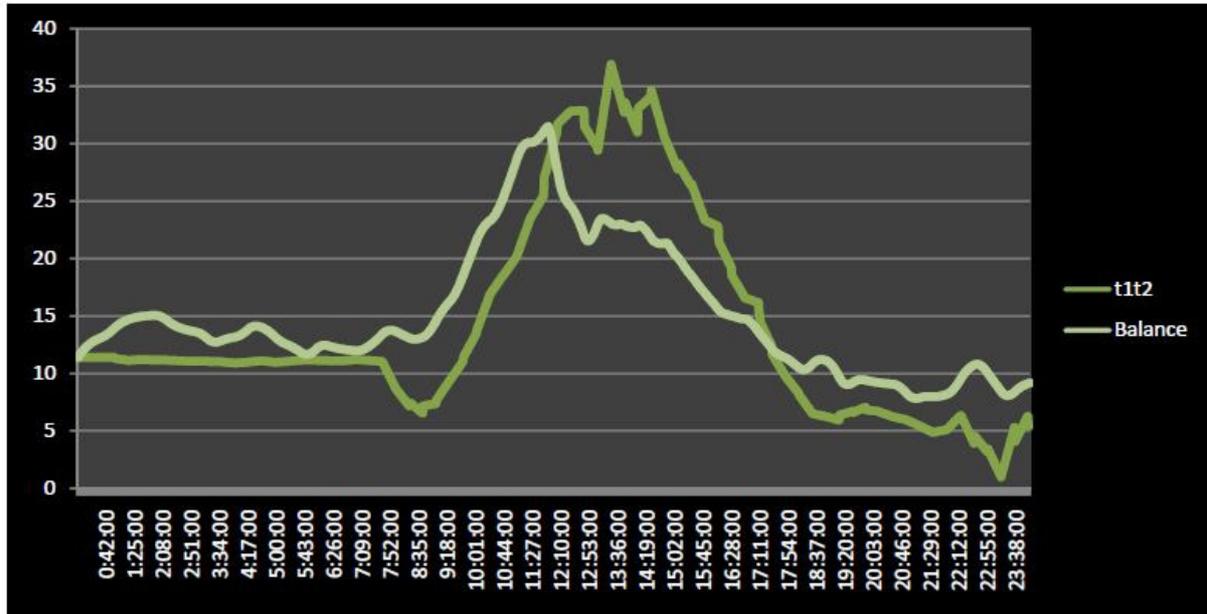


Figura: 6.1 Cubierta caseta 1

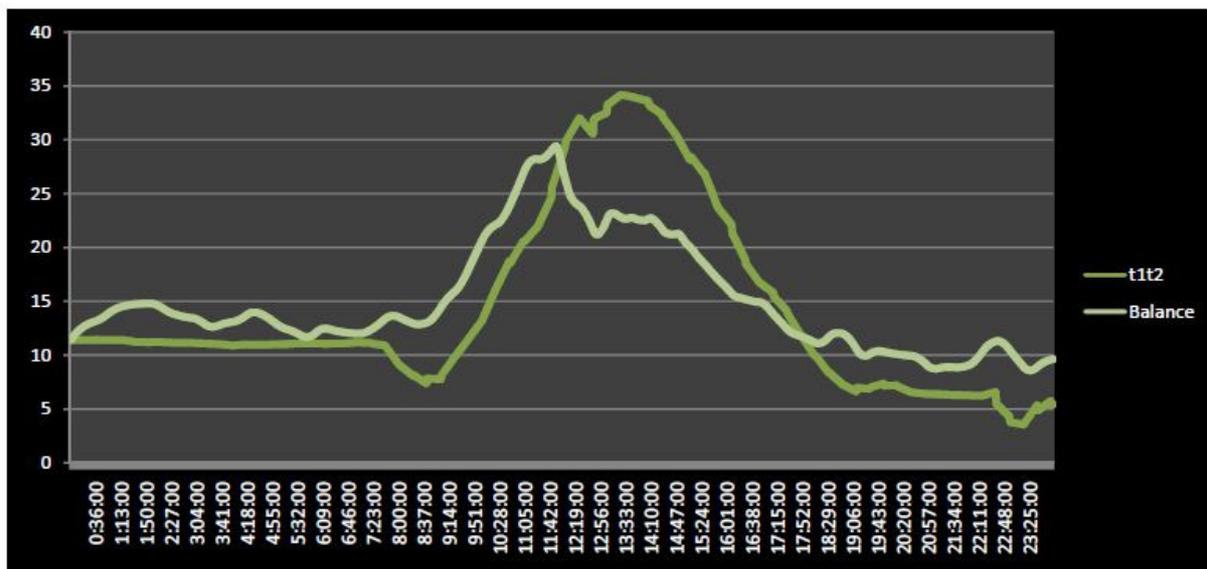


Figura: 6.2 Cubierta caseta 2

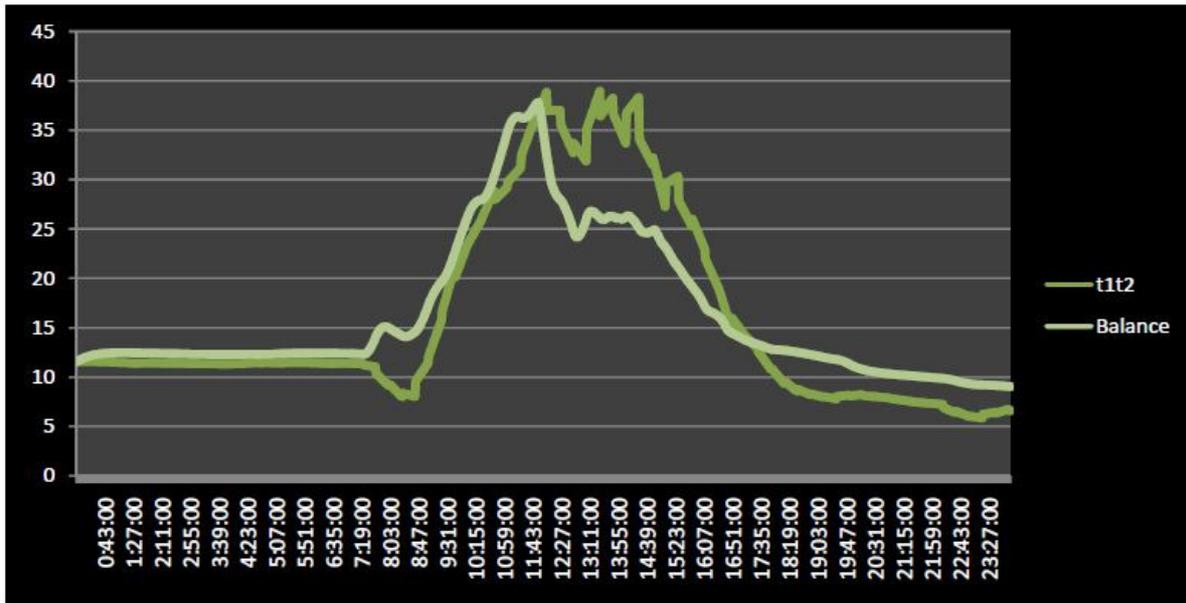


Figura: 6.3 Fachada sur caseta 1

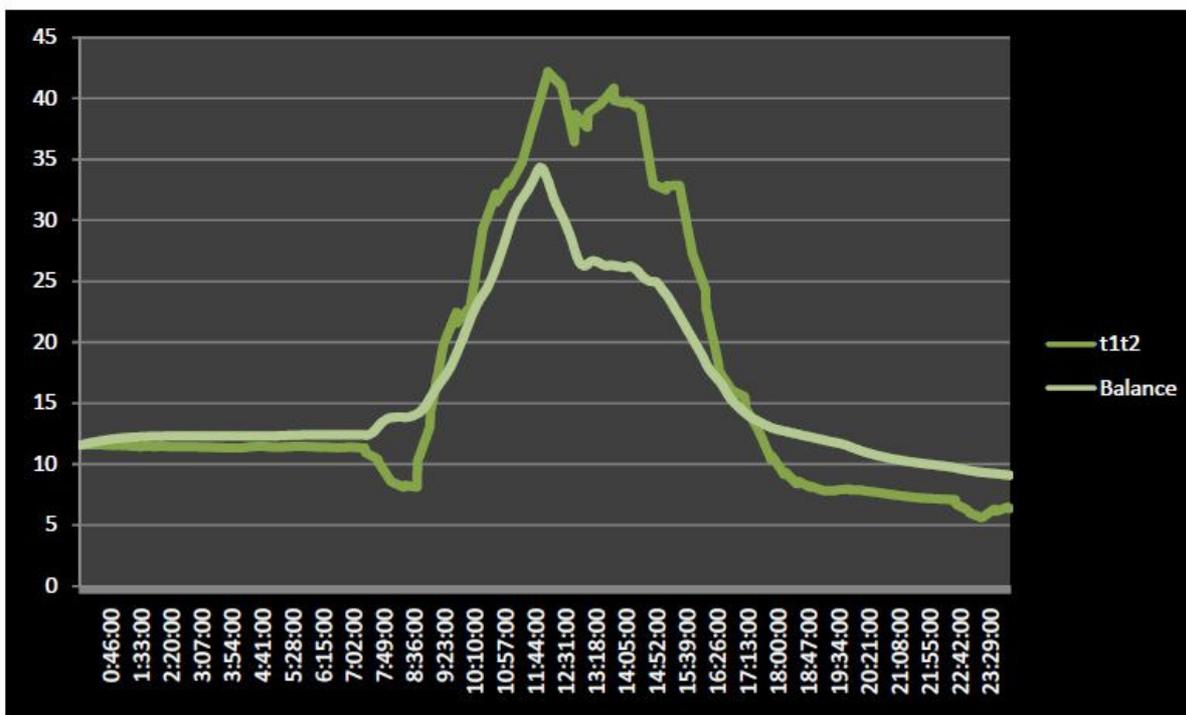


Figura: 6.4 Fachada sur caseta 2



Como se puede observar en las gráficas, se ha comprobado que los datos reales no son iguales a los datos experimentales, ya que en los resultados experimentales disponemos de temperaturas menores a las obtenidas por los sensores llegando a una diferencia de 12 °C a las 13:30 en la cubierta y de 16 °C a las 13:45 en la cara sur.

También se observa que en las horas de menor temperatura, es decir por la noche, amaneciendo y atardeciendo, las temperaturas del balance son ligeramente superiores a los datos reales.

Ambas cosas son debidas a que en los resultados del Balance se ha utilizado la velocidad del viento de Valencia, pero como los recintos de ensayo se encuentran situados en Paterna, la velocidad del viento sería diferente.

En los resultados experimentales usamos las pérdidas de calor, lo que hace que en las horas de más calor, la temperatura exterior sea superior porque en el balance se han utilizado factores como la emisividad del material, la radiación y la temperatura interior que hacen que la temperatura del balance disminuya. Y durante el amanecer, atardecer y la noche el balance sea superior debido a que no existe radiación y la temperatura interior es superior a la temperatura exterior.

Existe una disminución de la temperatura exterior puntual de 7:30 a 9:00, en todas las fachadas a analizar en ambas casetas, lo que provoca que difiera más los resultados experimentales a los reales, ya que la temperatura interior de ambas casetas no sufre esta variación, lo que implica que el balance tampoco disminuya su temperatura en dichas horas.

Si en vez de utilizar la velocidad del viento de la página de la Universidad Politécnica de Valencia, utilizamos como velocidad del viento siempre 0, los resultados obtenidos del balance son más parecidos a los datos experimentales como se puede observar en las siguientes gráficas:

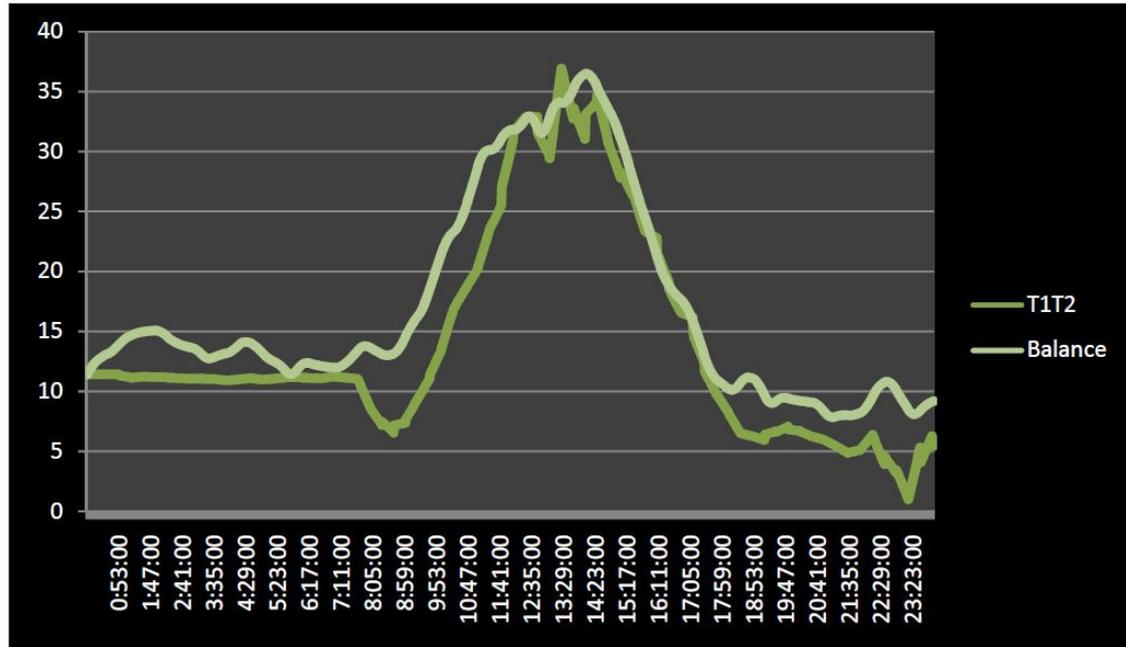


Figura 6.5 Cubierta caseta 1

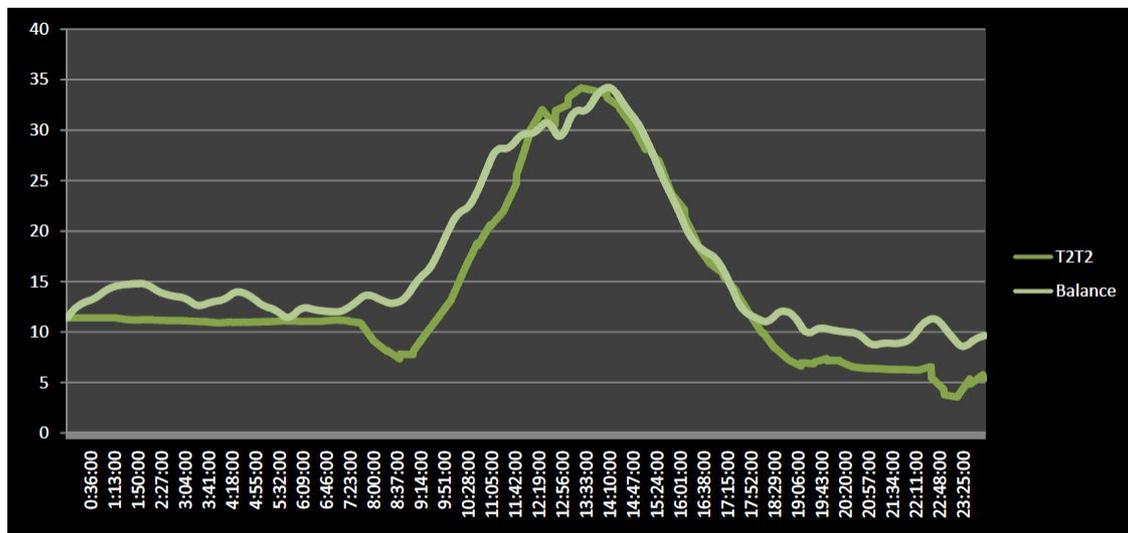


Figura 6.6 Cubierta caseta 2

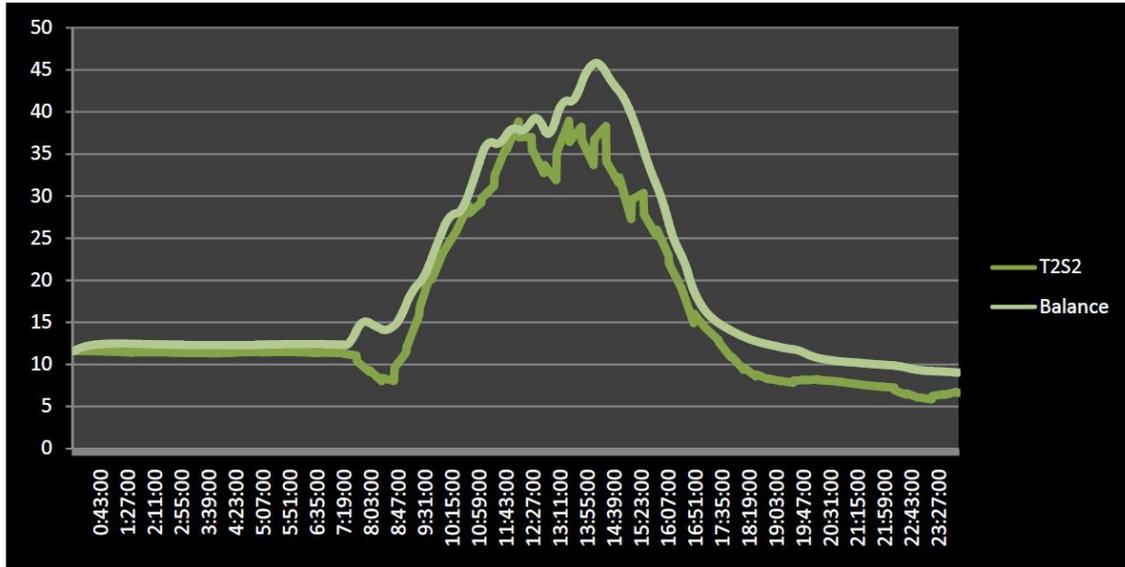


Figura 6.7 Fachada sur caseta 1

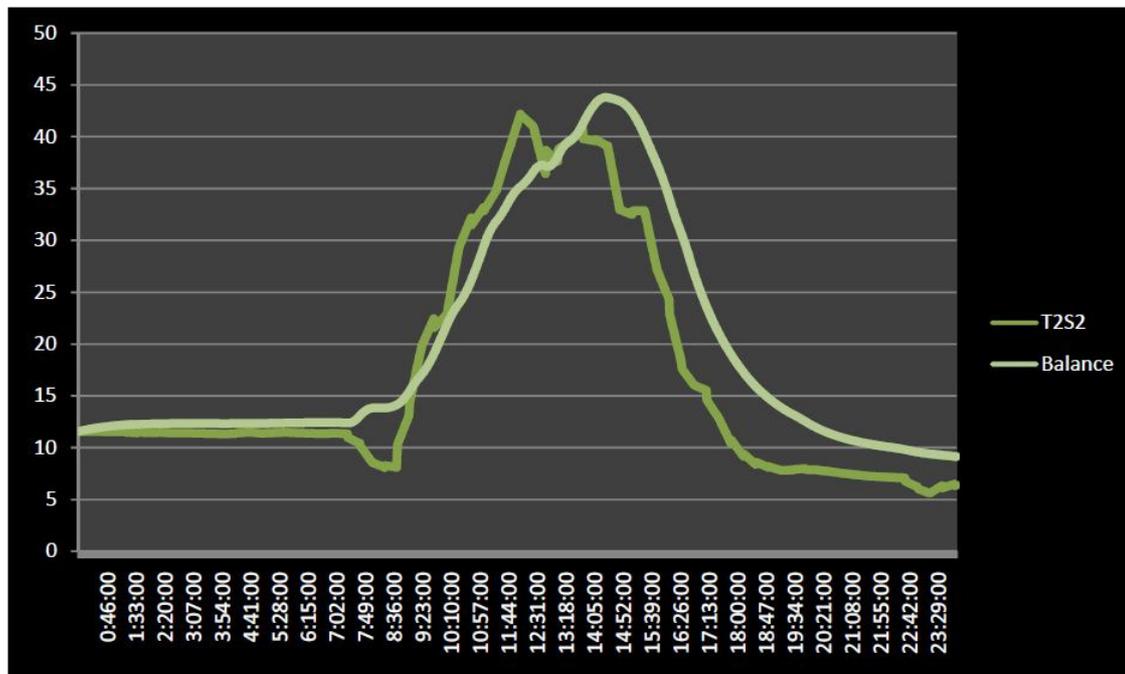


Figura 6.8 Fachada sur caseta 2

Se comprueba que utilizando la velocidad del viento 0, los resultados obtenidos son más parecidos a los datos experimentales, esto es debido a que la velocidad del viento utilizada en el primer momento es la velocidad de viento de Valencia, lo que supone una pequeña variación a velocidad del viento de Paterna, por lo tanto al utilizar la velocidad 0, el coeficiente de convección es constante a lo largo del día y no existen tantas pérdidas por convección.

COMPARATIVAS BALANCES CASETAS

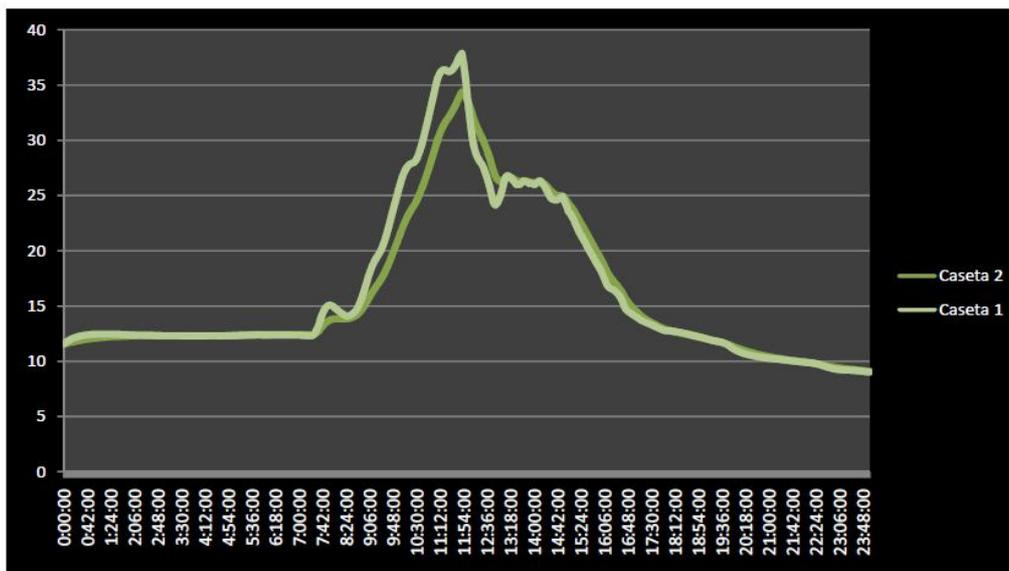


Figura 6.9 Fachada sur comparativa balance

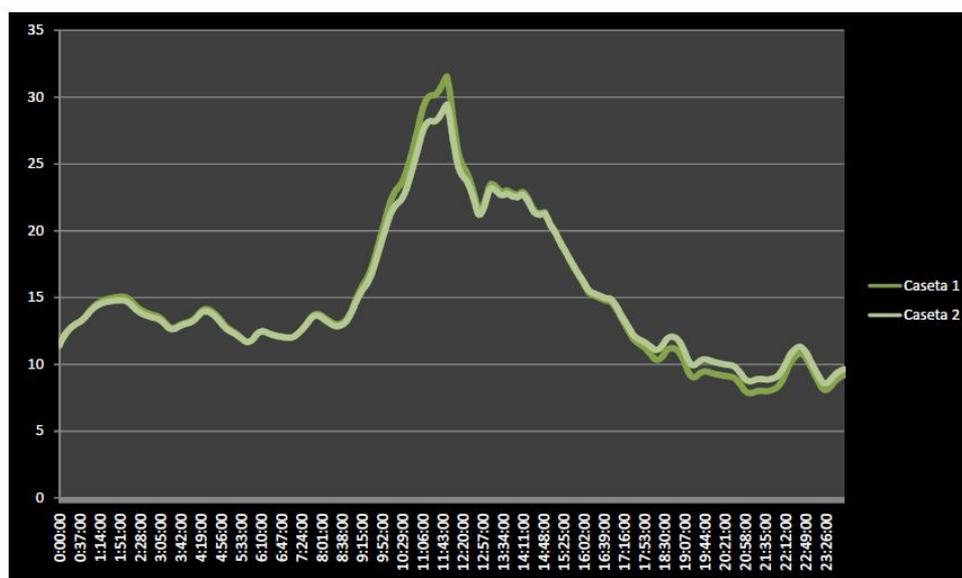


Figura 6.10 Cubierta comparativa balance

En esta comparativa se puede visualizar como la diferencia de temperaturas de los dos recintos de ensayo es muy pequeña, debido a que para el cálculo del balance térmico el aislamiento térmico existente en la cara sur de la caseta 2 no supone una gran variación, ya que este factor solo modifica la conducción y al ser un cerramiento de tan poco espesor no es significativo en este cálculo. Sería necesario un mayor aislamiento para que representase una mayor variación de temperatura.

COMPARATIVAS TEMPERATURA INTERIOR CASETAS

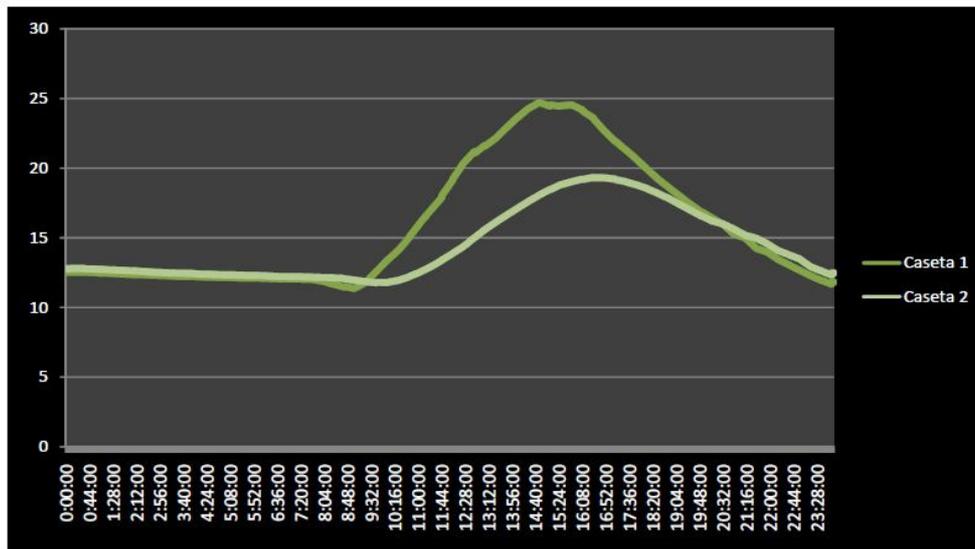


Figura 6.11 Fachada sur comparativa temperatura interior

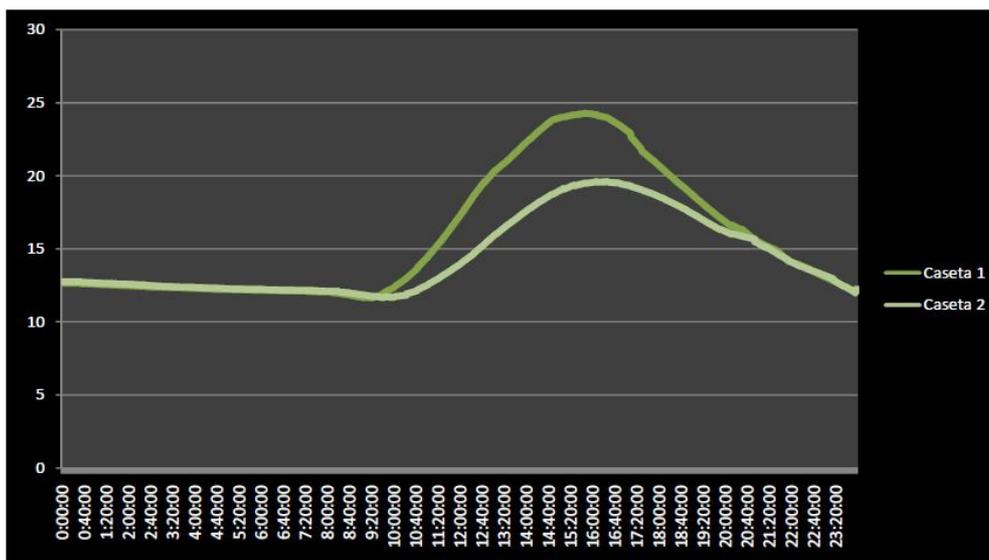


Figura 6.12 Cubierta comparativa temperatura interior

En las anteriores gráficas se puede contemplar como la temperatura interior de la caseta 2 es inferior a la de la caseta 1 en las horas centrales del día. También la temperatura de la caseta 2 no sufre tanta diferencia de temperatura a lo largo del día. Ambos casos provocados por el aislante térmico adherido en la cara sur de caseta 2 que hace que en las horas frías no intercambie calor del interior de la caseta al exterior y que en las horas del día calientes no intercambien el calor del exterior al interior, frenando este aumento de temperatura, sufriendo una variación de 23 °C, mientras que en la caseta 1 la variación es de 29 °C.

Las gráficas con forma de campana que se obtienen con todos los datos es provocada por la diferencia de temperatura entre el día y la noche, debido al movimiento de rotación de la Tierra, lo que supone una disminución significativa de la temperatura, sobre todo en invierno, que es nuestro caso, aunque el día del análisis no haya sido un día muy frío.

COMPARATIVAS TEMPERATURA EXTERIOR CASETAS

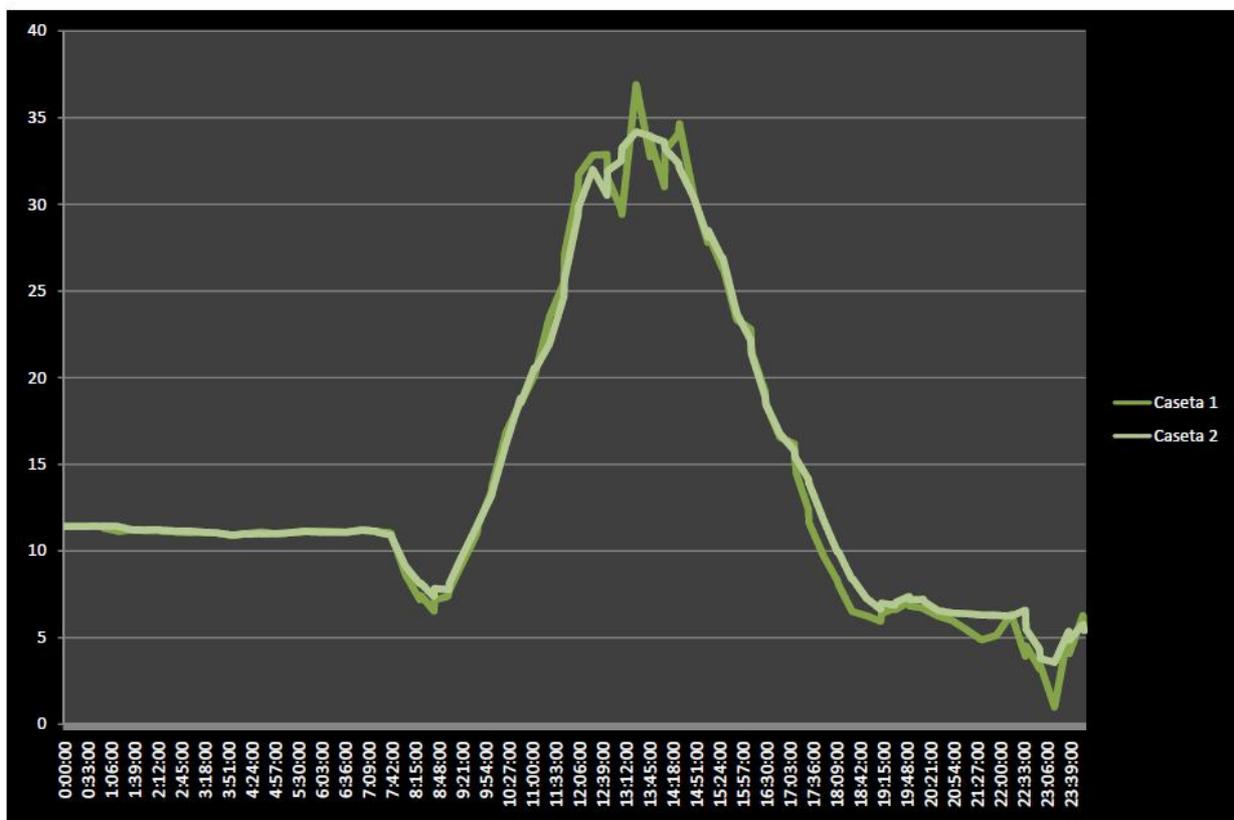


Figura 6.13 Comparativa temperatura exterior fachada sur

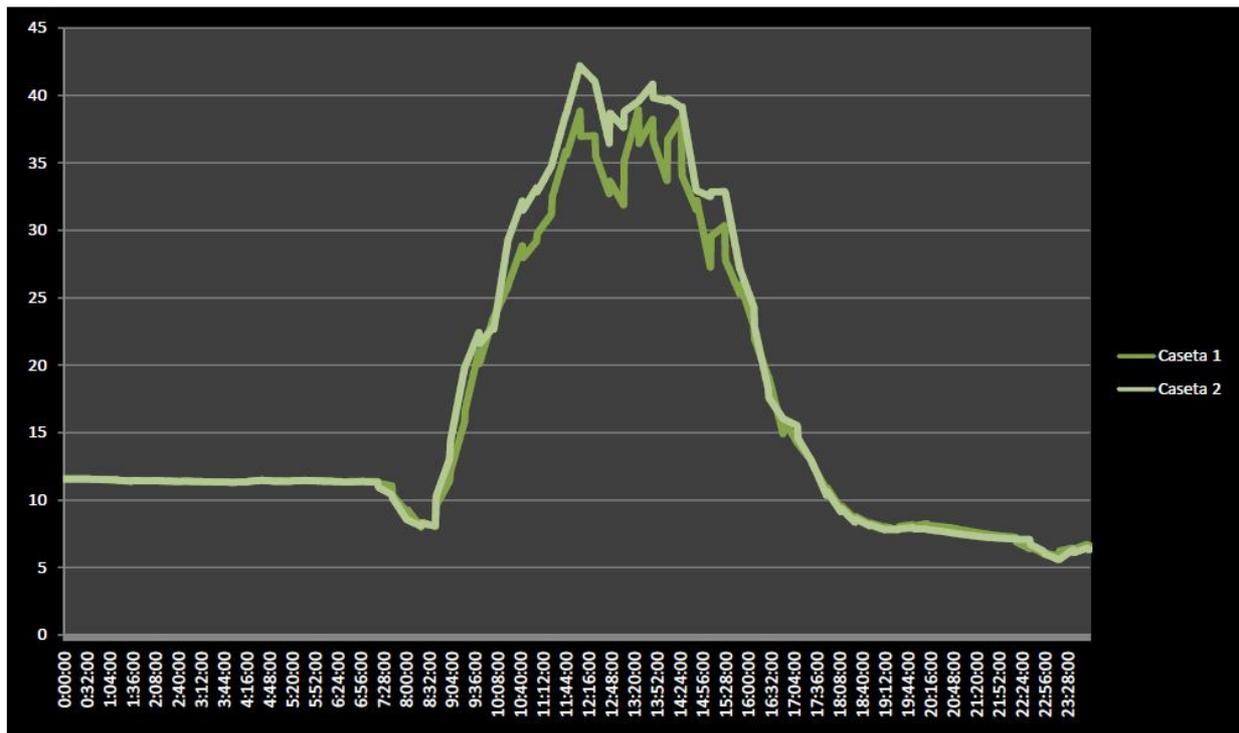


Figura 6.14 Comparativa temperatura exterior cubierta

Se muestra en las gráficas anteriores que la temperatura exterior de ambas casetas es muy parecida en la fachada sur, pero en la cubierta se difiere un poco más en las temperaturas de ambas casetas. Los motivos de esta variación pueden ser muy variados, uno de ellos es la dirección del viento y velocidad del viento ya que dependiendo de cómo sopla el viento la temperatura aumentará o disminuirá.

COMPARATIVAS TEMPERATURA DISTINTAS PIELES DEL CERRAMIENTO

La siguiente comparativa estudia las distintas temperaturas que existe en un cerramiento durante una hora. Las horas elegidas son las 7 de la mañana, las 2 de la tarde y las 10 de la noche. El estudio se realiza para la fachada sur de los dos recintos y para la cubierta de los dos recintos.

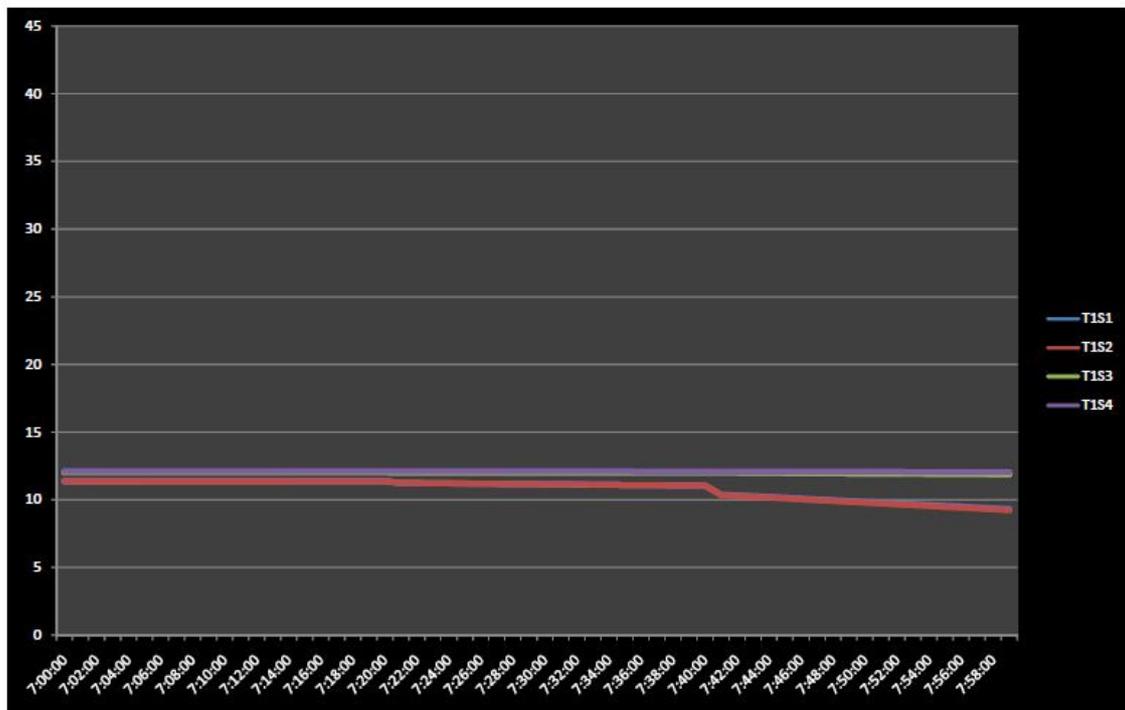


Figura 6.15 Fachada sur caseta 1, 7:00 horas.

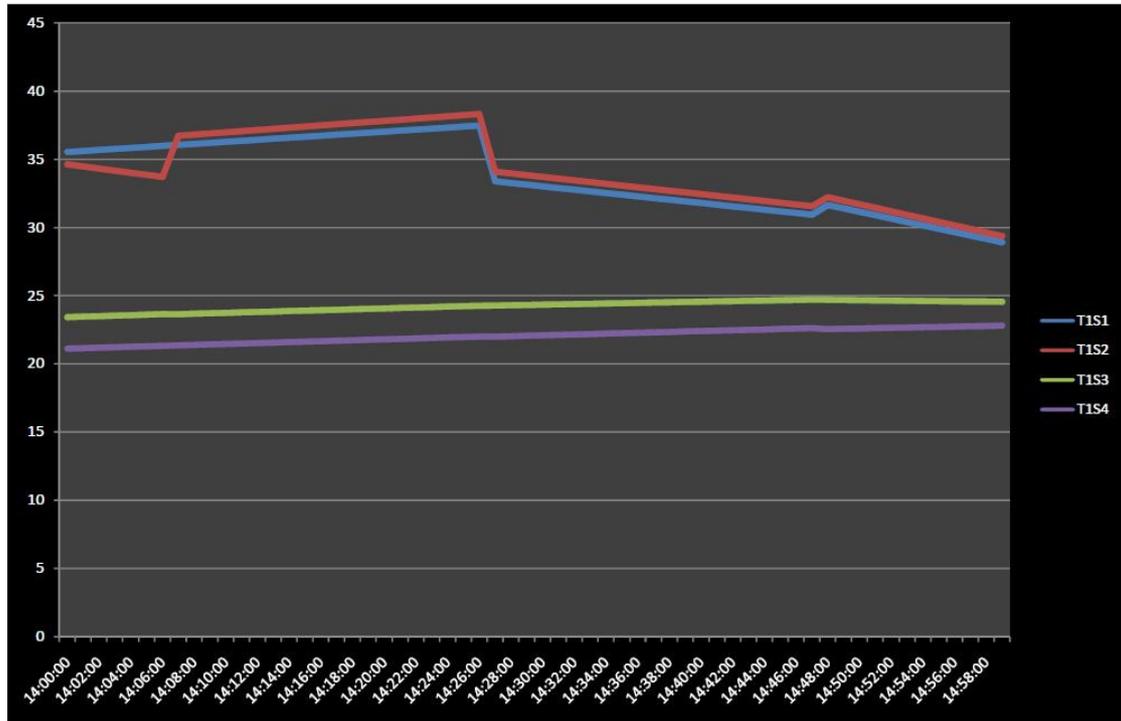


Figura 6.16 Fachada sur caseta 1, 14:00 horas.

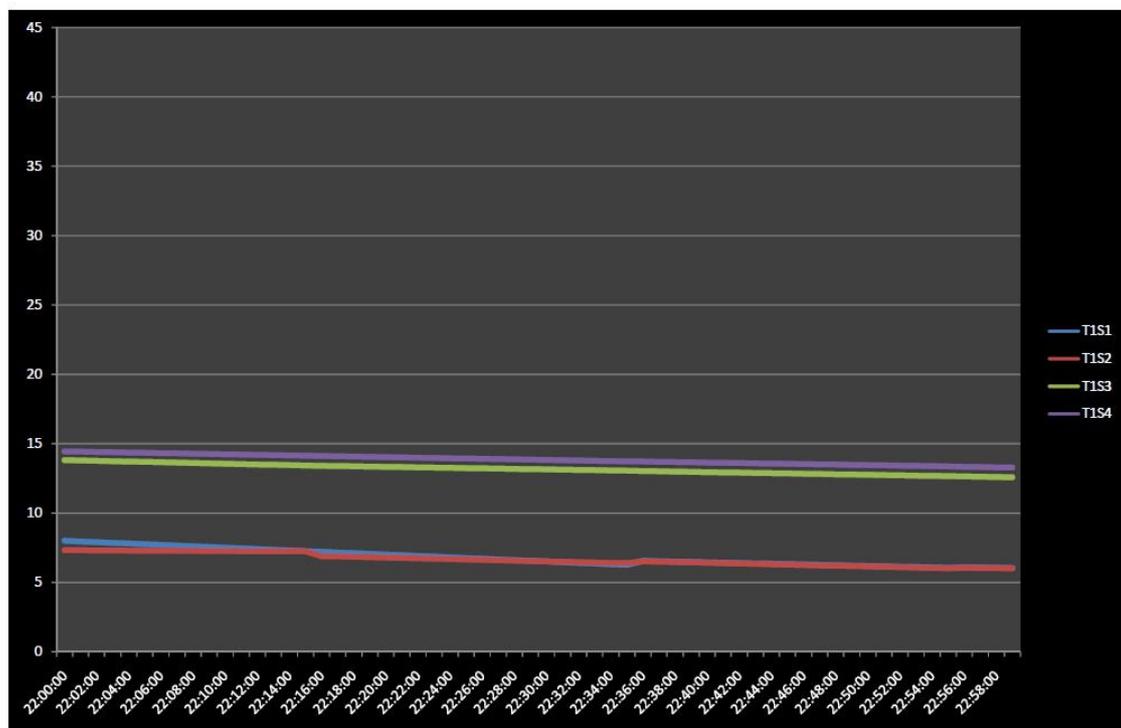


Figura 6.17 Fachada sur caseta 1, 22:00 horas.

Las temperaturas exteriores de la caseta a primera hora de la mañana son muy parecidas a las temperaturas interiores, ya que el calor acumulado en el interior de la caseta a lo largo del día anterior se ha ido perdiendo durante la noche. A las 14:00 horas las temperaturas exteriores son superiores a las temperaturas interiores, habiendo una variación de temperatura de 10 °C. Por la noche existe mayor diferencia entre las temperaturas exteriores y las temperaturas interiores siendo las temperaturas interiores hasta 8 °C mayor que las temperaturas exteriores.

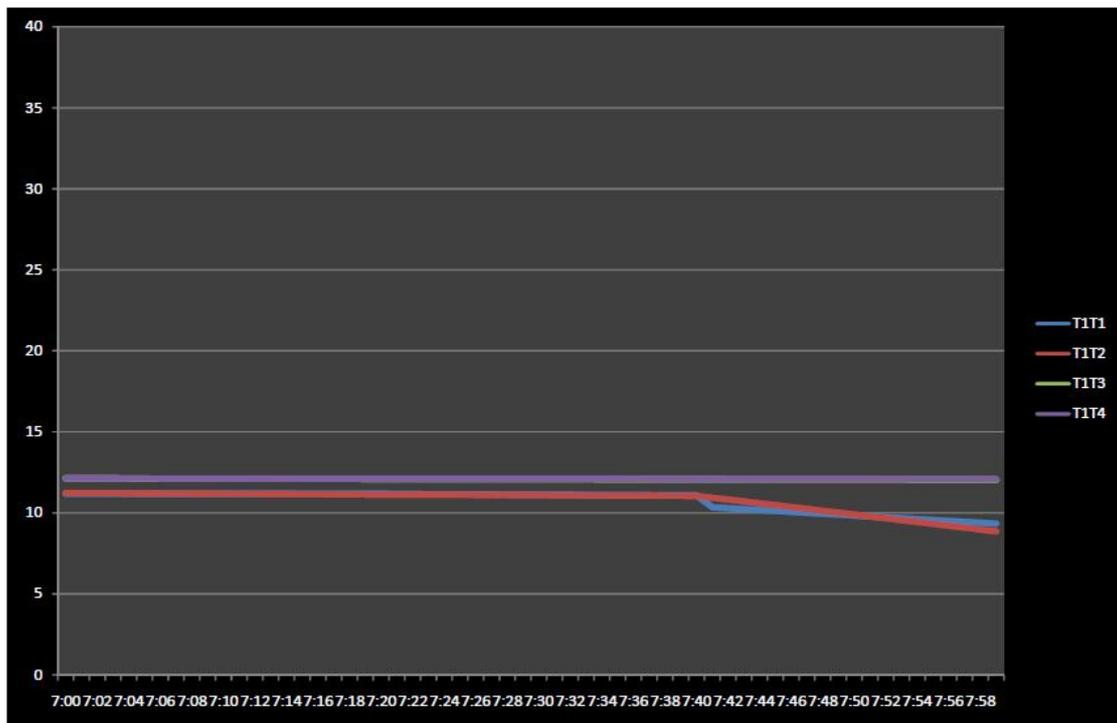


Figura 6.18 Cubierta caseta 1, 7:00 horas.

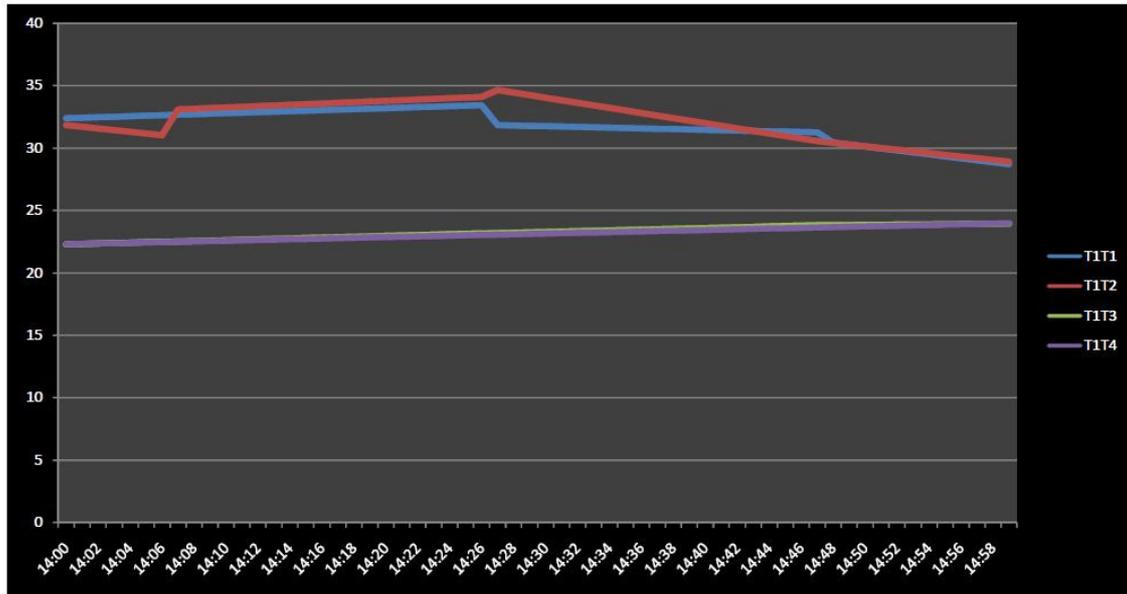


Figura 6.19 Cubierta caseta 1, 14:00 horas.

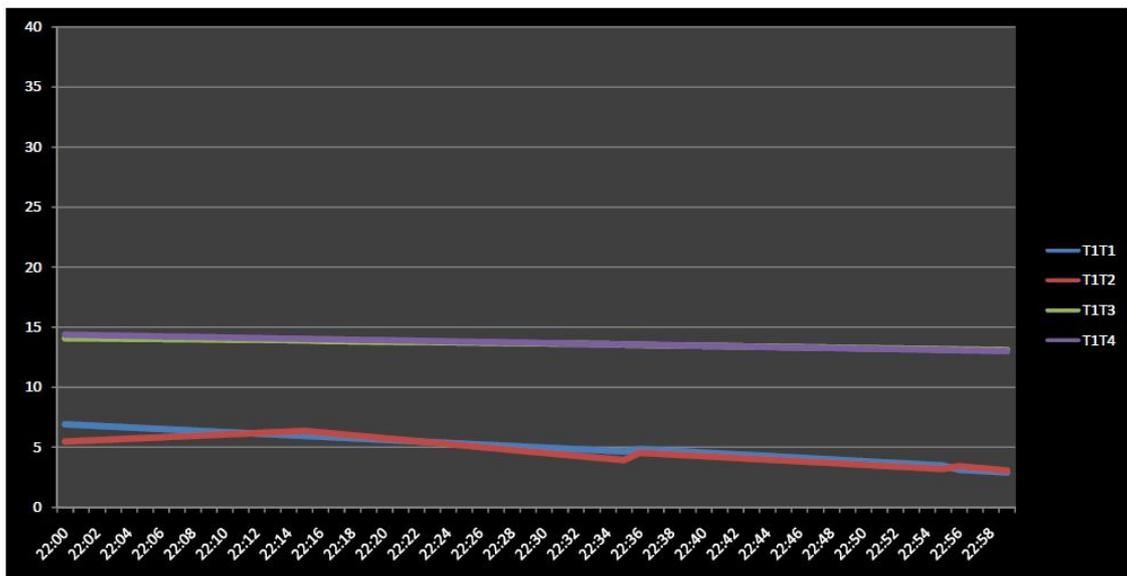


Figura 6.20 Cubierta caseta 1, 22:00 horas.

A las 7:00 las temperaturas interiores se mantienen constantes, mientras que las temperaturas exteriores sufren una disminución de temperatura. A las 14:00 horas las temperaturas exteriores son superiores a las temperaturas interiores. A las 22:00 horas las interiores son superiores a las exteriores.

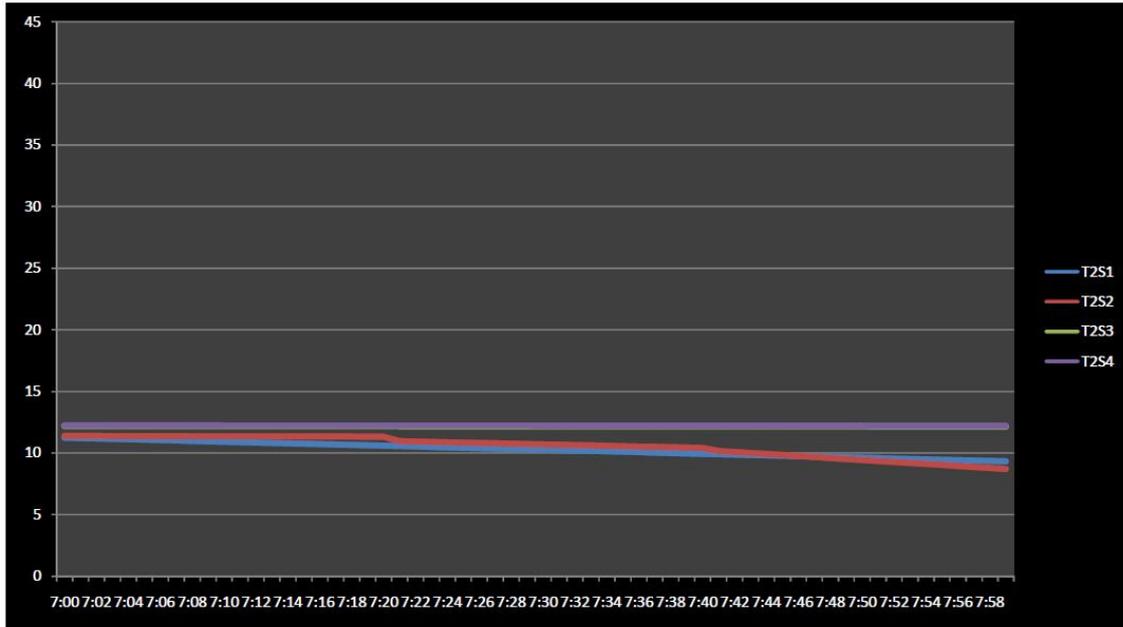


Figura 6.21 Fachada sur caseta 2, 7:00 horas.

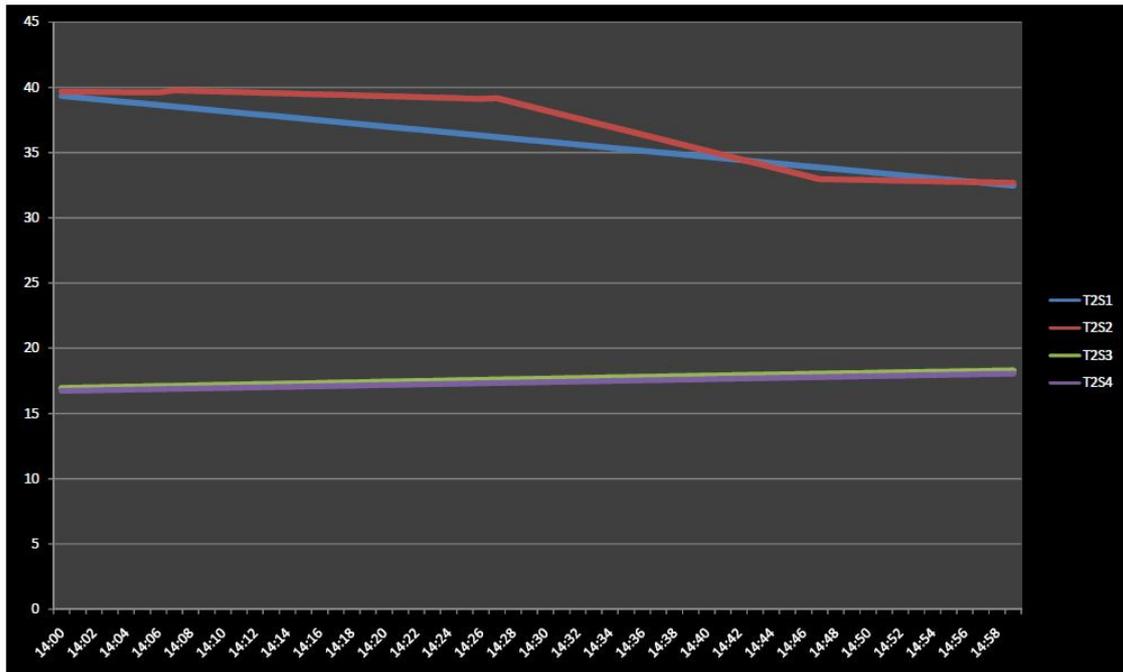


Figura 6.22 Fachada sur caseta 2, 14:00 horas.

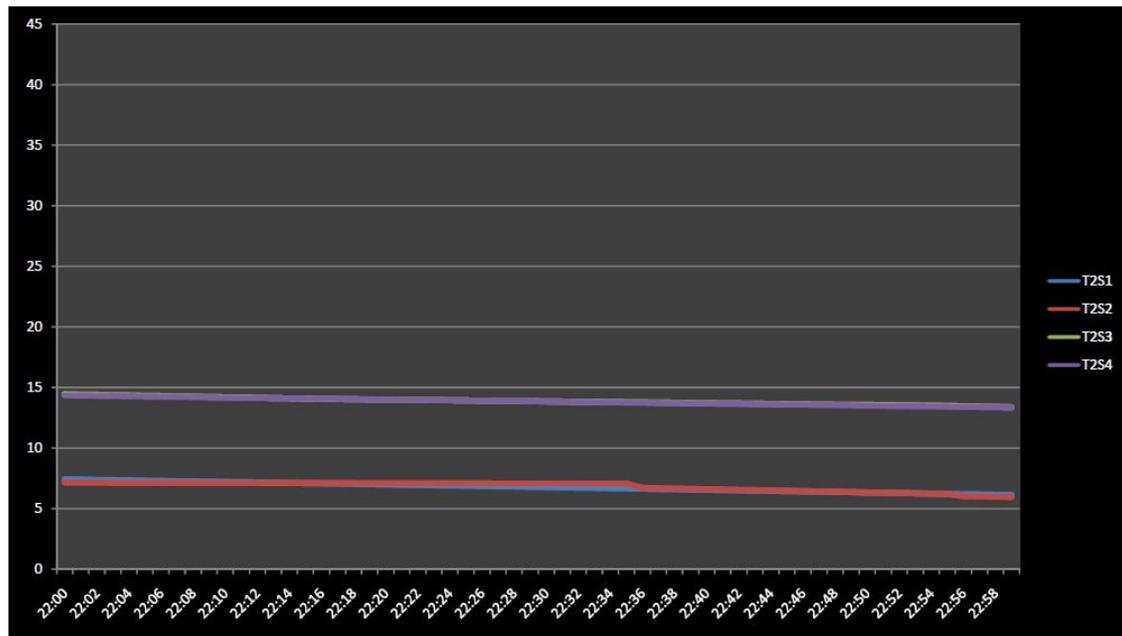


Figura 6.23 Fachada sur caseta 2, 22:00 horas.

En estas gráficas ocurre lo mismo que lo descrito en las gráficas de la otra caseta, salvo que la diferencia de temperaturas a las 14:00 horas entre el exterior y el interior es mayor debido al aislante térmico.

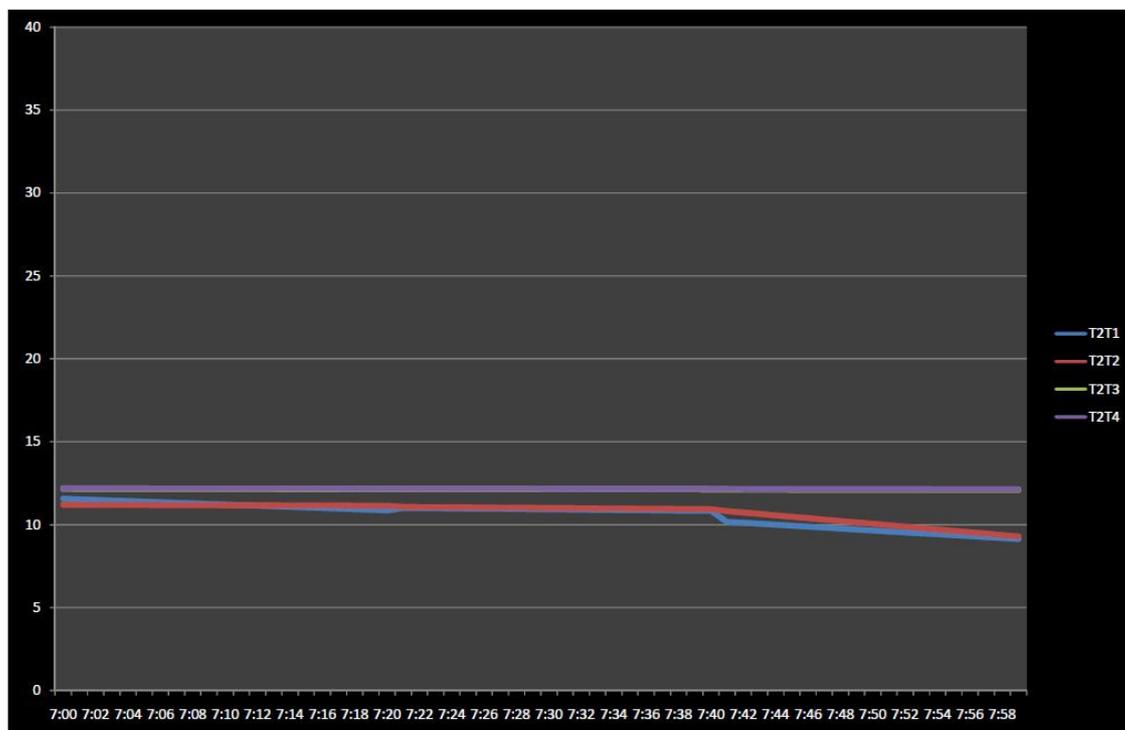


Figura 6.24 Cubierta caseta 2, 7:00 horas.

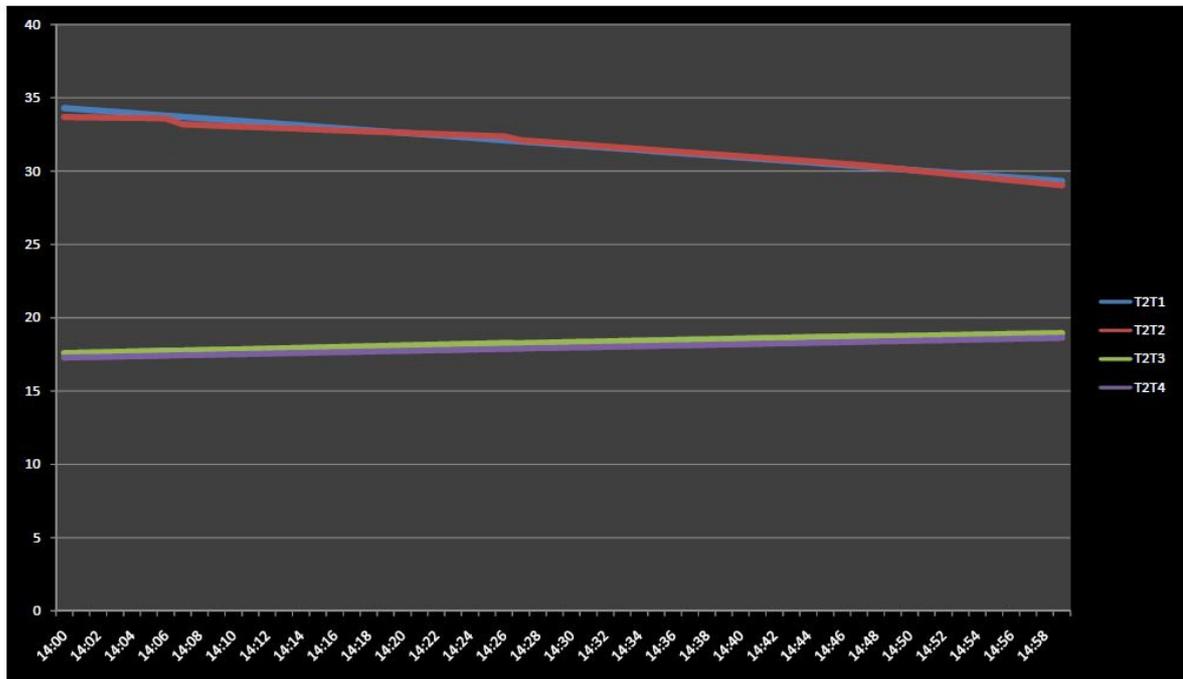


Figura 6.25 Cubierta caseta 2, 14:00 horas.

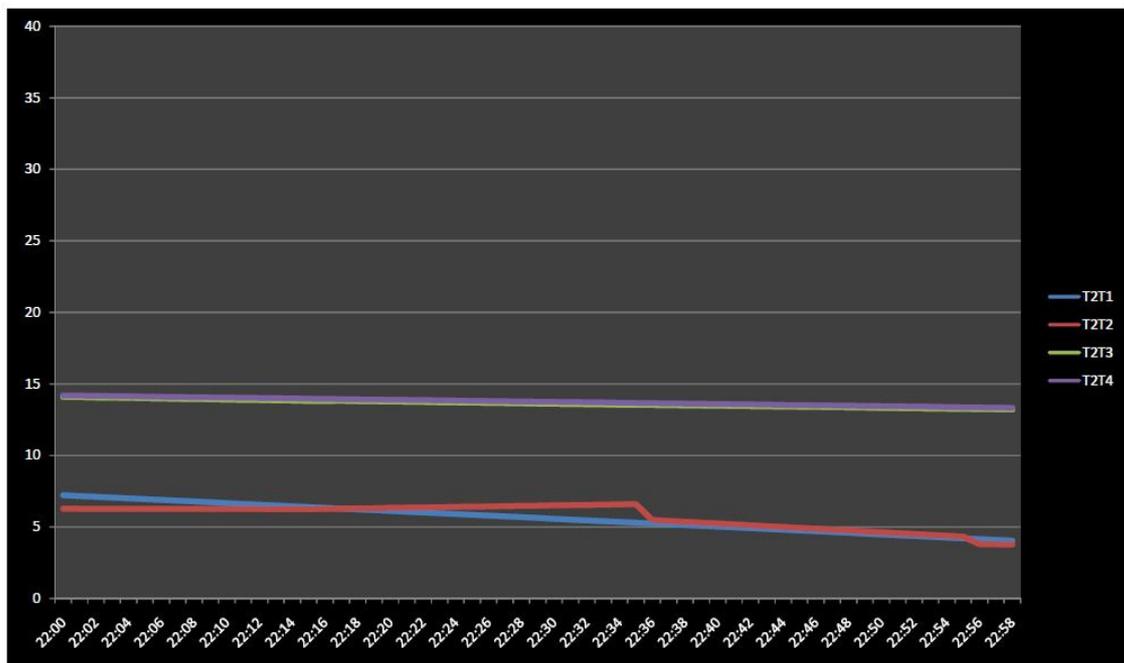


Figura 6.26 Cubierta caseta 2, 22:00 horas.

A las 7:00 horas las temperaturas interiores son ligeramente superiores que las temperaturas exteriores. La diferencia de temperaturas a las 14:00 horas entre el exterior y el interior es mayor que en la caseta 1 por el aislante térmico que aunque no esté puesto en esta cara del recinto hace la temperatura ambiente interior sea más constante.

VARIACIÓN ESPESOR AISLANTE

Una vez obtenido el balance térmico y comparando las temperaturas interiores de los dos recintos de ensayo se demuestra que debido a la pequeña variación de temperaturas de un recinto a otro, la masa térmica del recinto debería de aumentar para que la temperatura interior fuera constante a lo largo del día. La masa térmica se puede aumentar cambiando el material con un mayor calor específico o una mayor densidad, o aumentando el espesor del aislante térmico. Por lo tanto aumentando el espesor del aislante térmico disponemos de las siguientes comparativas:

Espesor Aislamiento	0.12
---------------------	------

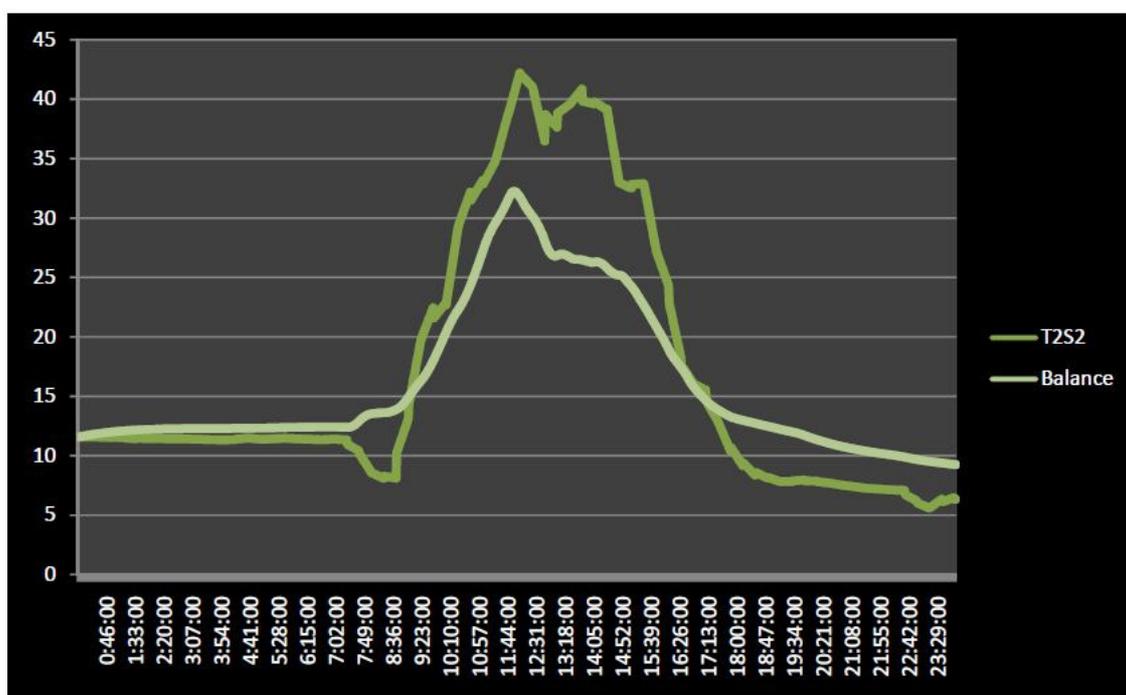


Figura 6.27 Fachada sur caseta 2

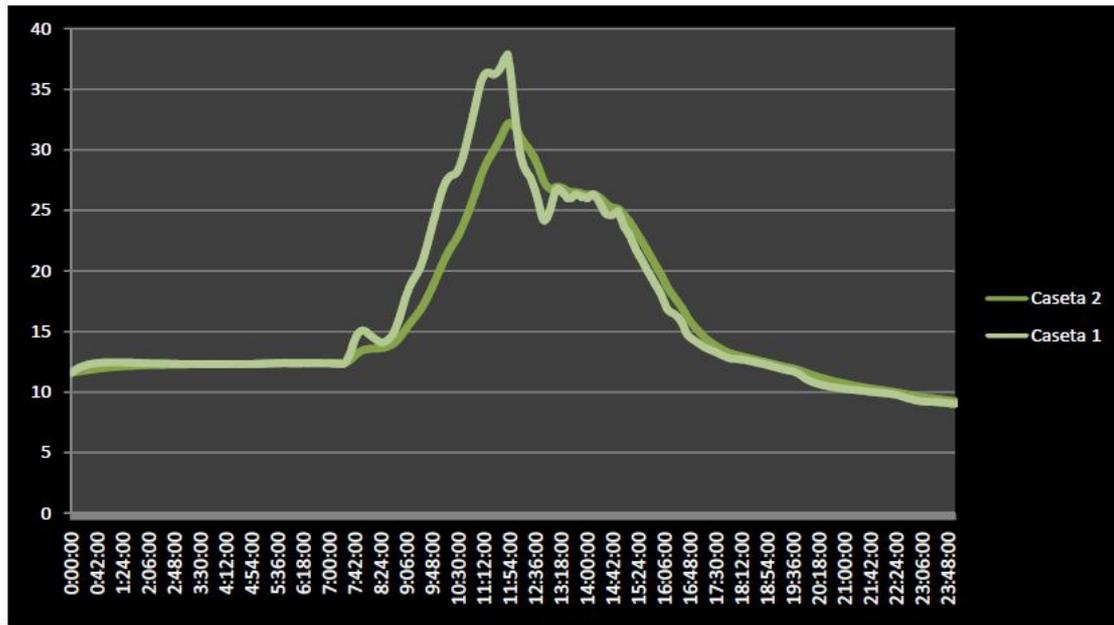


Figura 6.28 Comparativa casetas

Espesor Aislamiento	0.16
---------------------	------

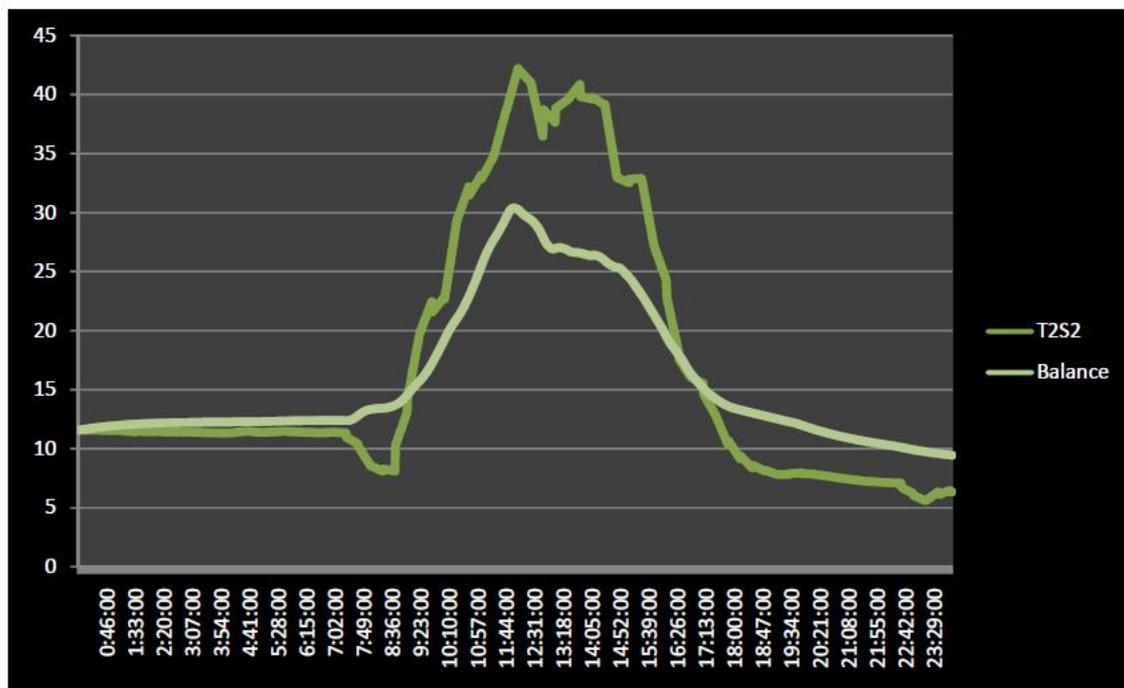


Figura 6.29 Fachada sur caseta 2

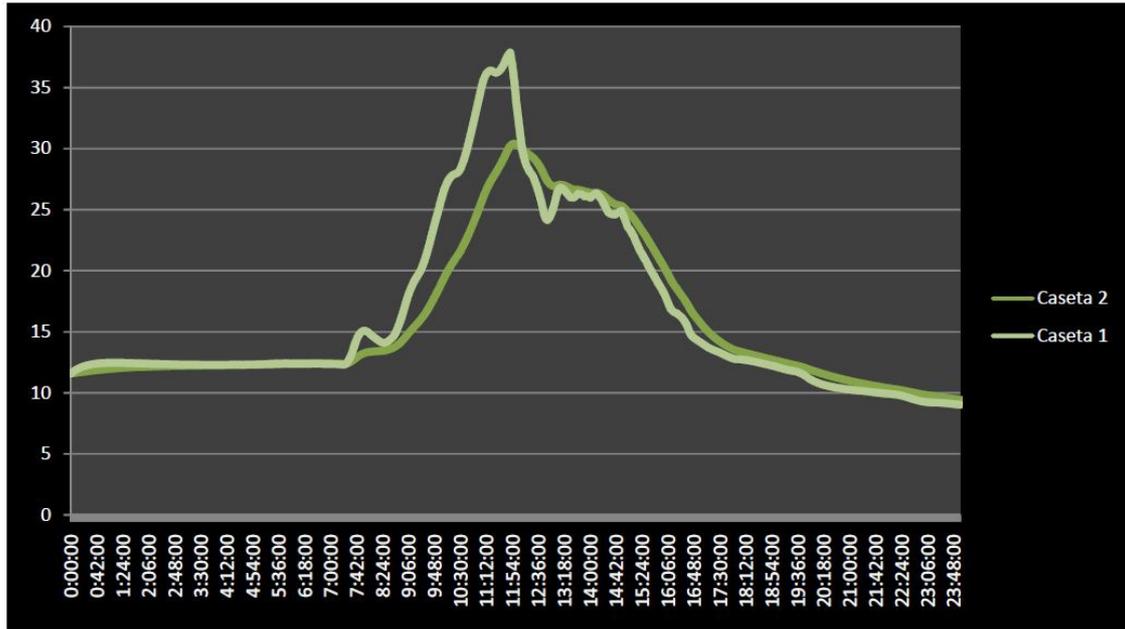


Figura 6.30 Comparativa casetas

Espesor Aislamiento	0.20
---------------------	------

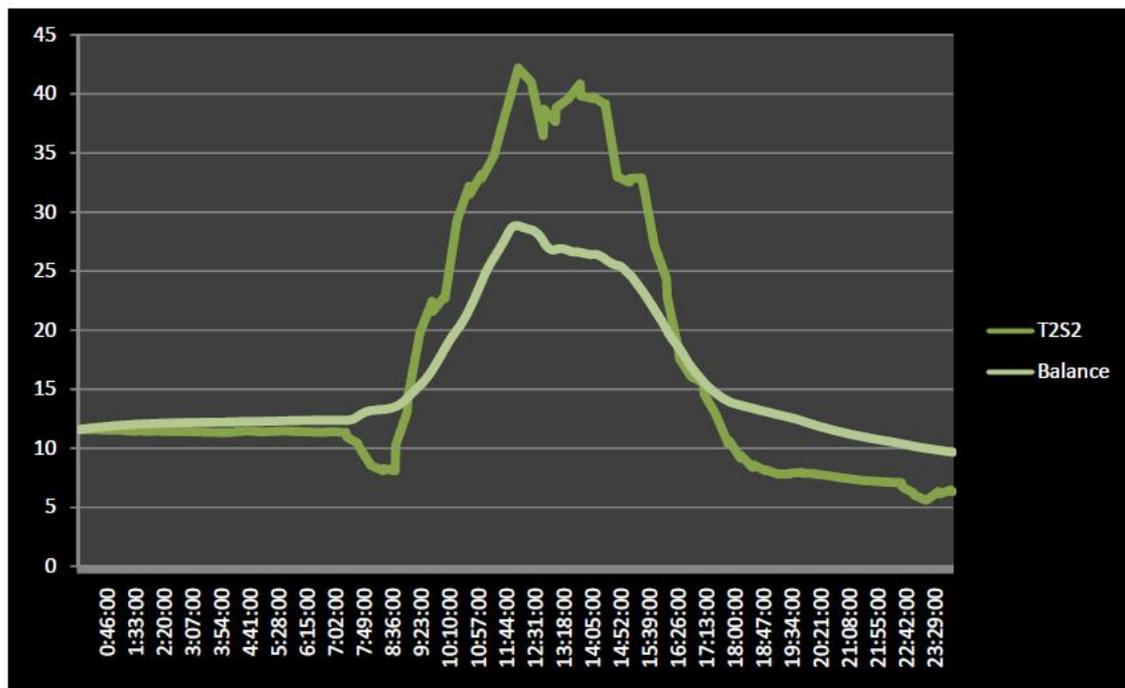


Figura 6.31 Fachada sur caseta 2

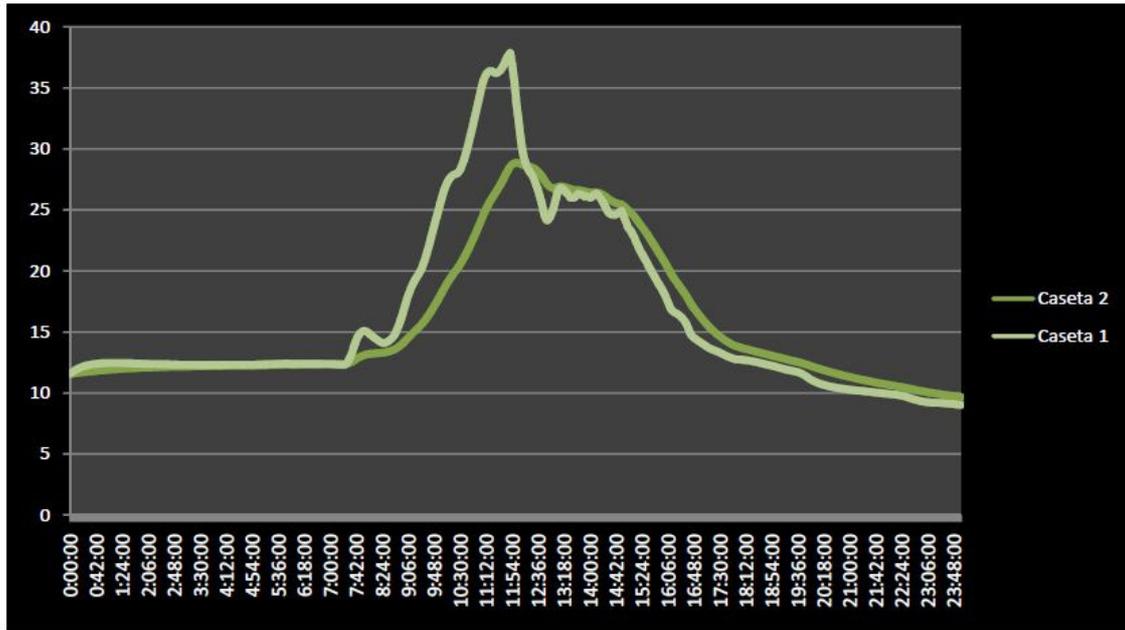


Figura 6.32 Comparativa casetas

Espesor Aislamiento	0.26
---------------------	------

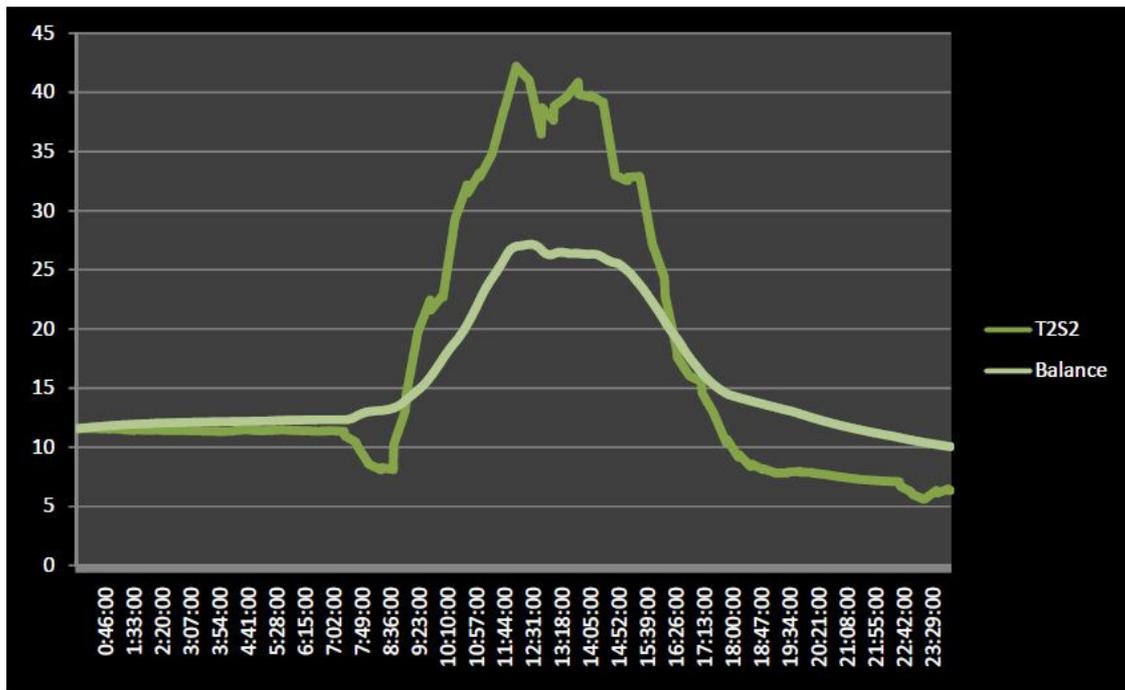


Figura 6.33 Fachada sur caseta 2

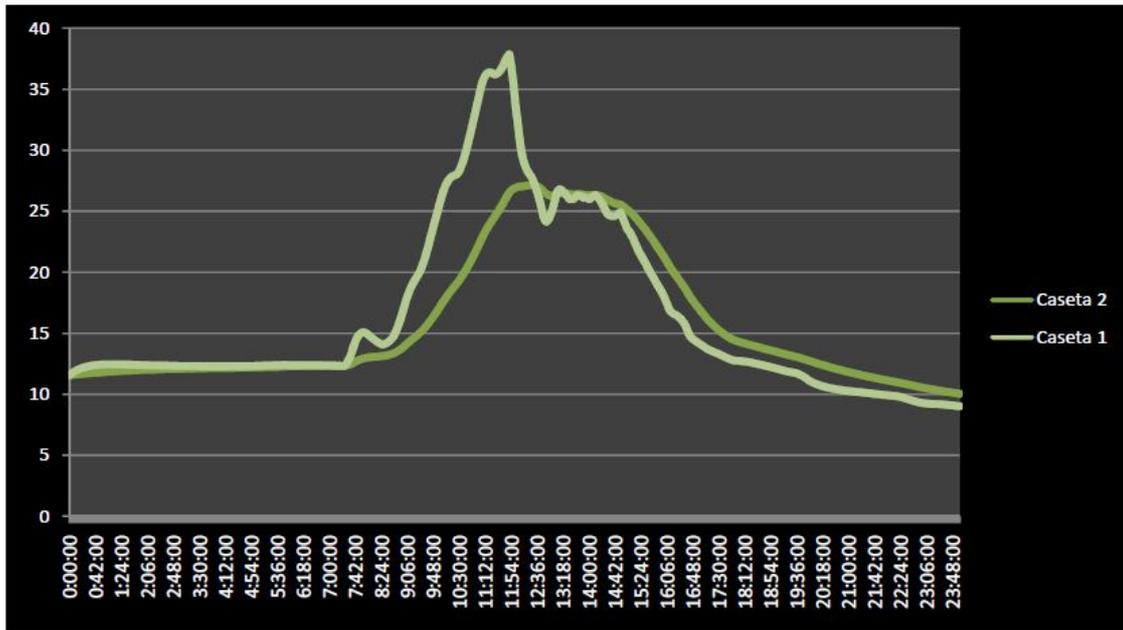


Figura 6.34 Comparativa casetas

Espeor Aislamiento	0.30
--------------------	------

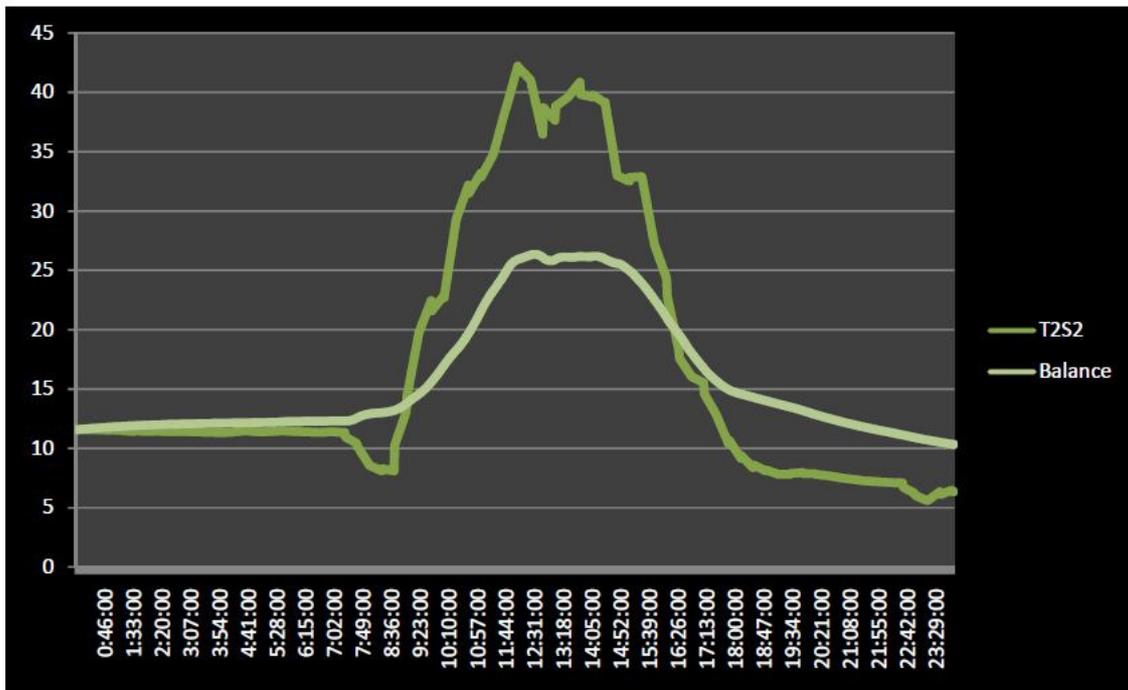


Figura 6.35 Fachada sur caseta 2

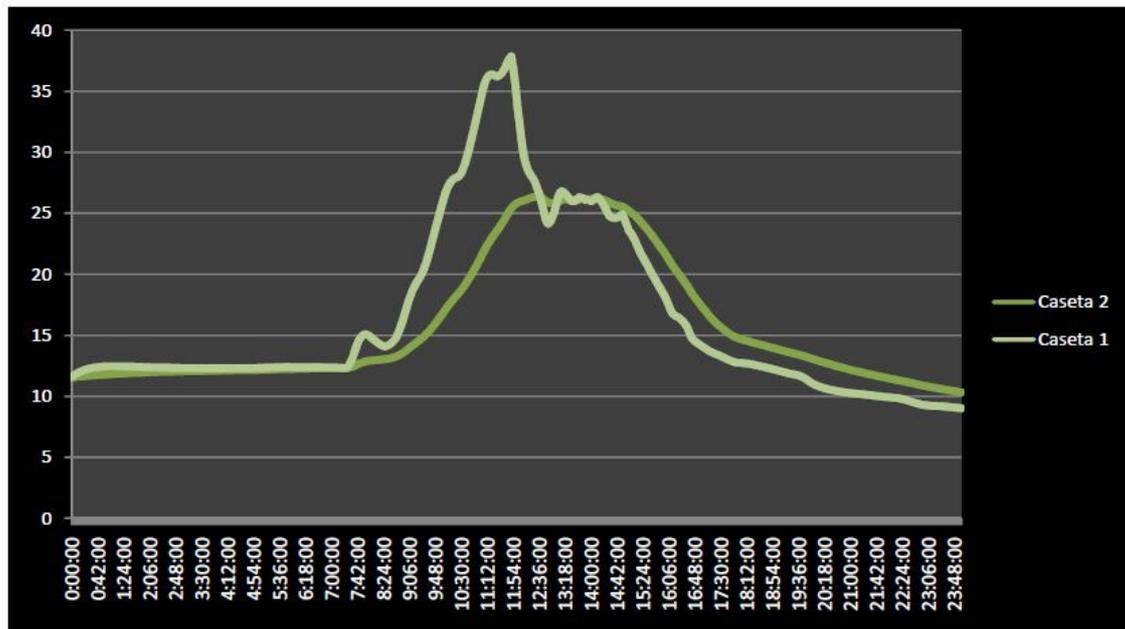


Figura 6.36 Comparativa casetas

Se observa que a medida que vamos aumentando el espesor del aislamiento, la gráfica se va haciendo más constante y va disminuyendo la temperatura máxima del recinto, encontrándose en las horas frías el balance siempre superior a la temperatura real. Mientras que si comparamos las dos caseta, a medida que se aumenta el espesor del aislante y por lo tanto su masa térmica, a partir de las 12.30 la temperatura de la caseta 2 (la que dispone del aislante térmico) es superior a la de la caseta 1.

7. PERFILES TÉRMICO

El perfil térmico de un cerramiento es una representación gráfica de la temperatura puntual del mismo a lo largo de su espesor. Este tipo de representaciones nos da información sobre la resistencia a la inercia térmica del cerramiento.

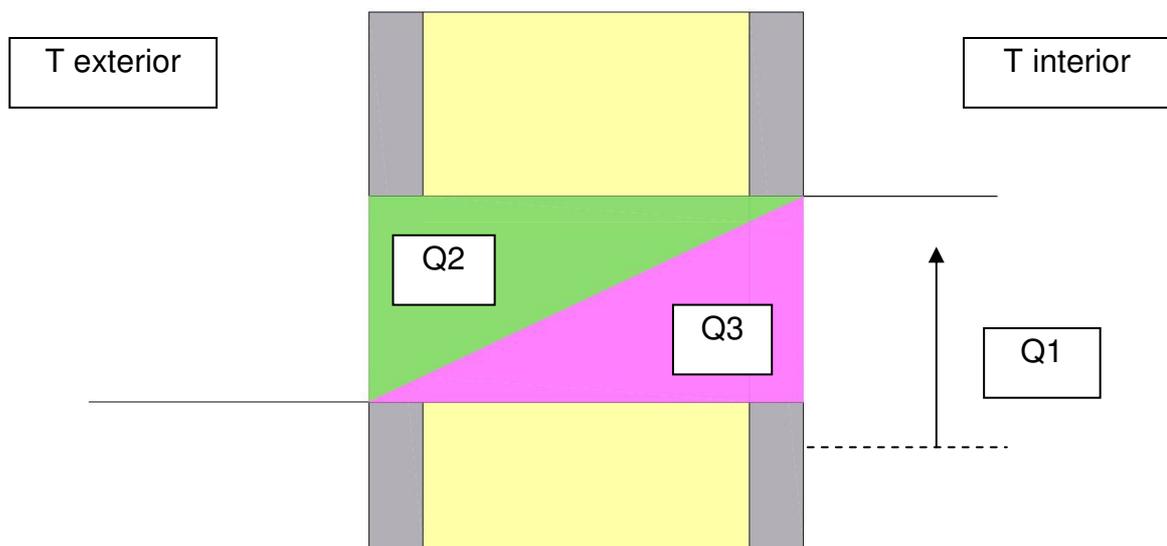


Figura 7.1 Perfiles térmicos

Q_1 es la energía necesaria para calentar el recinto interior, en el caso que exista un límite interno adiabático ideal

$Q_1 + Q_2 + Q_3$ es la energía para calentar el recinto interior y el muro en el caso que exista un límite externo adiabático ideal

$Q_1 + Q_3$ es la energía para calentar el recinto interno y el muro en un caso real.

En nuestro caso disponemos de los siguientes perfiles térmicos:

➤ Caseta 1, fachada sur:

Sensor	Fecha	Hora	Temperatura
T1S1	11/12/2010	0:13	11.57
T1S2	11/12/2010	0:13	11.58
T1S3	11/12/2010	0:13	12.55
T1S4	11/12/2010	0:13	12.67

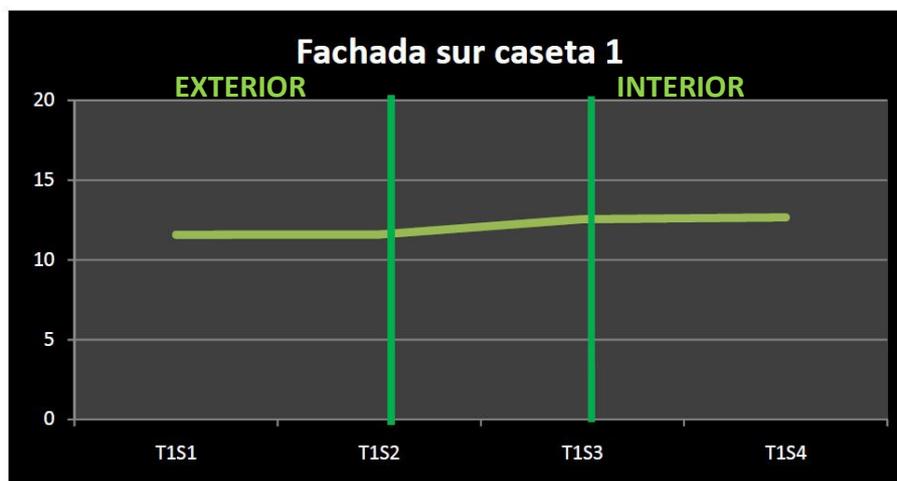


Figura 7.2 Perfil térmico 0:00 horas

Sensor	Fecha	Hora	Temperatura
T1S1	11/12/2010	7:00	11.41
T1S2	11/12/2010	7:00	11.42
T1S3	11/12/2010	7:00	12.03
T1S4	11/12/2010	7:00	12.11

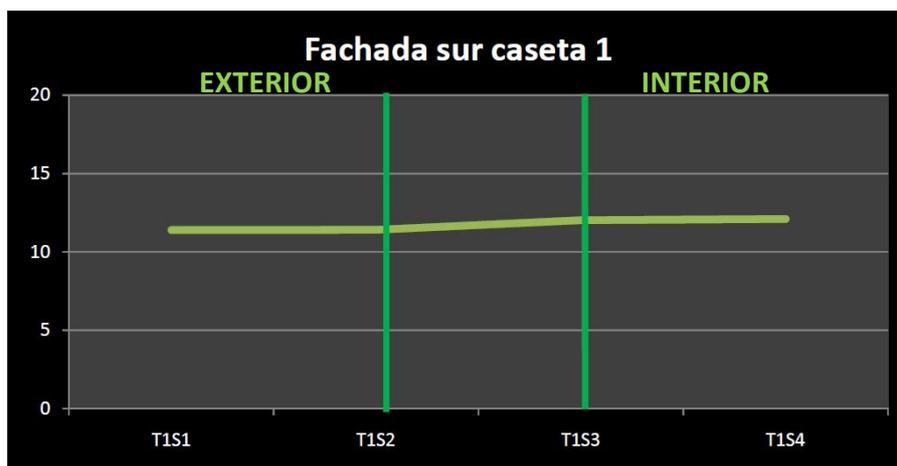


Figura 7.3 Perfil térmico 7:00 horas

Sensor	Fecha	Hora	Temperatura
T1S1	11/12/2010	14:06	33.2
T1S2	11/12/2010	14:06	33.93
T1S3	11/12/2010	14:06	23.63
T1S4	11/12/2010	14:06	21.33

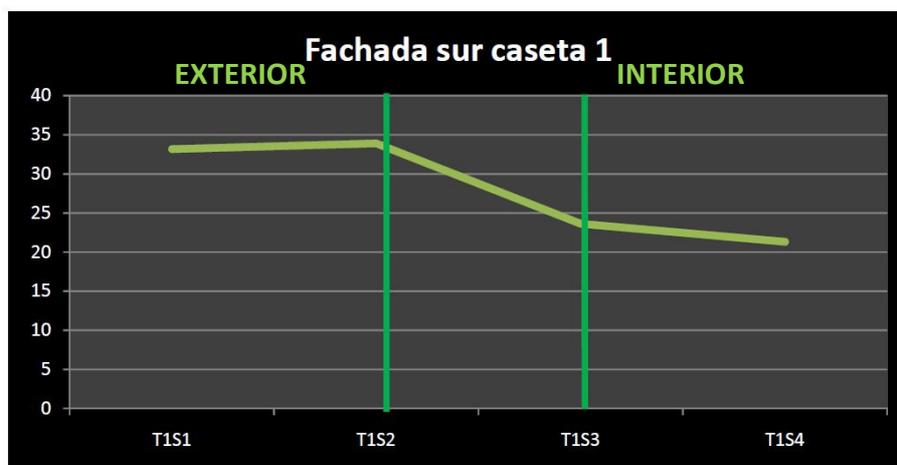


Figura 7.4 Perfil térmico 14:00 horas

ensor	Fecha	Hora	Temperatura
T1S1	11/12/2010	22:15	7.27
T1S2	11/12/2010	22:15	7.25
T1S3	11/12/2010	22:15	13.43
T1S4	11/12/2010	22:15	14.11

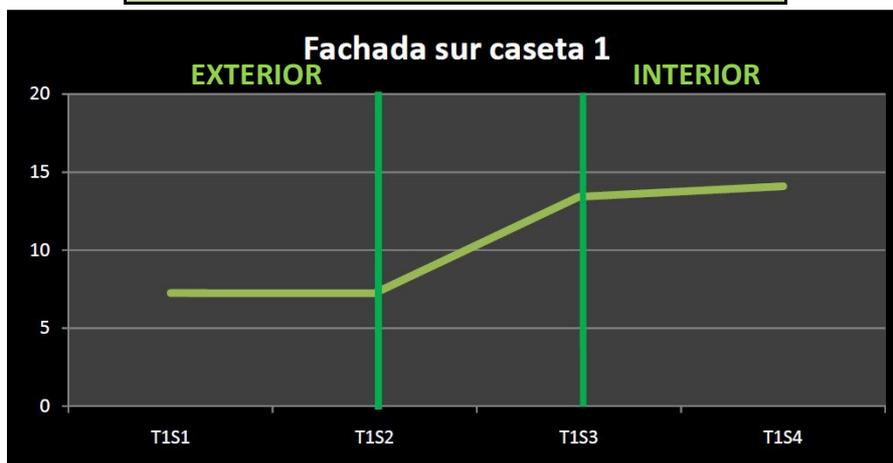


Figura 7.5 Perfil térmico 22:00 horas

➤ Caseta 2, fachada sur:

Sensor	Fecha	Hora	Temperatura
T2S1	11/12/2010	0:13	11.6
T2S2	11/12/2010	0:13	11.58
T2S3	11/12/2010	0:13	12.81
T2S4	11/12/2010	0:13	12.83

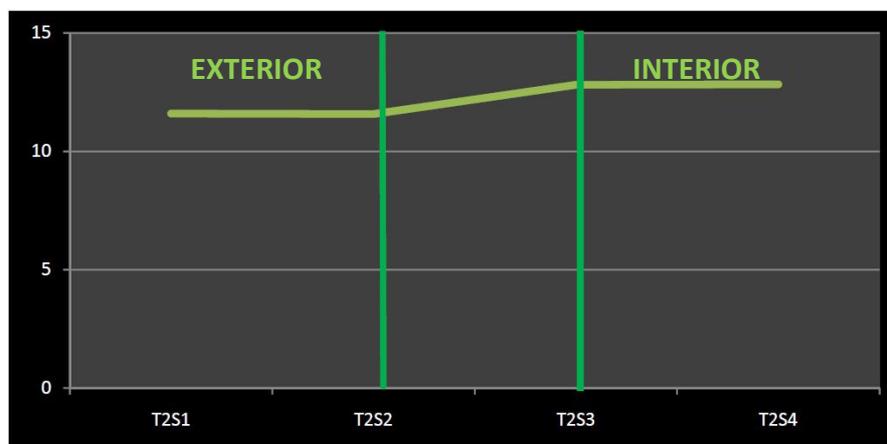


Figura 7.6 Perfil térmico 0:00 horas

Sensor	Fecha	Hora	Temperatura
T2S1	11/12/2010	7:00	11.39
T2S2	11/12/2010	7:00	11.38
T2S3	11/12/2010	7:00	12.2
T2S4	11/12/2010	7:00	12.24

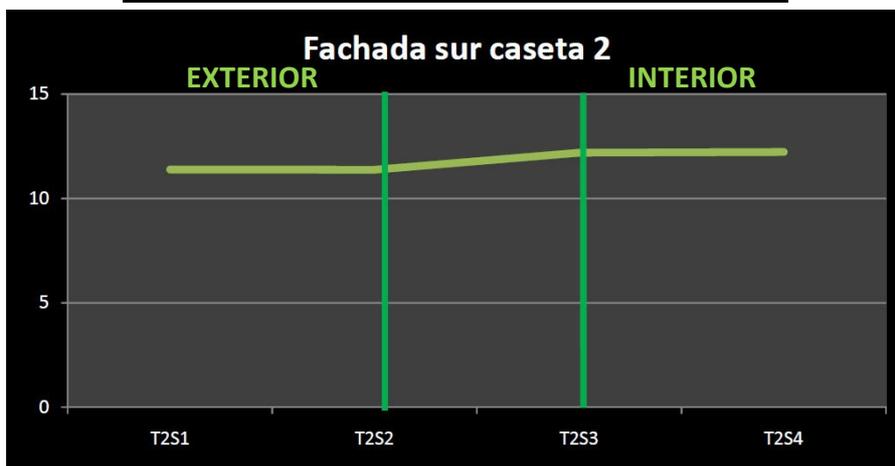


Figura 7.7 Perfil térmico 7:00 horas

Sensor	Fecha	Hora	Temperatura
T2S1	11/12/2010	14:06	38.94
T2S2	11/12/2010	14:06	39.11
T2S3	11/12/2010	14:06	17.11
T2S4	11/12/2010	14:06	16.88

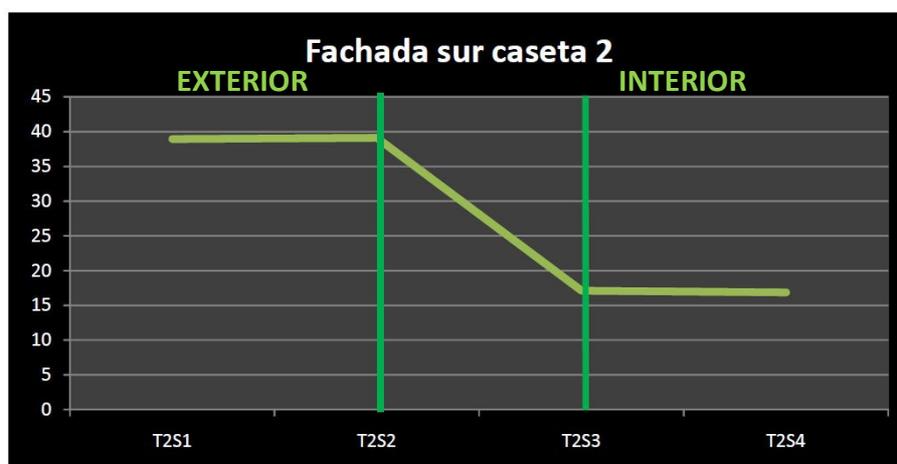


Figura 7.8 Perfil térmico 14:00 horas

Sensor	Fecha	Hora	Temperatura
T2S1	11/12/2010	22:15	7.15
T2S2	11/12/2010	22:15	7.11
T2S3	11/12/2010	22:15	14.07
T2S4	11/12/2010	22:15	14.11

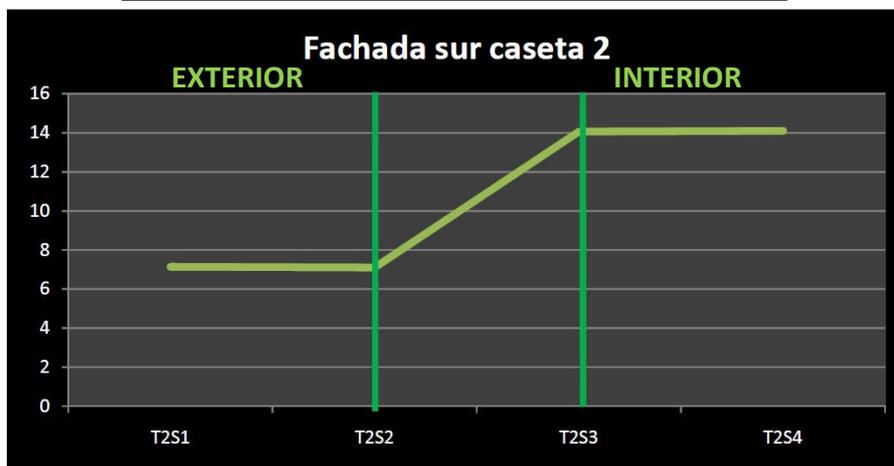


Figura 7.9 Perfil térmico 22:00 horas

➤ Caseta 1, cubierta

Sensor	Fecha	Hora	Temperatura
T1T1	11/12/2010	0:13	11.44
T1T2	11/12/2010	0:13	11.4
T1T3	11/12/2010	0:13	12.67
T1T4	11/12/2010	0:13	12.68

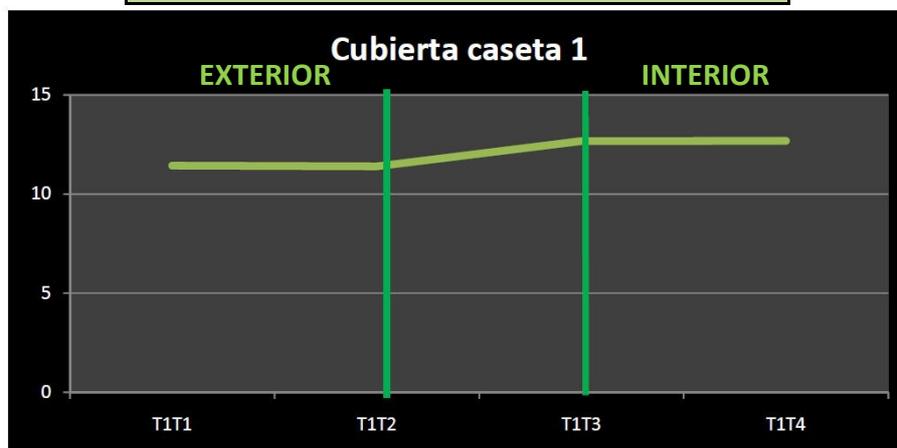


Figura 7.10 Perfil térmico 0:00 horas

Sensor	Fecha	Hora	Temperatura
T1T1	11/12/2010	7:00	11.26
T1T2	11/12/2010	7:00	11.23
T1T3	11/12/2010	7:00	12.13
T1T4	11/12/2010	7:00	12.13

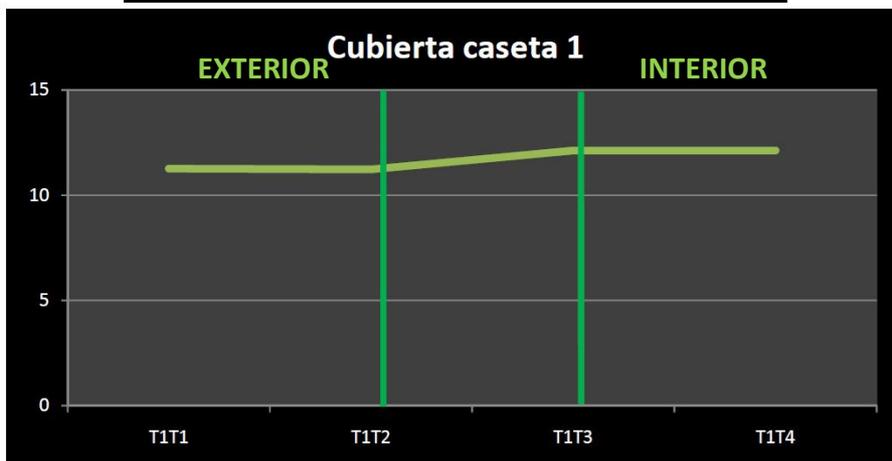


Figura 7.11 Perfil térmico 7:00 horas

Sensor	Fecha	Hora	Temperatura
T1T1	11/12/2010	14:06	31.3
T1T2	11/12/2010	14:06	31.52
T1T3	11/12/2010	14:06	22.5
T1T4	11/12/2010	14:06	22.54

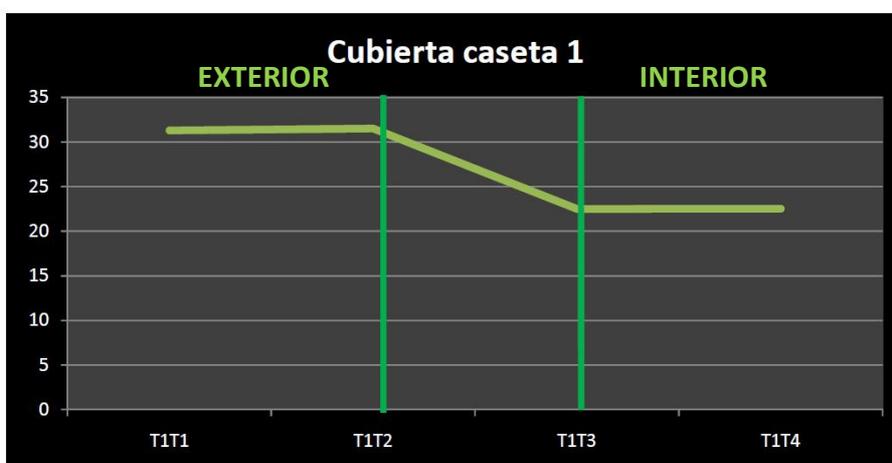


Figura 7.12 Perfil térmico 14:00 horas

Sensor	Fecha	Hora	Temperatura
T1S1	11/12/2010	22:15	6.68
T1S2	11/12/2010	22:15	6.36
T1S3	11/12/2010	22:15	13.92
T1S4	11/12/2010	22:15	13.95

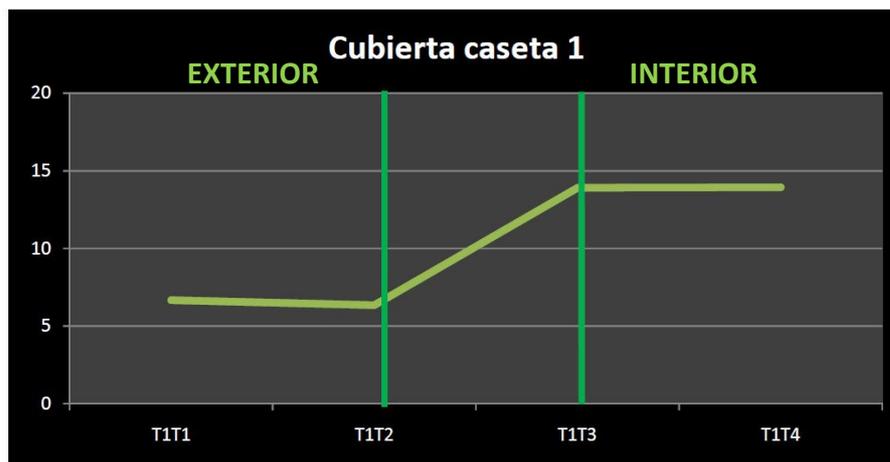


Figura 7.13 Perfil térmico 22:00 horas

➤ Caseta 2, cubierta

Sensor	Fecha	Hora	Temperatura
T1S1	11/12/2010	0:13	11.37
T1S2	11/12/2010	0:13	11.41
T1S3	11/12/2010	0:13	12.78
T1S4	11/12/2010	0:13	12.8

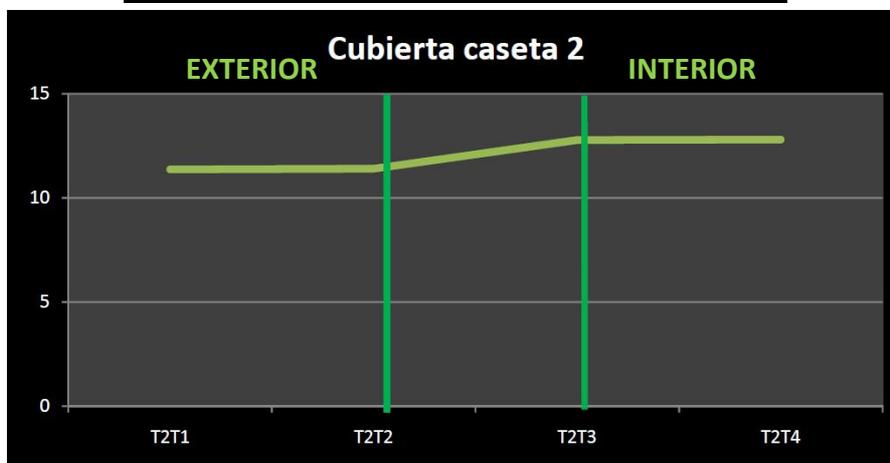


Figura 7.14 Perfil térmico 0:00 horas

Sensor	Fecha	Hora	Temperatura
T1S1	11/12/2010	7:00	11.16
T1S2	11/12/2010	7:00	11.2
T1S3	11/12/2010	7:00	12.18
T1S4	11/12/2010	7:00	12.22

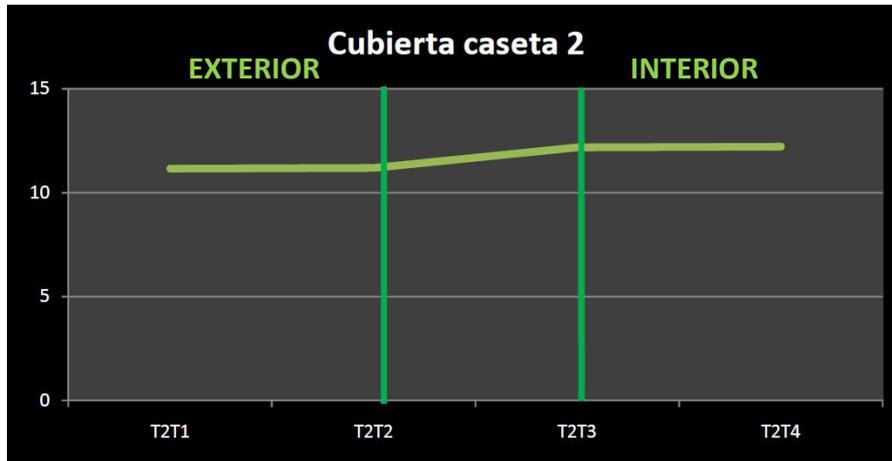


Figura 7.15 Perfil térmico 7:00 horas

Sensor	Fecha	Hora	Temperatura
T1S1	11/12/2010	14:06	34.01
T1S2	11/12/2010	14:06	33.59
T1S3	11/12/2010	14:06	17.76
T1S4	11/12/2010	14:06	17.44

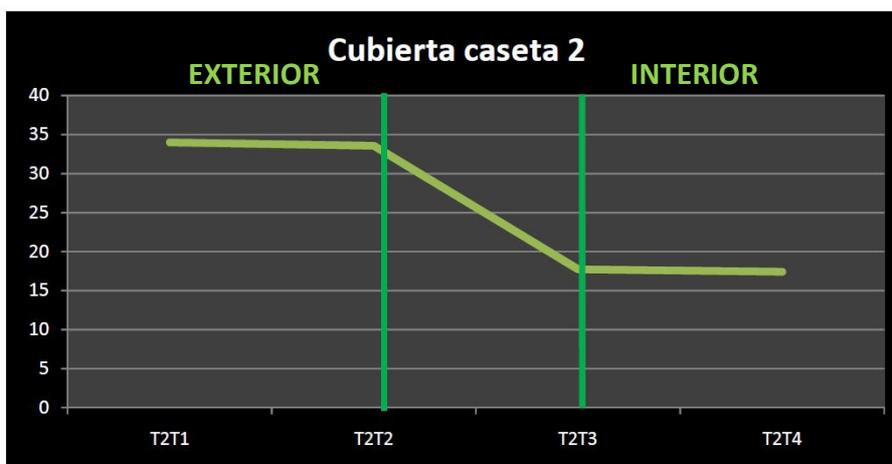


Figura 7.16 Perfil térmico 14:00 horas

Sensor	Fecha	Hora	Temperatura
T1S1	11/12/2010	22:15	6.15
T1S2	11/12/2010	22:15	6.24
T1S3	11/12/2010	22:15	13.82
T1S4	11/12/2010	22:15	13.93

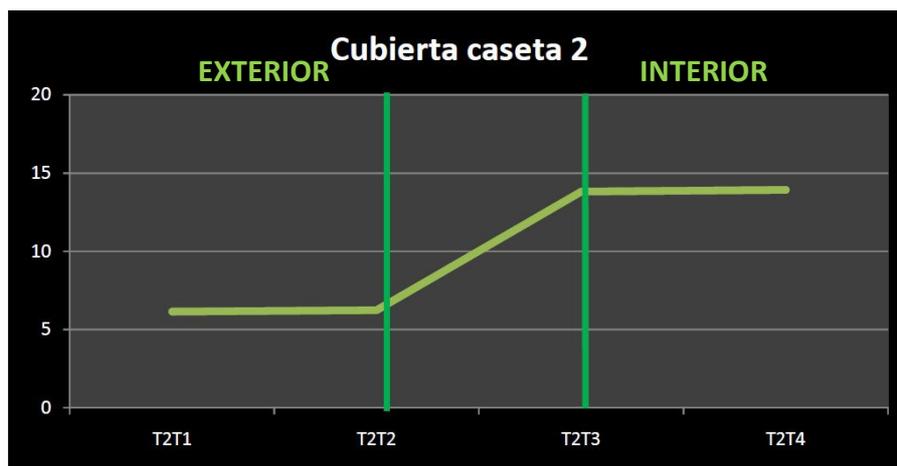


Figura 7.17 Perfil térmico 22:00 horas

Mediante estos perfiles térmicos observamos que la temperatura va variando durante el día. Se observa que el perfil térmico de las 14:06 es distinto al resto de perfiles, ya que es cuando existe mayor temperatura en el exterior del recinto que en el interior. También existe una mayor diferencia de temperatura entre los sensores del interior del recinto que en los sensores del exterior, debido a que en el interior del recinto existe una mayor concentración de temperatura al ser un recinto cerrado. Por lo tanto la diferencia de temperatura de los sensores del exterior T--1 y T--2 es muy pequeña, incluso llegando a ser en algunos casos la T--2 menor que la T--1.

Comparando la caseta 1 con la caseta 2, se comprueba que en la caseta 2 al interior hay una mayor temperatura en las horas 00:13, 7:00 y 22:15, al igual que se observa que a la hora 14:06 la temperatura interior de la caseta 2 es menor que la de la caseta 1. Aunque esta diferencia de temperatura es muy pequeña, es debido al aislante térmico.



8. CONCLUSIONES

Este proyecto analiza un estudio del comportamiento térmico de dos recintos, estancos y al aire libre, en uno de ellos se añade en la cara sur, cara que recibe más radiación y calor durante el día, aislante térmico de 0,08 m. de espesor. Los recintos de estudio están realizados con panel sándwich de 0,04 m. de espesor en todas sus caras.

Para la realización de los cálculos térmicos, las bases más importantes han sido: conocer el material de los recintos, el tipo de aislamiento que disponemos, la emisividad de los recintos, la temperatura exterior ambiental, la temperatura exterior e interior de la caseta, velocidad del viento y radiación.

En el recinto de ensayo no existe aporte de energía interior, que en un edificio real siempre existen aportes de energías, por lo tanto sería necesario estudiar el recinto con un aporte de energía interior para que se parezca más a la realidad. Las pérdidas de energía a través de los cerramientos, se realizan mediante la transmisión de calor, que en el recinto de ensayo se están demostrando en los perfiles térmicos, se observa que los perfiles térmicos van variando a lo largo del día transfiriendo el calor ya sea del interior al exterior o del exterior al interior. Dándose en este proceso conducción cuando atraviesa la pared y convección cuando la transmisión de calor es en el interior del recinto o en el exterior.

Las conclusiones que se obtienen a partir de este estudio han sido que para conseguir una temperatura de confort en el interior del recinto es necesario un espesor superior o un aporte de energía interior que mantenga constante la temperatura interior del recinto, también tiene un papel importante la masa térmica, ya que a medida que va aumentando el espesor la masa térmica aumenta y por lo tanto la temperatura también, esto supone una contradicción debido a que cuando aumenta el espesor también aumenta el peso que carga en la estructura.

El proyecto me ha ayudado a conocer mejor el comportamiento del aislante térmico, la importancia que tiene éste en las viviendas para que las personas que habitan dichas viviendas, a la vez que ahorran energía se encuentren de un modo confortable. Me ha enseñado a utilizar bases de datos de viento y radiación, así como a conocer los aparatos necesarios para la obtención de datos reales y a utilizar programas más a fondo para lograr los resultados requeridos.



9. BIBLIOGRAFÍA

- Isover Saint-Gobain: Eficiencia Energética y Confort en los Climas Cálidos.
- Isover Saint-Gobain: Guía Isover. Soluciones de Aislamiento.
- Isover Saint-Gobain: Manual de aislamiento en edificación
- García, Alejandro y Mora, Diana: Energy Performance Assessment of Building Systems with Computer Dynamic Simulation and Monitoring in laboratory
- Ministerio de Industria, turismo y comercio: Guía práctica para la rehabilitación de edificios.
- C. Marinoscia, P.A. Strachanb, G. Semprinia, G.L. Morinia: Energy and Buildings