



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

EDIFICIOS RESIDENCIALES COMO PROCESADORES TERMODINÁMICOS: Aplicación a un caso de estudio en Fraga (Huesca)

RESIDENTIAL'S BUILDING AS THERMODYNAMIC PROCESSOR: Application
to a study case in Fraga (Huesca)

Autor/es

Laia Sampietro Pueyo

Director/es

Enrique Cano Suñén

Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

UNIZAR / EINA

2021

AGRADECIMIENTOS

Primeramente quisiera agradecer a mi tutor del proyecto, Enrique Cano, por su dedicación, orientación y ayuda que han sido útiles para conseguir una de las primeras metas de mi etapa académica. Gracias por todo el entusiasmo volcado en mi trabajo y sus ganas de transmitirme su conocimiento.

Agradecer sobre todo a la empresa Espacio Diseño por adentrarme en el mundo laboral, ayudándome en todo lo posible y haciéndome llevar el aprendizaje más ameno.

Además quisiera dedicar un agradecimiento especial hacia mi abuelo, quien siempre me ha brindando toda su sabiduría y me ha apoyado en los momentos que más falta me hacía. Y otro dirigido a mi abuela, quien en estos tiempos que corren sigue luchando su propia batalla. Por toda su valentía, fuerza y ganas de superación, solo me queda decir gracias.

Finalmente, y no por ello menos importante, me gustaría agradecer a mis padres, hermana y resto de familia por apoyarme durante mis estudios universitarios con su paciencia y ánimo en los días más difíciles.

“ Cree que puedes y estarás a mitad de camino” - Theore Roosevelt

RESUMEN

Esta propuesta trata de considerar un edificio, como al menos, un intercambiador termodinámico en intercambio dinámico con el medio que lo rodea. Además, en relación con los sistemas termodinámicos, se esbozará la denominada tercera ley de la termodinámica, Constructal Law¹, establecida en 1996 por Adrian Bejan y desarrollada por el propio Dr. Bejan y Sylvie Lorente en artículos, cursos y conferencias.

Se aplicarán las definiciones de sistema termodinámicos a un edificio, se analizarán los flujos de intercambio entre el sistema y su entorno, para así establecer estrategias de diseño y conclusiones con respecto a la eficiencia, el consumo de energía y la afección al medio de los edificios.

Esta ley nos dicta que los flujos deben estar en continua evolución con el tiempo, según Bejan “Estar vivo es seguir fluyendo y transformándose”, por lo que no podemos seguir fomentando el diseño de sistemas aislados, porque “la alternativa al movimiento es la desmotivación, la estasis, la muerte”.

PALABRAS CLAVE: Constructal Law, A.Bejan, edificación, termodinámica, sistemas, flujos, eficiencia energética

¹ **El principio del Constructal Law** : fue postulado por primera vez en BENJAN, Adrian. Constructal-theory network of conducting paths for cooling a heat generating volume. En: *International Journal of Heat Mass Transfer*, 1997, n. 40, pp. 799-816. Si bien existe un debate todavía abierto respecto a los distintos principios termodinámicos en pugna por su reconocimiento como la Tercera Ley de la Termodinámica, el Constructal Law es hasta ahora el único que ha incorporado el concepto de la forma de los objetos y procesos a la teoría termodinámica.

Contenido

1.	Introducción	6
2.	Objetivos.....	8
3.	Edificio como sistema termodinámico.....	9
3.1	Energía	9
3.2	Sistema termodinámico.....	10
3.3	Leyes termodinámicas	11
3.3.1	Primera ley de la termodinámica: Ley de la conservación de la Energía.....	12
3.3.2	Segunda ley de la termodinámica: Irreversibilidad de los procesos reales.....	13
3.3.3	Tercera ley de la termodinámica: Cero absoluto	14
3.3.4	Constructal Law.....	15
3.4	Edificio como sistema termodinámico	16
4.	El sistema y su entorno.....	18
4.1	Flujo solar	19
4.1.1	Envoltente térmica.....	19
4.1.2	Placas solares.....	23
4.2	Flujo eólico.....	24
4.2.1	Ventilación	24
4.2.2	Aerotermia.....	26
4.3	Flujo de agua	27
4.4	Flujo eléctrico	28
4.5	El sistema y su entorno.....	30
5.	Condiciones de contorno del sistema.....	32
5.1	Localización del sistema.....	32
5.2	Sistema de intercambio de la envoltente.....	32
6.	Elección y criterios de diseño en un edificio- Estrategias.....	34
6.1	Estrategias bioclimáticas	34
6.2	Estrategias termodinámicas	35
6.3	Elección y criterios del diseño en un edificio.....	37
7.	Caso estudio.....	38
7.1	Aplicación caso estudio en empresa.....	38
7.2	Aplicación del punto de vista termodinámico.....	43
8.	Conclusión	44
9.	Cumplimiento del código técnico	45
9.1	Cumplimiento de la zona climática en invierno.....	45
9.2	Cumplimiento de las renovaciones de aire interior.....	46

9.3	Cumplimiento de la transmitancia térmica de la envolvente térmica	48
9.4	Cumplimiento de la permeabilidad de los huecos.....	48
10.	Bibliografía y webgrafía	49
11.	Índice.....	51
ANEXOS		52
ANEXO 1: Cálculo de la transmitancia térmica en los muros.....		52
ANEXO 2: Análisis transmitancia en la envolvente térmica.....		53
ANEXO 3: Resultados certificado energético caso estudio.....		55
ANEXO 4: Planos del proyecto.....		60

1. Introducción

La inquietud principal y motivo de este Trabajo de Final de Grado es poder entender un edificio como un sistema termodinámico, consiguiendo así analizar su entorno y las acciones que influyen sobre él, con el mero fin de conseguir una relación entorno-sistema con una menor afección al medio.

Gran parte de la sociedad actual, no es consciente de la cantidad de energía que necesita su hogar para conseguir un confort interior óptimo. La mayoría de nosotros, cuando vamos a realizar la compra de un vehículo, lo primero que nos preguntamos es cuál es el consumo que tiene por kilómetro, pero, ¿por qué no sucede lo mismo a la hora de comprar una vivienda?

Según informes aportados por el IDAE, el 18,5% de la energía eléctrica consumida en España procede del sector de la edificación, por detrás de la industria y el transporte.

Dentro del ámbito de la construcción, no solo el consumo energético genera impacto medioambiental, sino que, existen otros factores que impactan de forma negativa sobre el entorno. Así que, este sector, es considerado uno de los mayores responsables de los impactos ambientales generados en el planeta y es junto con el sector del transporte, la mayor fuente de contaminación ambiental en la UE, y por lo tanto uno de los sectores principales de inversión e investigación para conseguir una reducción significativa en la emisión de gases de efecto invernadero².

Se habla de dos tipos de impactos ambientales. Un primer impacto que se genera por el proceso de la construcción, donde influye tanto el tipo de materiales, como el transporte utilizado, la energía necesaria, y, también al embrutecimiento producido en el entorno por la implantación del edificio. Siguiendo con el segundo tipo de impacto, el producido por la vida útil de la vivienda, es decir, el generado por el usuario.

Es por todo esto, por lo que la directiva europea 2010/31/EU, nos informa que a

² “NextGenerationEU apoyará ese objetivo y, al mismo tiempo, estimulará el crecimiento. Permítanme exponerles solo tres ejemplos en los que su papel va a ser fundamental. En primer lugar, la oleada de renovación. Como bien saben ustedes, los edificios representan el 40 % de nuestras emisiones. Muy frecuentemente, desperdician la mayor parte de la energía que consumen. Al ritmo actual, se tardaría más de un siglo en reducir a cero las emisiones de nuestros edificios. Si queremos alcanzar nuestros objetivos climáticos, debemos duplicar el ritmo de las renovaciones de aquí a 2025. Discurso de la presidenta von der Leyen en la reunión de la Conferencia de Presidentes de España” en https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/SPEECH_20_1987.

partir del 1 de enero de 2021 todos los edificios de nueva construcción de la UE deberán ser de consumo de energía casi nula. Pero, siguiendo las leyes termodinámicas, éste nuevo concepto, ¿es correcto?, y, ¿desde qué punto de vista debemos considerar ese consumo nulo? Este tipo de preguntas son las que trataremos de formularnos y respondernos a lo largo de este trabajo.

El contenido de este trabajo es profundizar y generalizar que un edificio debe de ser diseñado y concebido, al menos como un intercambiador de energía con el medio, que se alimenta con distintas formas de energía, las transforma y, como todo sistema, las devuelve al medio generando otro tipo de energías y sustancias, que a veces, pueden resultar nocivas para el medio ambiente. También, consideraremos en este enfoque, los resultados derivados de la denominada tercera ley termodinámica.

El nuevo punto de vista proviene de la experiencia laboral en la empresa Espacio Diseño (Fraga) donde se realizó un análisis energético de la vivienda aplicando estrategias que proceden del climatismo y están basadas únicamente en el ahorro energético. Por ello, se estudia la posibilidad de un enfoque alternativo, basado en la eficiencia y en la termodinámica. Conseguir ver el edificio desde la holística y no desde los elementos es el objetivo principal de nuestro trabajo.

2. Objetivos

Esta propuesta tiene varios objetivos claros que son los que se muestran a continuación:

- Visualizar el edificio como un sistema termodinámico, analizando su entorno y condiciones de contorno.
- Proponer y estudiar las posibilidades de la Constructal Law, considerando su posible aplicación al ámbito arquitectónico.
- Aportar el proyecto realizado en la empresa Espacio Diseño (Fraga), donde se podrán analizar y comparar sus resultados calculado en base al CTE y realizado con el programa CE3X,
- Obtener unas conclusiones que permitan a diseñadores y calculista, un mejor conocimiento de cómo se comporta un edificio, qué flujos son necesarios, qué energía se transforma, cómo lo hace y para qué.

3. Edificio como sistema termodinámico

El primer paso para conseguir entender este proyecto, es definir un edificio residencial como un sistema termodinámico. Para ello, se deben tener claros los conceptos de energía, sistema y proceso termodinámico, y, conocer en profundidad, las leyes termodinámicas.

Este apartado finalizará con la explicación de la ley física, Constructal Law, que será la que nos abra los ojos hacia una nueva manera de ver las edificaciones.

3.1 Energía

El concepto de energía es difícil de definir e incluso de comprender. Tras numerosas búsquedas, podemos definir la energía como la propiedad de todo cuerpo, sistema material o no material, que puede transformarse modificando su situación o estado. (Alomá Chávez & Malaver, 2007)

Muchas veces, cuando hablamos de energía, lo hacemos de manera incorrecta. Normalmente, este concepto es usado en términos generalistas, pero, el concepto de energía engloba múltiples formas de ella. Términos como son la entropía³, la exergía⁴, la emergía⁵, la energía útil⁶ y la información, conceptos que se deberían tener claros si se requiere diseñar un edificio. (Srinivasa & Moe)

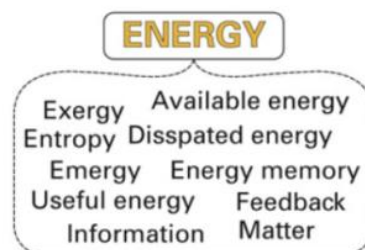


Figura 1: Términos que engloba el concepto de la Energía.
Fuente: (Srinivasa & Moe)

³**Entropía:** según Clausius se define como la energía de un sistema que no es capaz de desarrollar trabajo. En la termodinámica es un parámetro que permite determinar la parte de la energía que no puede ser utilizada para producir trabajo. Es decir, define el desperdicio de la energía.

⁴**Exergía** (*Rant, 1956*): es la cantidad de energía disponible en un sistema energético. Mide la cantidad de trabajo útil que es posible realizar por un sistema antes de que este entre en equilibrio con el entorno.

⁵**Emergía:** es el concepto de energía que mide la energía usada en el pasado, puede denominarse como el término de memoria de energía.

⁶**Energía útil:** energía final que es aprovechada por el consumidor.

3.2 Sistema termodinámico

Un sistema es un conjunto de afirmaciones lógicamente relacionadas entre sí y que contesta a priori cada problema que el hombre pueda plantearse frente a lo que es el mundo (Argan, 1973).

Un sistema termodinámico es cualquier conjunto de objetos, que conviene considerarlos como unidad, y, que son capaces de intercambiar energía con el entorno. El entorno es la parte física del universo que es capaz de afectar a nuestro sistema durante el periodo de análisis. La zona que separa el sistema del entorno se denomina frontera o límite del sistema. (Collado)

Cabe destacar que el conjunto del sistema y el entorno, en termodinámica, queda denominado como universo. Ver Figura 2



Figura 2: Esquema gráfico de un sistema.
Fuente: Elaboración propia

Si se analiza el sistema con dependencia del intercambio de energía y/o materia que se produce entre el sistema y el entorno, podemos diferenciar tres tipos de sistema termodinámico: el sistema abierto, cerrado o aislado.

Un sistema aislado no intercambia ni masa ni energía con el entorno, completamente opuesto al sistema abierto. Éste último es capaz de intercambiar tanto energía como masa con su entorno. A diferencia, los sistemas cerrados son los que permiten tan solo el intercambio de energía con el entorno (Collado). Ver Figura 3

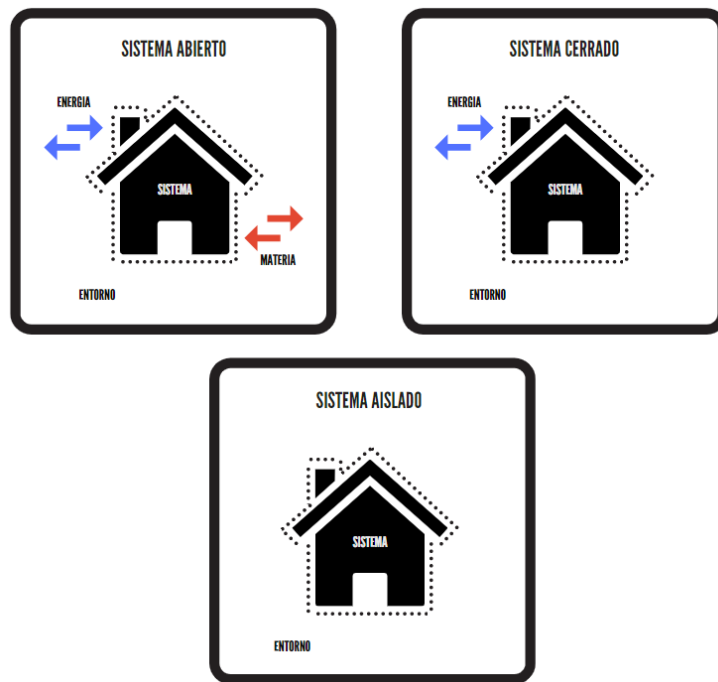


Figura 3: Tipos de sistemas termodinámicos.
Fuente: Elaboración propia

Los sistemas termodinámicos también pueden ser clasificados según su evolución temporal. Se dividen en dos tipos, los sistemas dinámicos y los estáticos.

Los sistemas dinámicos son aquellos que evolucionan con el tiempo. Su salida depende no solo de la entrada en ese mismo instante, sino, también de valores pasados de entrada. Si definimos este sistema con el concepto de energía, podemos decir, que será el sistema en el que exista variación de energía acumulada con el tiempo.

A diferencia, para un sistema estático su salida, para cualquier instante de tiempo, no depende de los valores pasados o futuros de entrada, sino del valor actual de los parámetros de la entrada en ese mismo instante.

Por último, cabe destacar que, cualquier sistema, en el que existan cambios tras sus acciones, es denominado, proceso termodinámico.

3.3 Leyes termodinámicas

La termodinámica es la parte de la física en la que se estudian las relaciones entre el calor y las restantes formas de energía (RAE). Son las leyes de la termodinámica las que gobiernan los comportamientos de todas las estructuras del sistema energético. Están basadas en sus tres principios fundamentales que nos aportan los conceptos de, conservación de la energía, la irreversibilidad de los procesos y el cero absoluto.

Estas leyes, según A.Bejan⁷, no explican por completo los sistemas de la naturaleza, debido a que en ésta parte de la física, cualquier sistema es considerado como una caja negra (región del espacio sin forma ni estructura específica) donde se aplican las leyes de la termodinámica sin hacer referencia a lo que sucede en su interior.

La naturaleza no está hecha de cajas negras, sino que, los sistemas, dentro de la naturaleza, tienen una estructura y una forma concreta. Por el simple hecho de asociar nombres a sistemas ya nos indica que su forma es inconfundible. (Bejan & Peder Zane, Design in nature, 2013)

Por todo esto, la termodinámica, debería fortalecerse con la generación de otra ley autónoma adicional, que describa todos los fenómenos de ocurrencia y evolución del diseño, que se explicará al final de éste apartado.

En este apartado se procederá a describir, brevemente, las tres leyes fundamentales de la termodinámica, seguidas de una introducción de una nueva ley autónoma denominada Constructal Law.

3.3.1 Primera ley de la termodinámica: Ley de la conservación de la Energía

La primera ley es esencial para entender los procesos termodinámicos debido a que nos aporta el conocimiento sobre la conservación de la energía en cualquier sistema e introduce la definición de calor⁸, trabajo mecánico y energía interna⁹.

Esta ley nos dice que la energía no puede ni crearse ni destruirse por tanto la cantidad de energía transferida en forma de calor (Q), entre el sistema y su entorno, más la producida por el trabajo mecánico (W) debe ser igual a la energía interna del sistema (U). Siendo $Q = \Delta U + W$. Cabe destacar que, energía interna es uno de los conceptos más importantes de la termodinámica.

Para una correcta comprensión de esta ley debe saberse que, la variación de la energía interna de un sistema durante un proceso termodinámico es independiente de la trayectoria, por tanto, únicamente depende del estado inicial y final, no de la trayectoria.

⁷ **Adrian Bejan**: Profesor Distinguido de Ingeniería Mecánica en la Universidad Duke (EEUU) y fundador de la teoría constructiva de la termodinámica (Constructal Law).

⁸ **Calor**: el término de calor hace referencia a la transferencia de la energía de un cuerpo/sistema a otro debido a una diferencia de temperatura.

⁹ **Energía interna**: Según la termodinámica, es la magnitud que designa la energía almacenada por un sistema de partículas. Siendo la suma de las energías cinéticas de todas sus partículas constituyentes y sus energías potenciales, en consecuencia de la interacción entre ellas. Sin incluir la energía potencial debida a la interacción entre el sistema y su entorno.

De esta manera, la experimentación es la justificación definitiva para creer que un sistema termodinámico, en cierto estado, tiene una energía interna única que depende solo de ese mismo estado.

Por tanto, si a un sistema con una concreta energía interna se le aplica un determinado trabajo, la energía interna variará. Y como bien hemos dicho, la diferencia entre la variación de energía interna del sistema y la cantidad de trabajo se denomina calor.

Cabe destacar que, existe un caso especial, para los sistemas aislados donde no existe intercambio de calor, ni realización de trabajo con el entorno. Se puede concluir que, para cualquier sistema aislado, el calor y el trabajo son nulos, lo que hace que el incremento de energía interna en el sistema se anule y por ello podemos decir que la energía interna en un sistema será constante.

El primer principio de la termodinámica identifica el calor como una forma de energía que puede convertirse en trabajo mecánico o almacenarse (otras formas de energía). Por tanto, cuando un sistema esté en contacto con otro de menor nivel energético se producirá el intercambio energético hasta conseguir el equilibrio energético. Es por este principio por lo que nos damos cuenta que la energía ni se crea ni se destruye, únicamente se transforma en sus diversas formas.

En conclusión, la primera ley se basa entre la conservación de la energía (1) y el intercambio energético (2).

$$\sum_{i=1}^n E_{entrante}(i) = \sum_{j=1}^n E_{saliente}(j) \quad (1)$$

$$Q = \Delta U + W \quad (2)$$

3.3.2 Segunda ley de la termodinámica: Irreversibilidad de los procesos reales

La segunda ley termodinámica nos habla sobre la irreversibilidad de los procesos. Es creada a partir de estudios experimentales, con el objetivo de mejorar la primera ley termodinámica. La entropía es el concepto clave de esta ley termodinámica.

Esta ley habla sobre la direccionalidad de los procesos termodinámicos y, por tanto, de la imposibilidad de que surjan en sentido inverso. Se afirma que el calor no puede fluir de un cuerpo frío a uno más caliente.

También hace referencia a la conservación de la energía (1º ley), que gracias a los análisis experimentales se dedujo que, la energía es imposible que se convierta completamente en otro tipo de ésta sin que exista ninguna pérdida (P).

$$\sum_{i=1}^n E_{entrante}(i) = \sum_{j=1}^n E_{saliente}(j) + P \quad (3)$$

Clausius¹⁰ formuló uno de los principios de la segunda ley de la termodinámica que decía: *“No es posible un proceso cuyo único resultado sea la transferencia de calor desde un cuerpo frío a otro más caliente”*. Introduciendo así el concepto de entropía y de la irreversibilidad de los procesos.

La **entropía** es una forma de energía que se define como una medida cuantitativa del desorden, como se ha conocido anteriormente, es la magnitud que permite determinar la parte de la energía que no puede ser usada para producir trabajo. (Varela, 2016). En termodinámica el concepto entropía hace referencia al desperdicio de la energía.

Cualquier sistema tiende de forma natural a su reorganización. Esta reorganización puede ser entendida como la búsqueda del equilibrio del sistema. La entropía va aumentando a medida que existe un mayor equilibrio dentro del sistema. Por tanto, podemos concluir que cualquier sistema aislado tiende al equilibrio energético, obteniendo así la máxima entropía.

Con diferencia, los sistemas no aislados, debido a que permiten el intercambio de materia o energía, con su entorno, pueden mantener sus propiedades, pero, también pueden evolucionar. Por tanto, éstos estarán muy lejos del equilibrio energético.

Para concluir las dos primeras leyes fundamentales de la termodinámica hacemos referencia a Howard T. Odum¹¹, quien resume éstas leyes con la siguiente frase: *“La energía se mantiene y se conserva, pero su capacidad para crear trabajo no se conserva. Éste es el cambio cualitativo de los estados de la energía en la mitad de la declaración, lo que resulta más importante para los sistemas y el diseño de la energía. Son las implicaciones de la segunda ley las que tienen grandes consecuencias sobre el diseño de los sistemas.”*

3.3.3 Tercera ley de la termodinámica: Cero absoluto

La tercera ley de la termodinámica muchas veces se habla que es consecuencia de la segunda ley, y entra en el mismo bloque que ésta. Es por ello, por lo que algunos físicos e ingenieros, como el caso de A. Bejan y S. Lorente, normalmente hablan de las “dos” leyes termodinámicas.

¹⁰**Rudolf Clausius:** Físico y matemático alemán, considerado uno de los fundadores de la segunda ley de la termodinámica.

¹¹**Howard Thomas Odum:** Ecólogo estadounidense, pionero en la ecología de los ecosistemas y se introdujo en el mundo de la termodinámica proponiendo leyes termodinámicas adicionales.

El físico-químico Nernst ¹² fue el fundador de esta ley. Afirmando que era imposible alcanzar una temperatura igual al cero absoluto¹³ mediante un número finito de procesos físicos. Con otras palabras, cuando un proceso llega al cero absoluto, se detiene y la entropía (S) alcanza un valor mínimo y constante. Por tanto, si llegamos al estado de cero absoluto, la cantidad de energía será mínima.

$$\lim_{T \rightarrow 0} (\Delta S)_T = 0 \quad (4)$$

Con esta ley podrá relacionarse la entropía con la temperatura de un sistema (4), y se destaca que fue el físico, Planck¹⁴ quien utilizó el teorema de Nernst para definir esta ley de la termodinámica.

Podemos concluir esta ley como continuación de la segunda ley termodinámica, para así poder hablar de la Constructal Law como tercera ley termodinámica.

3.3.4 Constructal Law

Como bien hemos nombrado anteriormente, según A. Bejan y Sylvie Lorente, las leyes termodinámicas no explican completamente los sistemas de la naturaleza.

La termodinámica actual sigue pasando por alto el hecho de que la primera y segunda ley de la termodinámica proporciona una descripción incompleta sobre el sistema, ya que no explica su configuración formal ni su evolución a lo largo del tiempo. Esta es la observación que le desencadenó a formar la Constructal Law.

El diseño en la naturaleza se le atribuye rutinariamente a la segunda ley de la termodinámica, aunque, dicha ley, establecida por Clausius, no dice absolutamente nada sobre la forma y la estructura, e, incluso ni sobre partículas, estadísticas, desorden y otros conceptos similares que sugieren ‘configuración’, pero no predicen ni exhiben ninguna. (Bejan & Lorente, *The constructal law and the evolution of design in nature*, 2011)

La Constructal Law se caracteriza por establecer la dirección temporal del fenómeno de diseño evolutivo. Define el concepto de evolución del diseño en la física, y, junto a las leyes fundamentales eleva la termodinámica a una ciencia de sistemas con configuración (Bejan & Lorente, *The constructal law and the evolution of design in nature*,

¹² **Walther Nernst:** Físico-químico alemán el cual desarrolló el denominado *Teorema de Nernst*, que, constituye la tercera ley de la termodinámica.

¹³ **Cero absoluto:** Es la temperatura 0°K, que equivalen a -273°C.

¹⁴ **Max Planck:** Físico-matemático alemán que descubrió la denominada *Constante de Planck* e introducido en los temas de la termodinámica y teoría cuántica.

2011).

Esta ley es una definición de la vida en el sentido más amplio posible: para estar vivo, un sistema debe poder fluir y transformarse en el tiempo para que sus corrientes fluyan cada vez más fácilmente (Bejan & Lorente, *The constructal law and the evolution of design in nature*, 2011).

Según Bejan para que un sistema de flujo de tamaño finito persista en el tiempo, su configuración debe evolucionar de tal manera que proporcione acceso más fácil a las corrientes que lo atraviesan. Estar vivo es seguir fluyendo y transformándose. (Bejan & Peder Zane, *Design in nature*, 2013). Cuando un sistema deja de fluir, está muerto.

Todo lo que se mueve es un sistema de flujo, por tanto esta ley dicta que los sistemas de flujo deben evolucionar con el tiempo, adquiriendo cada vez mejores configuraciones para brindar mayor acceso a las corrientes de flujo por ellos. (Bejan & Peder Zane, *Design in nature*, 2013)

Por tanto, esta ley nos dice que nada opera de manera aislada, sino que cada sistema de flujo es parte de un sistema de flujo más grande, formado por el mundo que lo rodea. (Bejan & Peder Zane, *Design in nature*, 2013)

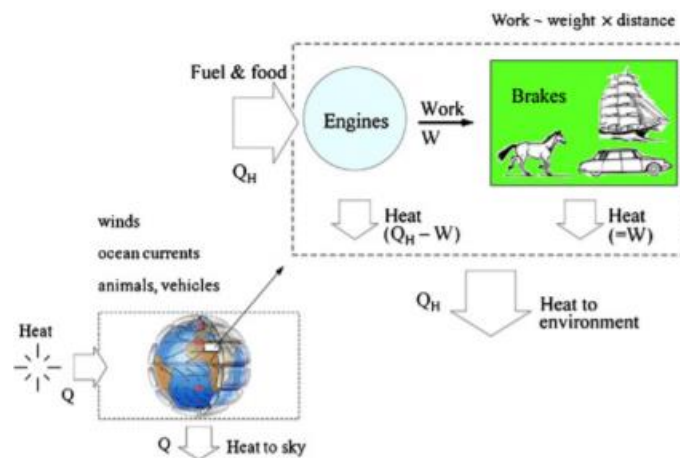


Figura 4: Conjunto motores y frenos de los sistemas.

Fuente: (Bejan & Lorente, *The constructal law and the evolution of design in nature*, 2011)

3.4 Edificio como sistema termodinámico

El tema actual, en el ámbito de la arquitectura, es el conseguir el ahorro energético. Una de las estrategias más conocidas para ahorrar energía es diseñar o construir lo que se denomina una casa pasiva, o *passivhaus*, que se basa en disminuir en lo posible los intercambios energéticos con el medio, ya sean los flujos de energía o de aire,

disminuyendo así, la energía necesaria para producir las condiciones de confort.

Pero, si analizamos en profundidad un edificio, nos damos cuenta que, los edificios son capaces de interactuar con el medio, alterándolo, modificándolo, y, como toda relación termodinámica, lo hace intercambiando energía e información mediante procesos irreversibles. Siempre han obtenido energía del medio, son permeables al mismo e interactúan con él. (Cano & Castejón, Apuntes de Construcción 4A, 2020)

En relación con lo anterior, no podemos considerar un edificio como sistema aislado como se ha estado haciendo hasta este momento, debido a que su interacción con el medio lo convierte en un sistema termodinámico abierto y cambiante en todo momento.

Por tanto, lo importante del diseño energético de un edificio es cómo trabaja, con qué velocidad y con qué fin.

La exergía es una propiedad de los sistemas termodinámicos que permite incluir el entorno en los cálculos; se puede considerar como una medida de la “calidad” de la energía disponible y surge del análisis de un proceso con base en las dos primeras leyes de la termodinámica. (Mora-Casal, 2015).

Si solo se tiene en cuenta la energía que consume un edificio, obtendremos un diseño que utiliza más energía de la requerida y producen más desechos de los que necesitan. Por ello, un mejor diseño canalizaría la disipación de la energía a través de un sistema, como un edificio, combinándolo con una correcta cantidad de energía y exergía.

Desde el punto de vista de la primera ley termodinámica- la energía se conserva- por tanto un enfoque más apropiado sería el exergético. (Srinivasa & Moe). Por ello, un buen diseño sería aquel que iguala el trabajo necesario con las cualidades apropiadas de energía y no solo con las cantidades eficientes de energía. A sabiendas de qué consume energía y cuantificar las energías (Cano & Castejón, Apuntes de Construcción 4A, 2020)

4. El sistema y su entorno

Actualmente, desde el ámbito de la edificación, el objetivo principal es obtener viviendas de consumo energético casi nulo, como bien cita el CTE. Pero, cabe destacar que, en la era tecnológica, la energía es algo de lo que no podemos prescindir. Por ello, aparece una incoherencia entre lo que buscamos y su resultado.

Durante todo el proyecto hemos propuesto un punto de vista diferente para entender el edificio. Conseguir verlo desde el aprovechamiento energético, y no desde el consumo. Pudiendo llegar a conocerlo mejor, sabiendo qué tipo de energía consume, cómo lo hace y sobre todo, para qué lo hace.

En la sociedad española, existen 18.625.700 hogares en los que residen 46.831.144 personas (INE, 2019). Si consiguiéramos, que el edificio no trabajara contra el medio, si no, con el medio, el sistema global obtendría beneficios muy notables, tanto ambientales como sociales.

En este trabajo un edificio es considerado un sistema termodinámico abierto, capaz de intercambiar tanto energía como materia con su entorno. Desde el CTE, cabe destacar que el flujo másico es expresado de forma energética en valores de calor latente térmico, por ello, podríamos afirmar que el punto de vista del CTE es ver el sistema como un sistema termodinámico cerrado, donde el intercambio de materia no existe. Además, si profundizamos en el ámbito de las casas pasivas, cuyo objetivo siempre es ahorrar energía, se opta por crear sistemas cerrados con el mínimo intercambio con el medio. Así que, podemos darnos cuenta que estamos ante un enfoque completamente distinto a lo común en la actualidad.

Si aplicamos el punto de vista de la Constructal Law, pondremos en duda que existen un montón de factores donde las condiciones exteriores aportan energía al interior. Según A.Bejan y S.Lorente, “los flujos son los creadores de las formas y los tamaños de las cosas”. Por ello, debemos conocer el comportamiento de dichos flujos exteriores, para así conseguir beneficios de ellos, evitando el desaprovechamiento de la energía que nos aporta el medio.

Bejan, con su Constructal Law, nos dice que para que podamos explicar una geometría hay que encontrar sus flujos, porque, si hay flujo significa que crece, “vive” y se observa. Solo hay vida si su flujo persiste en el tiempo. A partir de este momento es cuando nos adentramos a analizar los flujos entorno-sistema.

4.1 Flujo solar

El Sol, es la fuente encargada de aportar energía solar a la vivienda. Es una fuente natural que, en escalas temporales humanas, es inagotable. Gracias a esta fuente podemos conseguir aporte, tanto de calor, como de luminosidad al interior de la vivienda. Este beneficio energético se transmite al interior de la vivienda gracias a las tres formas de conducción de la transmisión del calor.

La transmisión por conducción es la encargada de transportar el calor desde un extremo caliente del cuerpo hacia otro más frío. A diferencia de la transmisión por convección, que depende del movimiento de una masa de una región del espacio a otra. Y, por último, la transmisión por radiación es la debida a la radiación electromagnética y nos dice que todo cuerpo a una determinada temperatura emite energía en forma de radiación electromagnética, aumentando así la temperatura.

Gracias a la envolvente térmica y a las placas solares, podemos relacionar el entorno con nuestro sistema. A continuación se explicará de manera más detallada.

4.1.1 Envolvente térmica

La envolvente térmica ¹⁵ de nuestro sistema es uno de los medios transmisores del flujo solar. En invierno, debe ser capaz de captar el máximo calor exterior y conservarlo en su interior, a diferencia, en verano, el objetivo es mantener la climatización interior.

Un parámetro muy importante que es capaz de relacionar el flujo solar con la envolvente térmica, es la transmitancia térmica.

La transmitancia térmica (U) se define como el flujo de calor, en régimen estacionario, para un área y diferencia de temperaturas unitarias de los medios situados a cada lado del elemento que se considera (CTE-HE1).

El objetivo clave es conseguir transmitancias bajas, para que la envolvente térmica tenga la mayor capacidad de oposición frente al flujo de calor de la cara más caliente de la vivienda.

En la época de verano, no nos interesa que el calor del exterior pase al interior del sistema mediante los muros de la envolvente térmica. A diferencia, en invierno, la cara caliente será el interior de la vivienda, por tanto, tampoco nos interesará que el flujo de

¹⁵**Envolvente térmica:** según el CTE, está compuesta por los cerramientos y particiones interiores, incluyendo sus puentes térmicos, que delimitan todos los espacios habitables del edificio o parte del edificio.

calor del interior de la vivienda se transmite hacia el exterior.

Por todo esto, debemos tener una parametrización correcta de la transmitancia térmica de la envolvente del sistema.

Factores de captación del flujo solar

Si existe una buena captación del flujo de energía solar a través de la envolvente, los beneficios en el interior de la vivienda serán mayores.

Existen muchos factores que son claves para conseguir un correcto aporte del flujo solar. Hay que tener claros estos factores antes de construir nuestro sistema, ya que, nos proporcionarán muchos datos para la mejora interna del sistema.

En la Tabla 1, puede verse un análisis realizado sobre los factores influyentes ante la captación solar.

Tabla 1: Factores influyentes en la captación solar.

Fuente: Elaboración propia

Factor	Descripción	
Orientación	Norte	Espacios fríos. Colocar habitaciones que no requieran un excesivo confort. Mayor consumo de calefacción en invierno
	Sur	Espacios cálidos. En verano, en horas centrales del día es cuanto más calor hace. Gasto de aire acondicionado.
	Este	El Sol incide todo el medio día. No hay un gasto muy acentuado de calefacción y refrigeración.
	Oeste	Incidencia solar desde el mediodía al atardecer. Impacto del viento.
Tipo zona climática	A	Necesidad de la menor transmitancia térmica en los componentes. Es decir, mayor resistencia térmica.
	E	Necesidad de la mayor transmitancia térmica en los componentes.
Hora del día	Mañana	La radiación solar incide en la fachada Este
	Tarde	La radiación solar incide en la fachada Oeste
Época estacional	Verano	Incidencia más vertical de los rayos solares
	Invierno	Incidencia solar de forma más horizontal
Latitud	0° (Ecuador)	Mayor incidencia solar
	>0°	Menor incidencia solar

Cabe destacar, que la envolvente térmica de nuestro sistema, puede ser un recurso para conseguir un almacenamiento de la energía térmica. El concepto de inercia térmica, juega un papel muy importante a la hora de crear la envolvente de nuestro sistema.

La inercia térmica es la capacidad que tiene la masa de conservar la energía

térmica recibida e ir liberándola progresivamente, disminuyendo, de esta forma, la necesidad de consumir calefacción. Podemos denominarla también, la capacidad para almacenar energía térmica.

Las edificaciones con una gran inercia térmica mantienen la temperatura ambiente interior de manera más estable, mejorando así la eficiencia energética. (Sánchez Inocencio, 2016).

Existen varias aplicaciones para que la envolvente térmica tenga mayor inercia térmica, pero únicamente nos vamos a centrar en el muro Trombe, que se va a explicar a continuación de forma más detallada.

Muro Trombe

El muro Trombe, es una solución para conseguir un mayor aporte de inercia térmica a la vivienda.

El muro trombe es un tipo de fachada diseñada para aprovechar la radiación solar con el fin de calefactar las estancias (Huellas de arquitectura, 2018). Su función es absorber calor durante el día y almacenarlo para conseguir disiparlo durante la noche. Manteniendo así una temperatura constante en el interior y disminuyendo así la necesidad del uso de equipos de refrigeración.

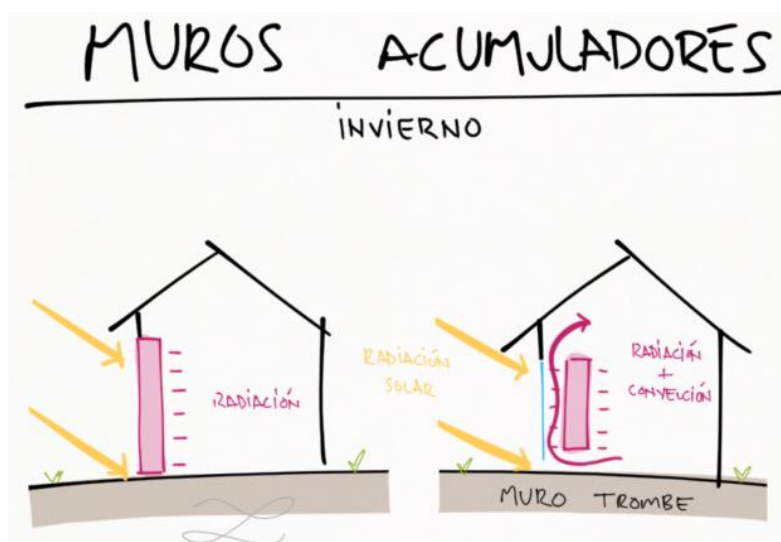


Figura 5: Muro Trombe

Fuente: (Sánchez Inocencio, 2016)

Para realizar un uso eficiente debe tenerse en cuenta la zona climática del propio proyecto, la ubicación, la orientación, el asoleamiento, las horas de radiación...

Existen materiales con mayor inercia térmica, como son, el agua, el granito, la tierra seca o el adobe, la madera, el ladrillo, el hormigón y los aislantes térmicos.

Iluminación

La envolvente térmica no solo es transmisora del calor, si no que, también, gracias a sus huecos, puede aportar luminosidad en su interior.

Tener una correcta iluminación en el interior de la vivienda aporta muchos beneficios a nivel personal y también a nivel económico. Gracias a una acertada iluminación podremos prescindir del uso de electricidad para el uso de la luz.

Este parámetro depende únicamente de la colocación de los huecos en la envolvente térmica.

Cabe destacar, que depende de la situación del hueco, los beneficios serán distintos.

Las aperturas a Norte, proporcionarán iluminación natural difusa al interior de la vivienda, por tanto nunca existirá deslumbramiento en esta fachada. A diferencia de las aperturas a Sur, Este y Oeste, que el aporte energético es alto y, por tanto, se deberá proteger con dependencia de la época en la que nos encontremos.

Existen elementos denominados, elementos de control lumínico, que permiten regular el paso de luz al ambiente interior.

Éstos deben colocarse en las fachadas Sur, Este y Oeste. A continuación se describen varios elementos de control lumínico. Véase Tabla 2.

Tabla 2: Descripción de diferentes tipos de elemento de control lumínico.

Fuente: Elaboración propia

Elemento de control lumínico	Descripción
Ventanas verticales	Mejor penetración de la luz frente a las horizontales de igual área
Lucernarios	Aprovechan la radiación directa solar, pero hay que vigilar con su dimensionamiento. Como estamos trabajando con edificios residenciales, este elemento no es típico de colocarse en este tipo de edificaciones
Pantallas flexibles	como son los toldos, las cortinas interiores o exteriores
Pantallas rígidas	Voladizas, repisas de luz, aletas, reflectores, antepechos, jambas y dinteles.
Filtros solares con ventilación	Persianas y lamas, celosías fijas...
Obstructores solares	Contraventanas

4.1.2 Placas solares

Por otra parte, si en nuestro sistema se instalan placas solares, se puede conseguir el aprovechamiento de la energía aportada por nuestra fuente. Gracias a esta aplicación, se pueden reducir las necesidades de flujo eléctrico.

Podemos diferenciar dos tipos de placas solares, las térmicas y las fotovoltaicas. Ambas se diferencian por la distinta funcionalidad que tienen.

Las placas solares térmicas que son capaces de captar el calor (energía térmica) para poder calentar la instalación de ACS. Si conseguimos la instalación de este tipo de placas, conseguiremos reducir el consumo de electricidad para calentar el agua.

A diferencia, las placas solares fotovoltaicas permiten captar energía solar y convertirla en electricidad, electricidad procedente de fuente renovable, como es el Sol.

Por tanto, gracias al flujo solar, podemos conseguir, calentar el ACS, disminuir el consumo de energía para iluminar la vivienda, generar electricidad y acumular energía térmica para las largas noches de invierno. Puede apreciarse en la Figura 6, donde se explica lo anterior de forma gráfica.

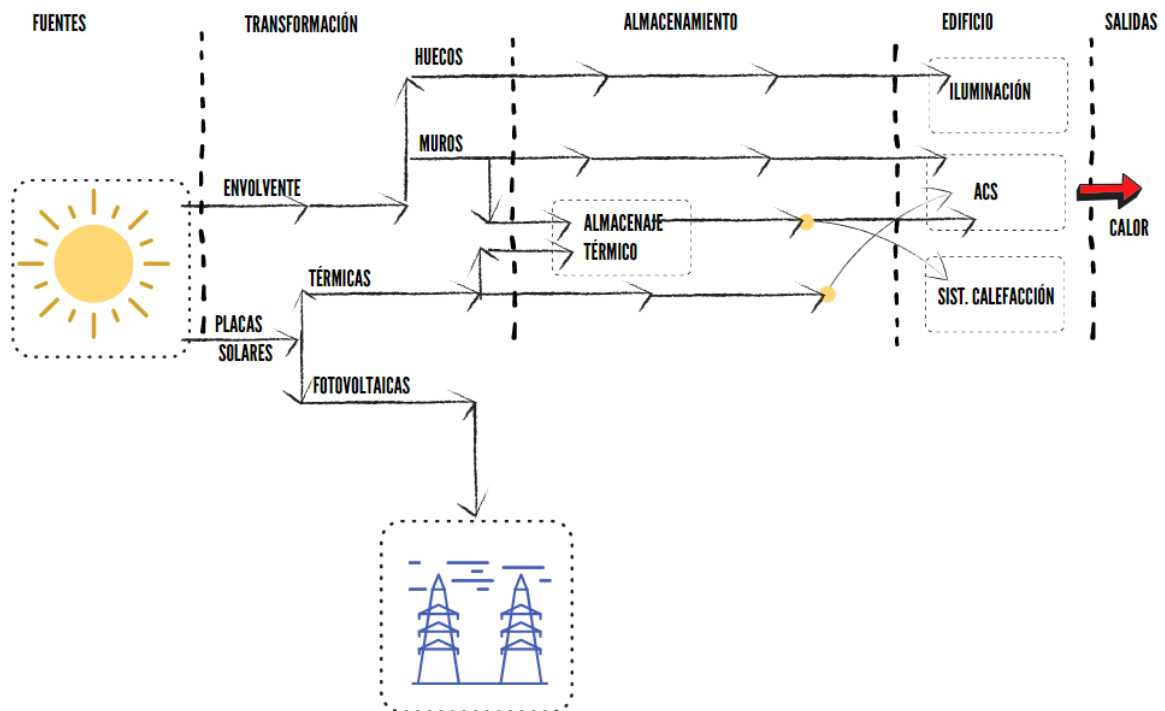


Figura 6: Representación gráfica del flujo solar.

Fuente: Elaboración propia

4.2 Flujo eólico

El flujo procedente del viento es un flujo muy importante dentro del análisis de una edificación. Cuando hablamos del viento, debemos tener claro que es un fenómeno aleatorio, por tanto su estudio dependerá de cada momento.

Normalmente, la velocidad del viento tiene un perfil creciente a medida que se aumenta con la altura hasta un valor máximo. El rumbo del viento, desde donde sopla el viento, es altamente cambiante. (López Jiménez)

Para representar climatológicamente los datos del viento y ordenarlos desde la dirección que sopla el viento tenemos la Rosa de los vientos, capaz de plasmar la frecuencia con la que el viento viene soplando con cierta intensidad en cada una de las direcciones principales (rumbos). (López Jiménez)

Una vez conocidas las zonas con mayor impacto de flujo eólico, debemos tener claro que son zonas donde el impacto del viento producirá mayor impacto negativo a nuestro sistema. Sin dejar a un lado nuestro objetivo, que es conseguir el mayor beneficio energético del entorno, ésta zona será la más problemática frente al flujo eólico.

4.2.1 Ventilación

Las viviendas actualmente están obligadas a proporcionar una ventilación constante a lo largo del día, debido a que sirve para diluir los contaminantes que se producen de forma habitual por el uso de la vivienda, como son la humedad y el CO₂ producidos por el metabolismo de las personas y en la realización de sus actividades, como la higiene, lavado y secado de ropa, así como otros producidos también de forma habitual por los productos de construcción, mobiliario y acabados de la vivienda, como son el formaldehído ureico¹⁶ y fenólico¹⁷, etc (CTE-HS3).

Existen tres tipos diferentes de ventilación; la ventilación natural, que se produce a través de los huecos, sin necesidad de mecanismos adicionales; la ventilación mecánica, que requiere de aparatos electromecánicos para conseguir una correcta renovación del aire interior; y, por último, la ventilación híbrida, combinación de las dos anteriores, si la ventilación natural no es capaz de conseguir su objetivo, la mecánica se activa.

Actualmente, las edificaciones de obra nueva deben disponer ventilación híbrida o

¹⁶**Formaldehído ureico:** tipo de resina o adhesiva que no se ablanda con el calor sino que se endurece debido a su estructura interna.

¹⁷**Fenólico:** un material fenólico dentro de la construcción es una placa de madera conformada por varias láminas de maderas adheridas con una resina fenólica.

mecánica, en ningún caso puede estar únicamente dotada de ventilación natural (CTE-HS3).

El aire debe circular desde los locales secos ¹⁸a los locales húmedos ¹⁹de la vivienda, por ello las zonas secas deben tener aberturas de admisión a diferencia de las húmedas que deben disponer de aberturas de extracción, si nos encontramos con zonas combinadas, como vendría a ser una zona comedor-cocina, ésta debe disponer de las aberturas conveniente en cada una de las zonas de la habitación (CTE-HS3). Véase Figura 7.

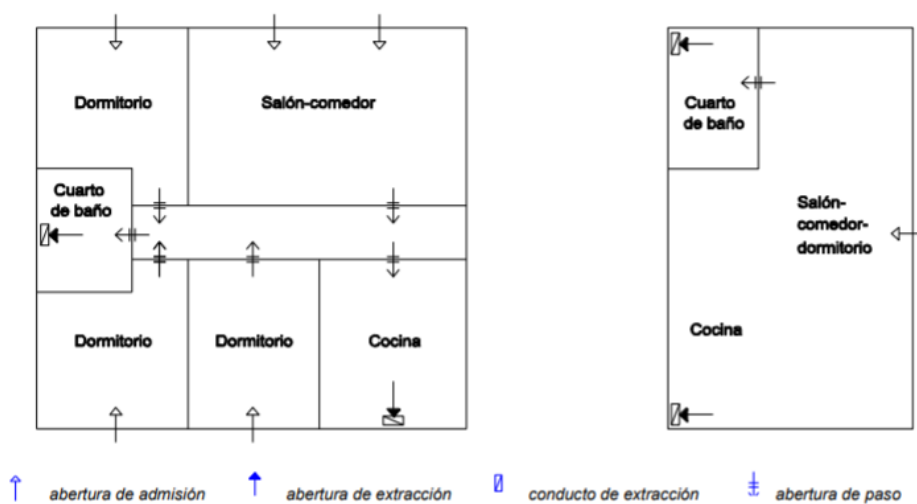


Figura 3.1 Ejemplos de ventilación en el interior de las viviendas

Figura 7: Ejemplos de ventilación en el interior de las viviendas.

Fuente: (CTE-HS3)

Debe existir una correcta parametrización de la permeabilidad de los huecos, para evitar la pérdida de flujo de viento por los huecos y, la situación de éstos debe ser la correcta, para sí tener unas condiciones internas más adecuadas sin la necesidad de recurrir a otros flujos, como el eléctrico.

El tema actual, la enfermedad COVID-19, hace replantearnos la importancia que llega a tener la ventilación, ya sea en lugares de ocio, como en hogares. Una correcta ventilación aporta muchos beneficios a nivel personal, por tanto, parametrizar este factor de forma correcta es muy importante.

¹⁸**Locales secos:** son los dormitorios, el comedor y salas de estar de la vivienda

¹⁹**Locales húmedos:** aseos y cocina en la vivienda.

4.2.2 Aerotermia

La aerotermia no sería un flujo, pero sí una instalación que depende de él. Los sistemas de aerotermia se caracterizan por ser bombas de calor que funcionan con el aprovechamiento de la energía que el flujo aéreo nos proporciona. Son capaces de climatizar la vivienda mediante la obtención de energía proveniente de una fuente inagotable.

Su principio es muy sencillo, a través de una bomba de calor, se recupera la energía térmica existente del aire exterior, y, lo hace pasar por un circuito lleno de refrigerante ecológico. Un intercambiador, es el encargado de transmitir la energía generada al circuito de calefacción/refrigeración y agua caliente sanitaria de su vivienda. (Arnabat, 2015)

Por tanto, la adquisición de sistemas aerotérmicos en nuestro sistema, nos permitirá beneficiarnos del entorno, sin necesidad de flujo energético.

Concluimos este tipo de flujo, con la siguiente Figura 8, que representa un diagrama gráfico del flujo de aire en la vivienda.

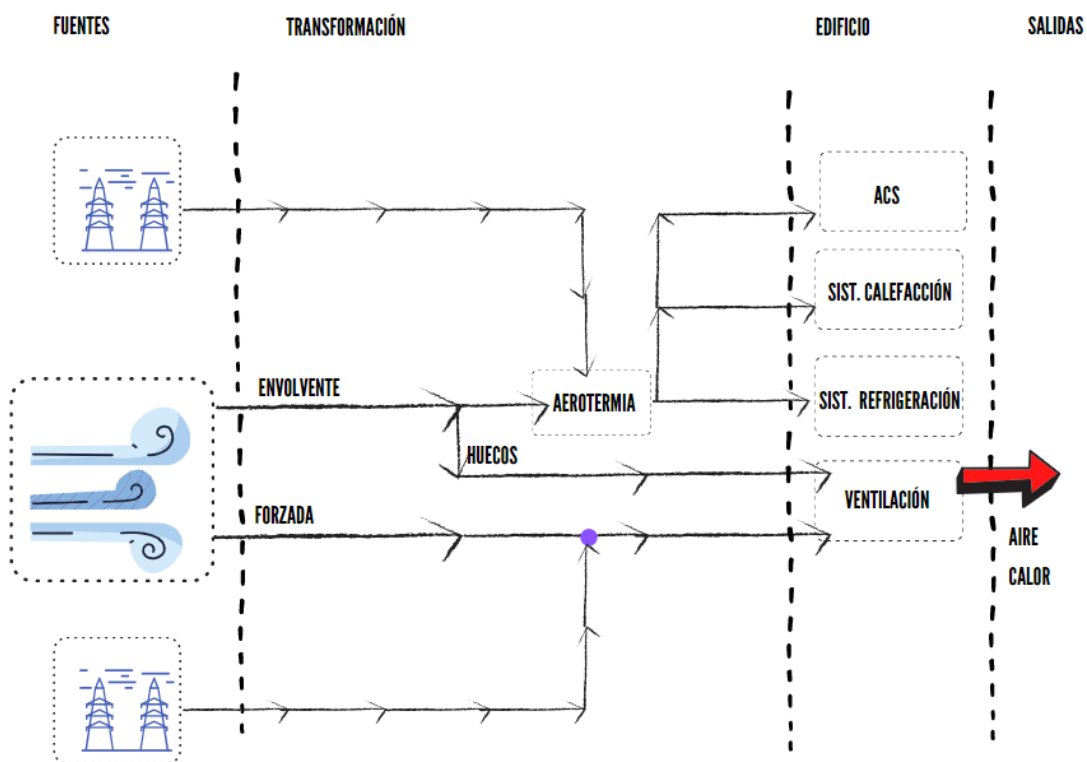


Figura 8: Representación gráfica del flujo del aire entre el sistema y su entorno.

Fuente: Elaboración propia

4.3 Flujo de agua

El flujo de agua llega a nuestro sistema gracias a la red de abastecimiento de agua potable. Este tipo de flujo se caracteriza por tener los mismos caudales de entrada que de salida, por tanto, su estudio es mucho más simple.

Se pueden diferenciar dos tipos diferentes de flujo de agua en la vivienda, para diferente usos personales, el flujo de ACS ²⁰y el flujo de agua fría.

Para conseguir el flujo de ACS será necesario el uso de otro tipo de flujo que nos proporcione energía térmica o eléctrica. A continuación podemos explicar de forma más gráfica el diagrama de flujo de agua en la vivienda.

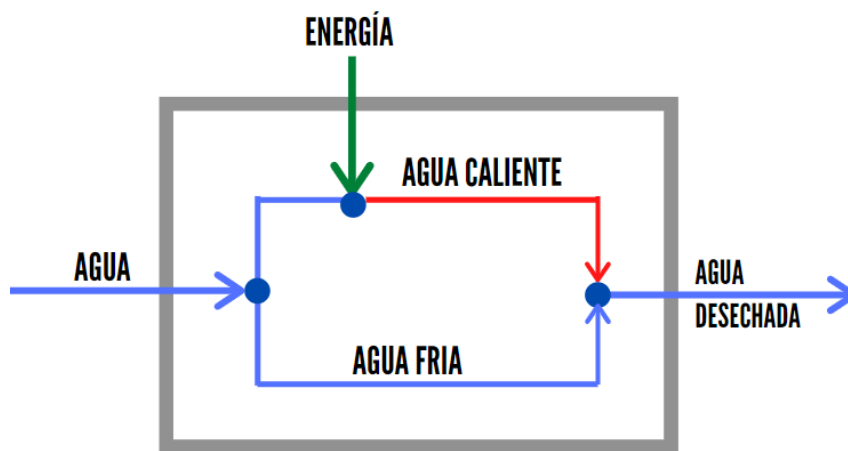


Figura 9: Flujo de agua general.

Fuente: Elaboración propia

El agua es un flujo muy usado en una vivienda. Las personas no somos conscientes de los litros diarios de agua consumidos. Según datos del INE²¹el consumo medio de agua en las viviendas es de 136 l/día en el año 2016. Por otro lado, el CTE²² nos dice que el gasto diario de ACS, por persona, es de 28 l/día. Así que, se puede concluir que la diferencia entre ambos será el consumo de agua fría, es decir, 108 l/día por persona.

Por tanto, el factor más influyente en el análisis de este flujo será conocer la demanda diaria de ACS que tiene la vivienda, que dependerá de las personas que vivan por hogar.

²⁰ ACS: Agua Caliente Sanitaria

²¹ INE: Instituto Nacional Estadístico.

²² CTE: Código Técnico Español.

4.4 Flujo eléctrico

El flujo eléctrico, a diferencia de los flujos nombrados anteriormente, debe ser generado, transportado y distribuido hasta nuestros hogares. Depende de su generación para hablar de energía eléctrica renovable o no renovable. Los flujos anteriores, son obtenidos directamente del entorno a nuestro sistema, pero éste es mucho más complicado.

La generación de la energía eléctrica se realiza en centrales eléctricas, donde, gracias a las energías primarias ²³se genera la electricidad.

Las energías primarias pueden ser renovables, como son la energía hidráulica, eólica, solar y biomasa; o no renovables, como son el carbón, petróleo, gas y uranio.

El consumo de un tipo de energía primaria u otra depende de muchos factores, entre estos, la época en la que nos encontramos. Por ejemplo, en la época hibernal la generación de energía solar disminuirá respecto a la de verano.

Las necesidades de electricidad en una vivienda dependen de muchos factores, entre ellos, el tipo de vivienda, la zona climática o el número de habitantes. Esto queda reflejado, por el IDAE²⁴, en el proyecto SECH-SPAHOUSEC²⁵.

En el proyecto nombrado anteriormente se analizan los consumos eléctricos, estadísticos, según la zona climática y del tipo de vivienda. Por tanto, a continuación se pueden observar los datos obtenidos de ese estudio para zona climática mediterránea y en dependencia de la tipología de vivienda. Cabe destacar, que nuestro sistema es un edificio residencial, por tanto, los datos serán los obtenidos por vivienda en bloque.

Análisis de Zona climática y Tipo de vivienda

Viendo la Figura 10, obtenida del proyecto SECH-SPAHOUSEC, obtenemos la siguiente tabla, Tabla 6, donde nos damos cuenta que el consumo unitario, en viviendas en bloque para la zona mediterránea es de 22,1 GJ, es decir, 6139 kWh.

²³ Energía primaria: es la energía disponible en la naturaleza, antes de ser convertida o transformada.

²⁴ IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

²⁵ SECH-SPAHOUSEC: Análisis del Consumo Energético del sector Residencial en España (IDAE)

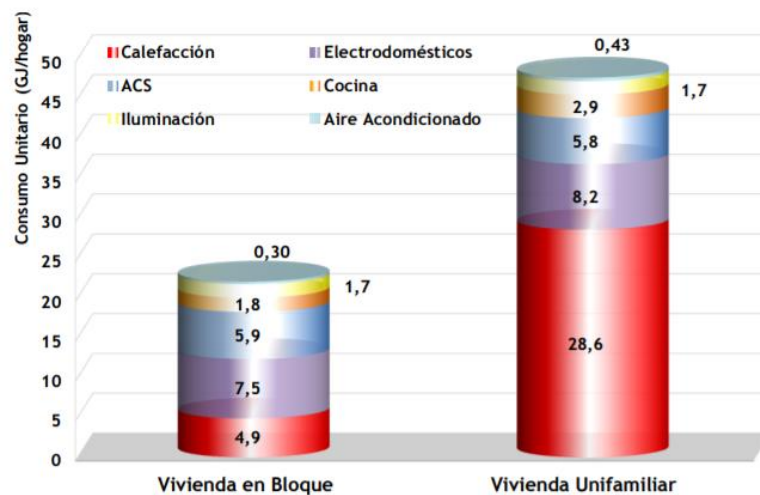


Figura 10: Consumo energético unitario de la Zona Mediterránea por tipos de vivienda.

Fuente: (SECH-SPAHOUSEC, 2010).

Tabla 3: Consumos energía eléctrica.

Fuente: Elaboración propia-SECH-SPAHOUSEC

Uso energético	GJ/hogar	kWh/hogar
Calefacción	4,9	1361,1
Electrodomésticos	7,5	2083,3
ACS	5,9	1638,9
Cocina	1,8	500
Iluminación	1,7	472,2
Aire acondicionado	0,3	83,3
Total	22,1 GJ/hogar	6138,8 kWh/hogar

Nos damos cuenta, que el mayor consumo eléctrico se lo llevan los aparatos electrodomésticos, siguiéndole la instalación del ACS y la calefacción.

Cabe destacar, que según el SECH-SPAHOUSEC, el abastecimiento en viviendas tipo bloque en la zona mediterránea se realiza mediante fuentes de electricidad, viendo, que las energías renovables son casi nulas en este tipo de viviendas. Dato que debería cambiar, si queremos un mejor futuro.

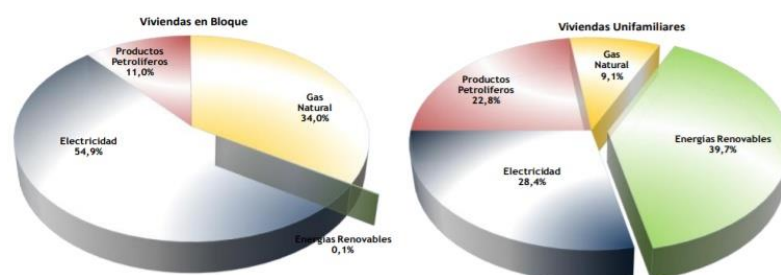


Figura 11: Fuentes de abastecimiento eléctrico.

Fuente: (SECH-SPAHOUSEC, 2010)

Gracias al proyecto SECH-SPAHOUSEC, se pueden conocer tanto las fuentes de abastecimiento eléctrico más común para edificaciones residenciales, como sus consumos finales. Por ello, viendo la Figura 12, puede apreciarse el diagrama de flujos que caracteriza la demanda y consumo de edificios residenciales en zonas climáticas mediterránea.

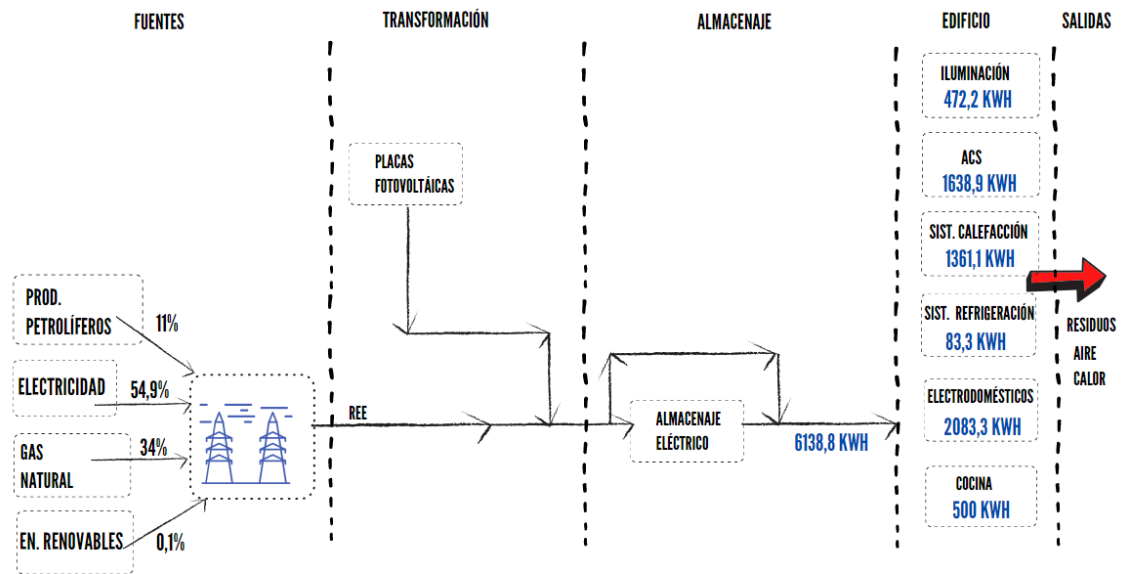


Figura 12: Diagrama de flujo eléctrico.

Fuente: Elaboración propia

4.5 El sistema y su entorno

Como bien puede apreciarse en la siguiente imagen, Figura 13, todos los flujos influyen en la vivienda de una determinada forma.

Según el bioclimatismo y la Constructal Law, la vivienda debe de nutrirse de la adquisición de energía de todos los flujos nombrados anteriormente, y, de algún otro que no se ha podido nombrar a lo largo de este trabajo.

Pero, se destaca, el pensamiento de Bejan sobre los flujos, el cual nos informa de que los no deben de evitarse, si no, adaptarnos a ellos para así conseguir mejores corrientes de energía.

En la siguiente imagen, Figura 13, podemos apreciar las distintas fuentes de energía y sus respectivos caminos que llevan hasta la salida del edificio.

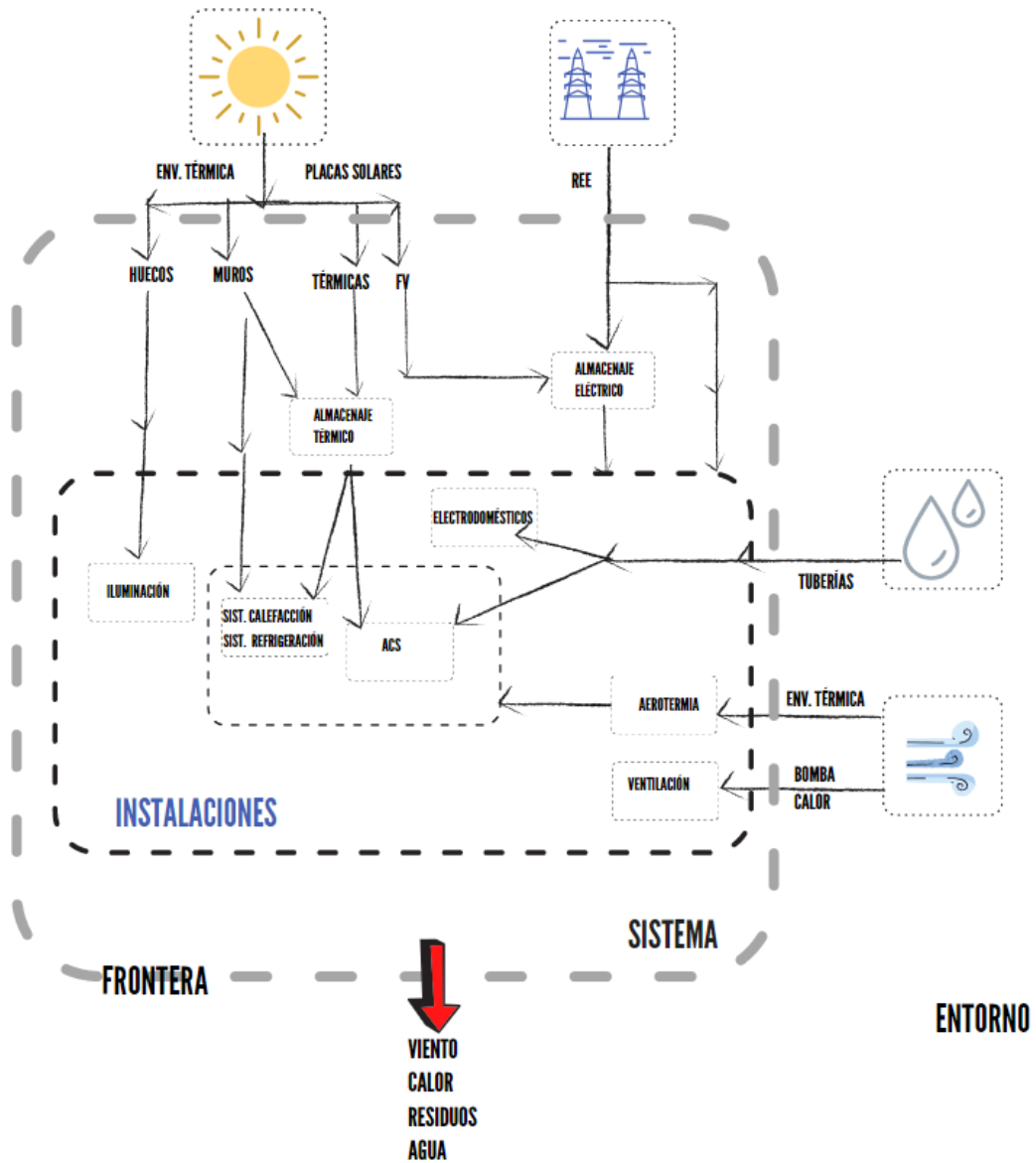


Figura 13: Diagrama de flujo global.

Fuente: Elaboración propia

5. Condiciones de contorno del sistema

Una vez conocidos los flujos que serán fruto del diseño de nuestro sistema, debemos conocer las condiciones que existen en el límite del sistema, la frontera. Estas condiciones, se denominan condiciones de contorno (CC).

Dichas condiciones las podemos dividir en dos grupos, las que nos permiten definir la localización del sistema, y, las que nos caracterizan la frontera del sistema, es decir, la envolvente térmica.

5.1 Localización del sistema

La localización es un factor muy importante a la hora de analizar nuestro sistema. La dependencia de las condiciones climáticas y de la situación del sistema, hace que el sistema deba tener unas características finales u otras.

Primera CC: Ubicación y altitud

La primera condición de contorno está relacionada con la ubicación de nuestro sistema. Sabiendo la zona exacta donde se localizará el sistema, conoceremos su altitud y las características del terreno.

Segunda CC: Zona climática

La segunda condición de contorno, y no menos importante, será la zona climática de la localización del sistema. Es un parámetro del que dependerán otras condiciones de frontera.

Tercera CC: Rosa de los vientos

La rosa de los vientos debe ser un factor a analizar previo a la creación de nuestro sistema. Debemos tener claras las zonas con mayores impactos de viento, para así evitar transmisiones de aire entre el sistema y su entorno.

5.2 Sistema de intercambio de la envolvente

La envolvente térmica es la frontera entre el sistema y el entorno. La envolvente se divide entre muros y huecos, por lo tanto, éstos deben ser correctamente evaluados para que los valores de confort interno sean correctos. Por tanto, a continuación explicaremos de forma más detallada las condiciones de contorno referentes al intercambio de la envolvente térmica de nuestro sistema.

Cuarta CC: Compacidad del edificio

La compacidad es el volumen cerrado por la envolvente térmica y la suma de las

superficies de intercambio térmico con el aire exterior o el terreno de dicha envolvente térmica. Es expresada en m^3/m^2 (CTE-HE-AnejoA)

A mayor valor de compacidad en un edificio, menores pérdidas de calor a través de cubierta y cerramientos. Es decir, que a mayores superficies de contacto entre el sistema y el entorno, mayores pérdidas se producirán. Así que, las formas redondas o cuadradas son las más idóneas en edificación.

Quinta CC: Transmitancia térmica en muros

La transmitancia térmica, como bien se ha nombrado anteriormente, debe ser lo más reducida posible. Contra menor sea la transmitancia mejor aislamiento térmico conseguiremos en la envolvente del sistema.

Existe un valor límite de transmitancia térmica que viene proporcionado por el CTE. Éste varía en función de la zona climática en la que se sitúa el sistema (segunda CC). Las zonas con mayores temperaturas en su entorno requerirán una transmitancia no tan elevada que para situaciones inversas.

Sexta CC: Posicionamiento de los huecos en la envolvente térmica

La posición de los huecos en nuestra frontera, la envolvente, es un factor muy importante para evitar fugas de aire.

Esta condición debe basarse en la rosa de los vientos (tercera CC), dado que así se conocerá previamente las situaciones más críticas frente al flujo eólico.

Donde el impacto de viento sea mayor, evitar la colocación de huecos.

Séptima CC: Permeabilidad de los huecos

Los huecos, una vez colocados de forma eficiente, deben parametrizarse correctamente. Para ello, la permeabilidad será el factor que nos determine el caudal de fuga de aire por estos huecos.

Cabe destacar, que la permeabilidad depende de la zona climática de nuestro edificio. Para zonas climáticas más frías será necesaria una mayor permeabilidad frente a las zonas más cálidas.

Octava CC: Renovación de aire en el interior de la vivienda

La ventilación de una vivienda es muy importante, debido a que gracias a ella mejoramos las condiciones internas de la vivienda.

Novena CC: Demanda de ACS

Como bien hemos explicado anteriormente, según los datos del CTE, debemos parametrizar el consumo de ACS con el valor de consumo de 28 l/día por persona.

6. Elección y criterios de diseño en un edificio- Estrategias

Una vez conseguido referenciar el edificio como un sistema residencial, conocidos sus flujos exteriores y sus condiciones de frontera, se procede a analizar dos puntos de vista diferentes a la hora de aplicar estrategias de diseño en las edificaciones.

Como hemos estado comentando a lo largo del trabajo, cuando el objetivo es ahorrar energía nos adentramos al mundo de las casas pasivas, pero, según la Constructal Law, debemos dejar que los flujos del sistema fluyan, para que nuestro sistema esté vivo.

6.1 Estrategias bioclimáticas

La arquitectura bioclimática, en concreto, la edificación de casas pasivas, tiene el objetivo de conseguir un sistema aislado donde el intercambio de energía con el entorno es casi nulo. Las estrategias para este tipo de arquitectura son las siguientes: (Cano & Castejón, Apuntes de Construcción 4A, 2020)

1. Aislamiento térmico: convertir nuestro sistema en un sistema aislado, consiguiendo así un aislamiento térmico casi total del edificio para evitar la transmisión de flujos hacia el interior.

En este punto es muy importante la resistencia térmica de la envolvente térmica que nos aportará valores de aislamiento de la vivienda. Como bien hemos dicho en todo momento, valores de transmitancia bajos aportan mayor hermeticidad al sistema.

- 1.1 Evitar los puentes térmicos: De forma indirecta, la colocación de dicho aislamiento térmico de forma correcta reducirá notablemente los puentes térmicos. Pero, para una mayor reducción se deberá realizar un análisis más exhaustivo de los huecos del sistema. Colocando vidrios de baja emisividad y carpintería con rotura de puente térmico.

- 1.2 Evitar las condensaciones intersticiales: Dichas condensaciones se producen en el interior de los materiales o de los cerramientos cuando existe una diferencia brusca de temperatura a ambos lados del material. Si aparece este tipo de condensación se produce una disminución notable de aislamiento en los materiales, por tanto, se deberá realizar un estudio previo para evitar por

completo dicho fenómeno.

2. Captación, acumulación y aprovechamiento de las energías naturales: como por ejemplo la correcta captación de la radiación solar. Conseguir aprovechar al máximo la energía solar en invierno y evitarla en época estival.
3. Correcta adición de equipos de acondicionamiento y sistemas de regulación control integrado: sistemas y equipos que deben ser capaces de adaptarse a cualquier situación externa para ofrecer el confort interior óptimo.
 - 3.1 equipos de acondicionamiento: son los equipos que aportan el confort interior necesario para cada momento del día. Entre ellos, la ventilación y los equipos de calefacción y refrigeración.
 - 3.2 Sistemas de regulación y control integrado: son los sistemas que se combinan con los equipos convencionales y tienen como finalidad analizar las condiciones ambientales tanto internas como externas, realizando una comparativa y obteniendo una solución como resultado.
4. Aumentar los sistemas auxiliares de producción de energía con fuentes renovables: como por ejemplo sería la aplicación de aerotermia en la instalación de la vivienda.
5. Almacenar y repartir el calor. Con la modulación o instauración de sistemas de acumulación de calor,
6. Añadir aparatos técnicos de bajo consumo: como son los aparatos de alumbrado y electrodoméstico con características de bajo consumo. Cabe destacar que el mayor consumidor de energía en una vivienda es el frigorífico, por tanto cuantificar su consumo es importante para este tipo de viviendas.
7. Aprovechar los sistemas de iluminación naturales: reducir el consumo energético aprovechándose de la luz exterior de la vivienda.
8. Sistemas mecánicos de ventilación con la instalación de recuperador de calor, free-cooling ²⁶y by-pass nocturno.
9. Control automático y telemático motorizado, adaptación al usuario y al uso.

6.2 Estrategias termodinámicas

El consumo mínimo de energía no es el objetivo ni la tendencia de los sistemas que operan lejos del equilibrio. Los sistemas energéticos tienden a maximizar el trabajo, sin minimizar su consumo de energía. Su objetivo es aumentar la eficiencia energética, por

²⁶ Free-cooling: su proceso consta en la filtrar el aire exterior de la vivienda y usarlo como sistema de climatización. Es decir, aprovecha las bajas temperaturas externas para enfriar espacios.

ello, deben conseguirse un mayor trabajo final con menor energía de entrada. En otras palabras, saber utilizar bien la energía.

Según la termodinámica, debemos seguir las diez estrategias siguientes: (Cano & Castejón, Apuntes de Construcción 4A, 2020)

1. *Diseño arquitectónico tiene que/puede ser considerado como un sistema.* Deben establecerse sus límites, entradas, procesos y salidas, tanto internas como externas.
2. El edificio es un sistema energético no aislado, con comportamiento no lineal.
3. La energía consumida o la eficiencia energética no nos informa del comportamiento del sistema
4. La tendencia de los sistemas naturales no es hacia el ahorro de energía o la eficiencia de cada uno de sus subsistemas sino a la máxima potencia de salida
5. Los sistemas energéticos pueden ser comparados con sistemas naturales, establecer análisis de flujos energéticos, exergéticos y emergéticos para entender su comportamiento global.
6. La realimentación de un sistema, entre sus componente y con el medio en el que se inserta, es fundamental para una mejora del rendimiento y entendimiento del sistema global.
7. La evolución se ha dirigido hacia configuraciones de mayor complejidad, con organismos con propiedades nuevas y emergentes. La evolución de la técnica sigue esta misma dirección- no podría ser de otra manera-
8. Más complejo, más creativo, con mayor conectividad entre los componentes del sistema, más adaptables a las restricciones que varían constantemente en el tiempo y el espacio.
9. Una de las características básicas de los sistemas naturales es que presentan desequilibrio termodinámico y que los ecosistemas siguen orientaciones dinámicas con dirección, en los que los estados estacionarios son solo un corto plazo donde la dinámica del desarrollo se congela artificialmente en un pequeño valor de la escala temporal.
10. Los sistemas arquitectónicos debería estar orientados de esta manera dadas las variables dinámicas que afectan al sistema:
 - Complejo, dinámico, interconectado.
 - Introduce irreversibilidades en el sistema.

6.3 Elección y criterios del diseño en un edificio

Una vez conocidos los dos puntos de vista de análisis de un edificio, desarrollados en este trabajo, podemos concluir que la diferencia más notable entre ambos es su perspectiva. El bioclimatismo, en especial, las casas pasivas, son sistemas cerrados con una filosofía basada en la adición de elementos. A diferencia, la termodinámica tiene un propósito holístico, conseguir ver todo como un conjunto global, donde los beneficios para el sistema también lo sean para su entorno.

Profundizando, las estrategias bioclimáticas tienen un fin claro, conseguir la menor interacción entre el medio y el sistema, logrando así el menor intercambio energético, lo que viene siendo la búsqueda de un sistema completamente aislado. Por todo ello, se debe conseguir un correcto aislamiento del límite del sistema, evitando al máximo las aperturas hacia el exterior.

En esta corriente arquitectónica, no importa ni la forma, ni la configuración, solamente el ahorro energético, y, es básicamente lo que le diferencia de la visión termodinámica.

Según la primera ley de la termodinámica, la energía ni se crea ni se destruye, por tanto, la posición de conseguir un ahorro energético difícilmente se sostiene con dicha teoría termodinámica.

Se quiere lograr que el término ahorro energético no sea el objetivo principal de nuestro sistema, si no que, éste sea conseguir una máxima potencia de salida. En otras palabras, obtener mayores eficiencias energéticas en nuestro sistema es mucho más importante que ahorrar energía.

Las edificaciones vistas desde el punto de vista de la Constructal Law deben seguir un patrón de análisis del movimiento de los flujos, deben ser capaces de maximizar o minimizar el acceso a los flujos, pero nunca evitarlos. Deben minimizarse los flujos que produzcan un intercambio de energía con el interior, y, maximizarse los que tengan unas condiciones interiores y exteriores óptimas.

Así surge una nueva visión de la edificación, lograr ver el edificio como un sistema abierto, capaz de interactuar de manera productiva con el medio.

7. Caso estudio

Una vez dentro del mundo laboral, gracias a la empresa Espacio Diseño (Fraga), pudimos introducirnos en un proyecto de obra nueva, situado en la ciudad de Fraga, que constaba en la ejecución de un edificio residencial.

El objetivo principal de la empresa era conseguir un correcto certificado energético de la vivienda, cumpliendo en todo momento con el CTE.

Para realizar el certificado energético se utilizó el programa CE3X, que nos permitió calcular su certificado y comprobar a su vez el cumplimiento con el CTE.

Todo el procedimiento realizado estaba bastado en adición de elementos con un objetivo claro, el ahorro energético que venía de la mano del bioclimatismo: conseguir el mayor aislamiento térmico, la mayor hermeticidad y la estanqueidad del sistema.

7.1 Aplicación caso estudio en empresa

Nuestro edificio residencial, desde el punto de vista empresarial, se busca que sea aislado con su entorno, para así, conseguir mayores aislamientos y menores intercambios energéticos. A continuación se verá el procedimiento realizado en la empresa para el cálculo del certificado energético del proyecto.

El primer paso es introducir los *Datos Generales* del proyecto, datos que nos aportarán la localización exacta de la edificación, calculando así la zona climática y su altitud. Véase en el Apdo 9.1 el cálculo de la zona climática según CTE.

The screenshot shows the CE3X software interface. At the top, there is a menu bar with options: Archivo, Librerías, Patrones de sombra, Resultados, Complementos, Ayuda, and Acerca de. Below the menu is a toolbar with various icons. The main interface is divided into several sections:

- Datos administrativos**: Includes tabs for Datos administrativos, Datos generales, Envolverte térmica, and Instalaciones.
- Datos generales**:
 - Normativa vigente: CTE 2013 (dropdown menu)
 - Año construcción: 2020 (text input)
 - Tipo de edificio: Bloque de Viviendas (dropdown menu)
 - Provincia/Ciudad autónoma: Huesca (dropdown menu)
 - Localidad: Fraga (dropdown menu)
 - Zona climática: C3 (dropdown menu)
 - HE-1 and HE-4 (checkboxes)
- Definición edificio**:
 - Superficie útil habitable: 548.3 m² (text input)
 - Altura libre de planta: 2.5 m (text input)
 - Número de plantas habitables: 5 (text input)
 - Ventilación del inmueble: 0.57 ren/h (text input)
 - Demanda diaria de ACS: 672 l/día (text input)
 - Masa de las particiones internas: Medía (dropdown menu)
 - Se ha ensayado la estanqueidad del edificio

At the bottom, there are two image thumbnails: 'Imagen edificio' and 'Plano situación'.

Figura 14: Introducción de los datos generales del proyecto en CE3X.

Fuente: Elaboración propia

Seguido de la introducción de los datos que definen el edificio. Éstos serán, la superficie útil de la edificación, su altura libre por vivienda, el número de plantas habitables, la ventilación (ren/h) y la demanda de ACS.

Por otro lado, la renovación del aire es un tema de interés en la sociedad actual, debido a la situación que se está viviendo en estos momentos.

Desde el CTE dictan que la concentración media de CO₂ en el interior de un local sea menor que 900 ppm de CO₂, además el caudal del aire exterior debe ser suficiente para eliminar los contaminante son directamente relacionados con la presencia humana. Esta condición se considera satisfecha con el establecimiento de un caudal mínimo de 1,5 litros por segundo en cada local habitable en periodos de no ocupación.

Para ver el cumplimiento del CTE, debe observarse el Apdo 9.2, donde podemos apreciar que el valor de renovación de aire en el interior de nuestro sistema es de 0,575 renovaciones por hora. Esto significa que en una hora debe renovarse el aire del 0,575 del total de la superficie del hogar.

El flujo de agua es mucho más fácil de analizar, únicamente debemos medir la demanda de agua caliente, debido a que así se calculará la energía eléctrica necesaria para calentar este flujo. Pero por lo contrario, todo el flujo de agua que entra, sale a iguales cantidades pero no con iguales cualidades.

Para el cálculo de la demanda de ACS únicamente se recurre al CTE-HE-Anejo F, que nos habla de que el consumo diario de ACS persona es de **28 litros**.

Gracias a la Tabla a-Anejo F, ver Figura 15, podemos apreciar que si el número de dormitorios es de 2, el número de personas mínimo es de tres personas. Por tanto haremos un recuento de personas por pisos en el total del edificio, para así calcular la demanda de ACS total del sistema.

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	≥6
Número de Personas	1,5	3	4	5	6	6	7

Figura 15: Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado.

Fuente: CTE-HE-AnejoF-Tabla a.

Por tanto, se realiza una tabla donde se calculan el total de personas en el interior de nuestra vivienda y su respectivo consumo diario. Haciendo un total de 672 litros al día.

Tabla 4: Tabla de cálculo del consumo total del edificio de litros diarios de ACS consumidos.

Fuente: Elaboración Propia

Planta	Nº Habitaciones		Nº Personas	
	A	B	A	B
PB	2	2	3	3
P1	2	2	3	3
P2	2	1	3	1,5
P3	2	1	3	1,5
P4	1	1	1,5	1,5
Total de personas			24	
Consumo			672 l/día	

Con los anteriores datos, el programa es capaz de calcular los parámetros que hemos denominado anteriormente como condiciones de contorno.

El siguiente paso es introducir las características de todos los cerramientos del proyecto, muros, particiones interiores, cubierta y forjado. Véase en la Figura 16 el cerramiento de los muros de la envolvente térmica del edificio. Puede consultarse el apartado 9.3 donde se aprecia los valores para cumplimiento del CTE. Además en los Anexos 1 y 2, puede observarse el cálculo realizado especialmente en los muros de la envolvente, y el análisis de transmitancia de las diferentes partes de la envolvente.



Figura 16: Introducción de características de los cerramientos del sistema.

Fuente: Elaboración propia

Una vez introducidas las características de todos los cerramientos del sistema, se procede a introducir todos los datos de la envolvente térmica. Para ello, se deben tener

muy claras todas las caras del sistema, añadiendo los parámetros de: superficie, tipología de cerramiento y orientación. Véase Figura 17.

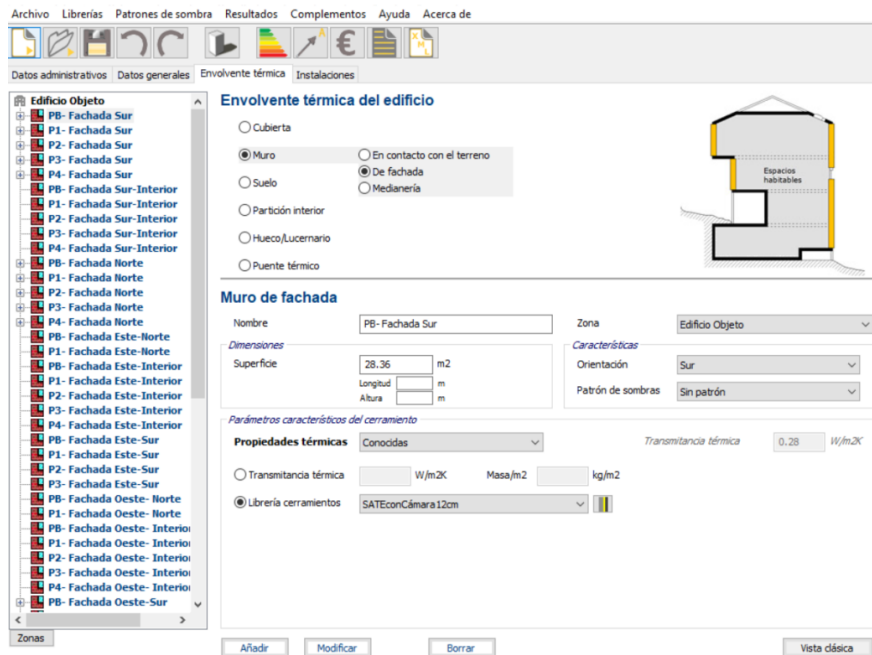


Figura 17: Definición de la envolvente térmica.

Fuente: Elaboración propia

La introducción de los huecos es un paso muy importante, debido que debe controlarse la permeabilidad que el CTE impone. Viéndose en el Apdo. 9.3, podemos apreciar que la permeabilidad en este proyecto es de 9 m³/m².

Para conseguir que nuestra vivienda sea capaz de mantener este flujo de aire por hora y superficie, debemos elegir el tipo de ventana correcto. Para ello, desde las empresas que realizan las ventas de ventanas existe una determinada clasificación por orden de permeabilidad. A continuación mostraremos una tabla de la empresa EXTRUAL, donde podemos asociar la clase a la permeabilidad

Fuga de aire por superficie total

Clase	Permeabilidad al aire a 100 Pa (m ³ /h·m ²)	Presión máxima de ensayo (Pa - km/h)
0	Sin ensayar	Sin ensayar
1	≤ 50	150 - 55 km/h
2	≤ 27	300 - 78 km/h
3	≤ 9	600 - 110 km/h
4	≤ 3	600 - 110 km/h

Figura 18: Estudio de la permeabilidad de las clases de ventana.

Fuente: (Extrual)

Concluyendo, que la clase de ventanas que debemos añadir a nuestra envolvente

térmica deben ser como mínimo de clase 3, ya que nos permiten el valor mínimo exigido por el CTE para la permeabilidad de nuestros huecos.

Por otra parte, los puentes térmicos de este proyecto son pocos debido a que se ha colocado una fachada con aislamiento térmico exterior. Por tanto, los únicos puentes térmicos que nos encontramos son los que aparecen en la siguiente figura, Figura 19.

Puente térmico por defecto

Definir puentes térmicos por defecto

- Pilar integrado en fachada
- Pilar en esquina
- Contorno de hueco
- Caja de persiana
- Encuentro de fachada con forjado
- Encuentro de fachada con cubierta
- Encuentro de fachada con suelo en contacto con el aire
- Encuentro de fachada con solera

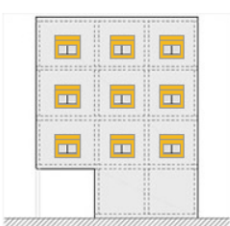
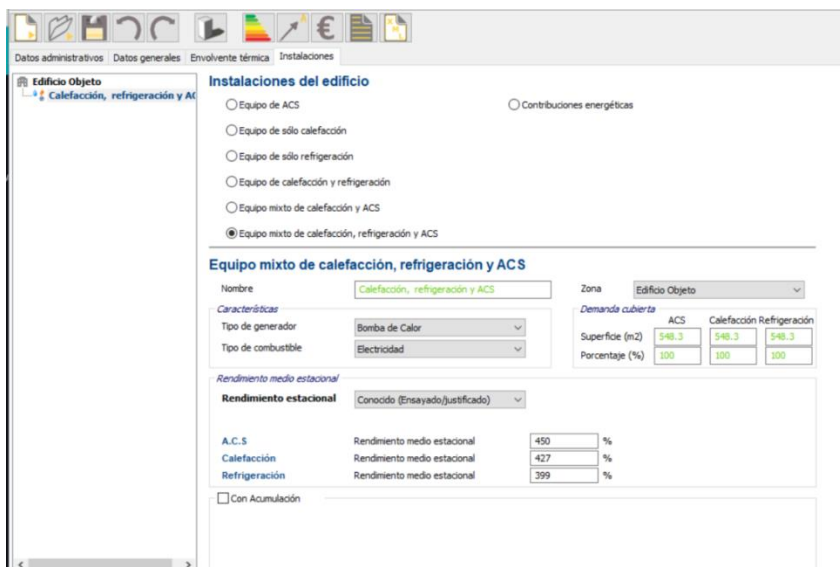


Figura 19: Definición de los puentes térmicos del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

Y por último, y siendo uno de los pasos más importantes para la realización del certificado energético es la introducción de los datos de las instalaciones de la vivienda.

Esta empresa, trabaja con aerotermia para el control de sistemas de calefacción, refrigeración y agua caliente. Por tanto, se introduce en CE3X con el nombre de “equipo mixto de calefacción, refrigeración, ACS”, como puede verse en la Figura 20.



Instalaciones del edificio

Equipo de ACS Contribuciones energéticas

Equipo de sólo calefacción

Equipo de sólo refrigeración

Equipo de calefacción y refrigeración

Equipo mixto de calefacción y ACS

Equipo mixto de calefacción, refrigeración y ACS

Equipo mixto de calefacción, refrigeración y ACS

Nombre: Calefacción, refrigeración y ACS Zona: Edificio Objeto

Características

Tipo de generador: Bomba de Calor

Tipo de combustible: Electricidad

Demanda cubierta

	ACS	Calefacción	Refrigeración
Superficie (m2)	548.3	548.3	548.3
Porcentaje (%)	100	100	100

Rendimiento medio estacional

Rendimiento estacional: Conocido (Ensayado/Justificado)

	Rendimiento medio estacional	
A.C.S.	450	%
Calefacción	427	%
Refrigeración	399	%

Con Acumulación

Figura 20: Introducción de las instalaciones del edificio.

Fuente: Elaboración propia

Los valores de rendimientos medios son aportados por la empresa Espacio Diseño,

y obtenidos por un tipo de bomba aerotérmica de BAXI.

Los resultados de este certificado se encuentran en el Anexo 3, donde se puede apreciar en todo momento que cumplen con el CTE.

7.2 Aplicación del punto de vista termodinámico

Gracias a toda la investigación sobre la termodinámica y la Constructal Law que puede apreciarse a lo largo de todo este trabajo, se decidió generar un debate en las decisiones con el arquitecto, con un único fin, proponer una nueva forma de ver la edificación.

Se desea conseguir ver el edificio desde el punto de vista holístico, donde el sistema y su entorno estén conectados. Lo esencial no es aislar por completo el sistema, sino, conseguir mayores interacciones con el medio cuando éstas nos aporten beneficios para el sistema.

El objetivo será lograr una mayor fijación por el análisis de la fuga de energía, es decir, por el análisis del desperdicio de la energía, y, no, del ahorro energético. Realizando un análisis de exergético podremos conseguir aumentar la eficiencia energética de nuestro sistema, consiguiendo mayores trabajos finales con la misma aportación de energía.

El estudio de la tercera ley termodinámica, Constructal Law, nos lleva a reconsiderar una nueva manera de diseñar nuestro sistema: un sistema capaz de mejorar las características de los flujos y su interacción con el medio. Para ello se necesita aplicar las estrategias termodinámicas que quedan resumidas en cinco, según Bejan en el libro *Physics of life*:

1. Contar con largas superficies captadoras y disipadoras de energía.
2. Adaptar la forma a los flujos
3. Evitar la fricción que detenga la energía
4. Aprovechamiento del calor
5. Jerarquías de los conductos. Siendo los conductos los medios por los que se mueven los flujos.

Llegados a este punto, los factores que se reconsideraron con la empresa fueron los siguientes: construir con materiales menos dañinos para el medio ambiente; adquirir los materiales de lugares más cercanos al proyecto evitando así el impacto por transporte; lograr una correcta iluminación y ventilación natural; trabajar con energías renovables, como la instalación de placas solares, muros trombe; no centrarse en el aislamiento y si en la adaptación al medio.

8. Conclusión

Una de las razones que me han llevado a la realización de este TFG es la curiosidad personal sobre el mundo de la edificación. Gracias a ello he podido adquirir nuevos conocimientos sobre este ámbito e introducirme en el mundo laboral gracias al conjunto de arquitectos que forman parte de la empresa Espacio Diseño en la ciudad de Fraga.

Este proyecto me ha dado la oportunidad de familiarizarme con el mundo de la eficiencia energética residencial, adquiriendo conocimientos sobre consumos energéticos en viviendas y el correcto manejo del programa CE3X.

La realización de este trabajo me ha servido para poder conocer un nuevo punto de vista distinto al empresarial, a lo actual, a la búsqueda de los sistemas aislados.

Hasta estos momentos, los edificios mejor catalogados energéticamente hablando, son los que consiguen aislarse por completo del medio, evitando la mínima interacción con éste. Edificios con un claro objetivo: conseguir el máximo ahorro energético.

Después de realizar el trabajo y adentrarme en el mundo termodinámico pude comprender que el ahorro energético no es la clave del éxito en los sistemas, sino, su eficiencia, su rendimiento. Conseguir mayores trabajos finales con la misma cantidad de energía de entrada.

Con el objetivo de adquirir mejores eficiencias debe plantearse el análisis exergético del sistema, analizando y controlando las fugas de la energía. En otras palabras, estudiar el desperdicio de la energía, energía que no es usada para la producción del trabajo final en el sistema.

Tal y como sostiene la Constructal Law, un correcto diseño del sistema mejorará sus flujos, consiguiendo así evitar el desperdicio de la energía aportada por el entorno. Por ello, el estudio deberá centrarse en mayor profundidad con la forma, los flujos y la estructura del edificio.

Por todo lo dicho creo que el punto de vista que sostiene este trabajo debería introducirse en el mundo de la edificación, consiguiendo así integrar el hogar a su entorno porque: **“Vivir es movimiento y el movimiento es cambio y alteración y, por tanto, la alternativa al movimiento es la desmotivación, la estasis, la muerte”** (Bejan & Peder Zane, Design in nature, 2013)

9. Cumplimiento del código técnico

9.1 Cumplimiento de la zona climática en invierno

El Anejo B dentro del CTE-HE, permite dar a conocer la zona climática en invierno de cada provincia española con dependencia a la altitud a que se encuentre situada la edificación.

A sabiendas de que la altitud de nuestro emplazamiento es de 118 m, y que nos situamos dentro de la provincia de Huesca, viendo la Figura 21, podemos saber que la zona climática en la que se sitúa nuestro sistema es la zona C3.

Provincia	Altitud sobre el nivel del mar (h)																									
	≤ 50 m	51-100 m	101-150 m	151-200 m	201-250 m	251-300 m	301-350 m	351-400 m	401-450 m	451-500 m	501-550 m	551-600 m	601-650 m	651-700 m	701-750 m	751-800 m	801-850 m	851-900 m	901-950 m	951-1000 m	1001-1050 m	1051-1100 m	1101-1150 m	1151-1200 m	1201-1250 m	1251-1300 m
Albacete	C3							D3							E1											
Alicante/Alacant	B4			C3				D3																		
Almería	A4	B4		B3			C3										D3									
Araba/Álava	D1										E1															
Asturias	C1	D1					D1					E1														
Ávila	D2							D1					E1													
Badajoz	C4					C3		D3																		
Balears, Illes	B3			C3																						
Barcelona	C2			D2			D1				E1															
Bizkaia	C1		D1							E1																
Burgos	D1							E1																		
Cáceres	C4							D3					E1													
Cádiz	A3		B3			C3			C2			D2														
Cantabria	C1			D1					E1																	
Castellón/Castelló	B3		C3				D3		D2					E1												
Ceuta	B3							D3																		
Ciudad Real	C4				C3		D3																			
Córdoba	B4		C4					D3																		
Coruña, A	C1			D1							D2			E1												
Cuenca	D3							D2					E1													
Gipuzkoa	D1			E1																						
Girona	C2		D2			E1																				
Granada	A4	B4			C4			C3			D3		E1													
Guadalajara	D3				D2					E1																
Huelva	A4	B4	B3			C3				D3																
Huesca	C3			D3		D2			E1																	
Jaén	B4				C4			D3					E1													
León	E1							E1																		
Lleida	C3		D3					E1																		
Lugo	D1							E1																		
Madrid	C3			D3							D2		E1													
Málaga	A3	B3		C3			D3																			
Melilla	A3							D3																		
Murcia	B3		C3				D3																			
Navarra	C2		D2		D1			E1																		
Ourense	C3			C2		D2			E1																	
Palencia	D1							E1																		
Palmas, Las	a3			A2				B2		C2																
Pontevedra	C1			D1							E1															
Rioja, La	C2		D2			E1																				
Salamanca	D2							E1																		
Santa Cruz de Tenerife	a3			A2			B2		C2																	
Segovia	D2							E1																		
Sevilla	B4			D2				C4					D1		E1											
Soria	B3		C3			D3					E1															
Tarragona	C3			C2		D2					E1															
Teruel	C4				D2			D3					E1													
Toledo	B3		C3			D2				E1																
Valencia/València	B3		C3			D2				E1																
Valladolid	D2							E1																		
Zamora	D2							E1																		
Zaragoza	C3			D3				E1																		

Figura 21: Zona climática según provincia y altitud.

Fuente: Tabla a-Anejo B- CTE-HE

9.2 Cumplimiento de las renovaciones de aire interior

El CTE-HS3, nos informa de cómo proceder al cálculo de las renovaciones de aire en el interior de la vivienda. Gracias a la Tabla 2.1 del CTE-HS3, reflejada en la Figura 24, podemos calcular los caudales de extracción y admisión de la vivienda.

Tipo de vivienda	Caudal mínimo q_v en l/s				
	Locales secos ^{(1) (2)}			Locales húmedos ⁽²⁾	
	Dormitorio principal	Resto de dormitorios	Salas de estar y comedores ⁽³⁾	Mínimo en total	Mínimo por local
0 ó 1 dormitorios	8	-	6	12	6
2 dormitorios	8	4	8	24	7
3 o más dormitorios	8	4	10	33	8

Figura 22: Caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables.

Fuente: Tabla 2.1 del CTE-HS3

La ventilación en la vivienda debe ser de las zonas húmedas a las zonas secas. Por ello, el caudal de los locales secos, como son las habitaciones, el comedor o las salas de estar, se denomina caudal de admisión. A diferencia, el de las zonas húmedas como son los baños y la cocina, se denomina caudal de extracción.

A continuación se muestran los pasos para realizar el cálculo de las renovaciones por hora en el interior de la vivienda. Se realizará un ejemplo con la planta baja, piso A, pero el cálculo es igual en todos los demás.

Paso 1: realizar una tabla donde se identifiquen la cantidad de tipos de habitaciones que existen por piso.

Paso 2: debemos recurrir a la Tabla 2.1- CTE-HS3 (Figura 17), para calcular el caudal de admisión y de extracción.

Para el cálculo de los caudales se referencia al PB-A. Por tanto entrando en la tabla a través del número de dormitorios de la vivienda se procede a calcular el caudal de admisión:

$$Q_{\text{admisión}} = 8 \times 1_{\text{dormitorio}} + 4 \times 1_{\text{dormitorio 2}} + 8 \times 1_{\text{comedor}} = 20 \text{ l/s} \quad (\text{X})$$

Paso 3: cálculo del caudal de emisión. Este caudal mínimo, en dependencia del número de dormitorios que tenga la vivienda. (Ver Figura 17), y este valor es en el caso del PB (A) de 24 l/s

$$Q_{\text{emisión}} = 7 \times (2_{\text{baños}} + 1_{\text{cocina}}) = 21 \text{ l/s} \quad (\text{X})$$

Como el valor del caudal de emisión 21 l/s es menor que el valor límite 24 l/s, el

caudal que debemos proporcionar a la vivienda PB-A es de 24 litros por segundo.

Paso 4: Cálculo del caudal total. El caudal total es el caudal máximo entre los valores obtenidos de los caudales anteriores. En este caso el caudal total será igual al mínimo del caudal de emisión.

$$Q_{total} = 24 \text{ l/s} \quad (x)$$

Paso 5: cambio de unidades de caudal. Se realiza convirtiendo los litros por segundo a metros cúbicos por hora.

$$Qt = 24 \frac{\text{l}}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ dm}^3}{1 \text{ l}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ m}^3} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 24 \times 3,6 = 86,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

Paso 6: calcular el volumen total de la vivienda. En este caso, la vivienda tiene 167,5 m³.

Paso 7: calculamos las renovaciones por hora de aire en la vivienda y se realiza de la siguiente forma:

$$\text{ren/h} = \frac{Qt}{Vol} = \frac{86,4 \text{ m}^3/\text{h}}{167,5 \text{ m}^3} = 0,51 \text{ ren/h}$$

Puede apreciarse en la siguiente imagen, Figura 25, el cálculo de las renovaciones por hora total del sistema, el edificio. Con un resultado de 0,575 Ren/h.

CÁLCULO DE VENTILACIÓN DEL INMUEBLE												
Características	PB		P1		P2		P3		P4			
	Piso A	Piso B	Piso A	Piso B	Piso A	Piso B	Piso A	Piso B	Piso A	Piso B		
Habitación principal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Otras habitaciones	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	
Comedor	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Cocina	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Wc	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	
Superficie útil (m ²)	67	66,1	67	66,1	48,5	39,8	48,5	39,8	38,7	38,7		
Volumen (m ³)	167,5	165,25	167,5	165,25	121,25	99,5	121,25	99,5	96,75	96,75		
Suma volumen edificio	1300,5 m ³											

TABLA CTE					
Tipo	Locales secos		Locales Húmedos		
Vivienda	Dormitorio pr	Resto de dorm	Comedor-Sala	Mínimo total	Mínimo por local
1 dormitorio	8	-	6	12	6
2 dormitorios	8	4	8	24	7
3 o + dormito	8	4	10	33	8

CÁLCULO DE CAUDALES												
Datos	PB		P1		P2		P3		P4		Edificio completo	
	Piso A	Piso B	Piso A	Piso B	Piso A	Piso B	Piso A	Piso B	Piso A	Piso B		
Admisión	20	20	20	20	20	14	20	14	14	14		
Min. Extracción	24	24	24	24	24	12	16	12	12	12		
Extracción	24	24	24	24	16	16	24	16	16	16		
Caudal Total (l/s)	24	24	24	24	24	16	24	16	16	16	208	
Caudal Total (m ³ /h)	86,4	86,4	86,4	86,4	86,4	57,6	86,4	57,6	57,6	57,6	748,8	
Volumen vivienda (m ³)	167,5	165,25	167,5	165,25	121,25	99,5	121,25	99,5	96,75	96,75	1300,5	
Renovaciones/hora	0,5158209	0,52284418	0,5158209	0,52284418	0,71257732	0,57889447	0,71257732	0,57889447	0,59534884	0,59534884	0,575778547	

Figura 23: Cálculos para la Ren/h.

Fuente: Elaboración propia

9.3 Cumplimiento de la transmitancia térmica de la envolvente térmica

Para el cálculo de la transmitancia térmica se recurre al CTE-HE1 que nos dicta las condiciones que debemos seguir para el control de la demanda energética en una edificación.

Primero hay que conocer la zona climática de invierno, calculado en el apartado anterior 9.1. Sabiendo que estamos frente una zona climática de invierno tipo C, entramos en que muestra la Figura 22, y, con ello conocemos todos los valores límite de transmitancia térmica, tanto en muros, suelos como en cubiertas y huecos.

Elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior (U_s, U_M)	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior (U_c)	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,33
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno (U_T) Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica (U_{MD})	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,59
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) (U_H)*	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,80
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%				5,7		

*Los huecos con uso de escaparate en unidades de uso con actividad comercial pueden incrementar el valor de U_H en un 50%.

Figura 24: Valores límites de transmitancia térmica [W/m²K].

Fuente: Tabla 3.1.1 CTE-HE1

9.4 Cumplimiento de la permeabilidad de los huecos

Entrando en la tabla siguiente, Figura 23, a través del tipo de zona climática en invierno (Tipo C), podemos ver que el valor límite de permeabilidad al aire de los huecos debe ser inferior o igual a 9 m³/h·m².

	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Permeabilidad al aire de huecos ($Q_{100,lim}$)*	≤ 27	≤ 27	≤ 27	≤ 9	≤ 9	≤ 9

* La permeabilidad indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa, Q_{100} .
Los valores de permeabilidad establecidos se corresponden con los que definen la clase 2 (≤27 m³/h·m²) y clase 3 (≤9 m³/h·m²) de la UNE-EN 12207:2017.
La permeabilidad del hueco se obtendrá teniendo en cuenta, en su caso, el cajón de persiana.

Figura 25: Valor límite de permeabilidad al aire de huecos de la envolvente térmica. $Q_{100,lim}$ [m³/h·m²].

Fuente: CTE-HE1

10. Bibliografía y webgrafía

- Alomá Chávez, E., & Malaver, M. (7 de Marzo de 2007). Los conceptos de calor, trabajo, energía y teorema de carnot en textos universitarios de termodinámica. *Educere*.
- Argan, G. C. (1973). *El concepto del espacio arquitectónico. Desde el Barroco a nuestros días*. Buenos Aires: Diciones Nueva Visión.
- Arnabat, I. (Octubre de 2015). *Caloryfrio.com*. Obtenido de <https://www.caloryfrio.com/energias-renovables/aeroterminia/aeroterminia-una-fuente-de-energia-renovable-basada-en-la-bomba-de-calor.html>
- autor, s. (s.f.). *Meteoblue*. Obtenido de https://www.meteoblue.com/es/tiempo/archive/windrose/huesca_esp%C3%B1a_3120514
- Bejan, A., & Lorente, S. (2011). The constructal law and the evolution of design in nature. *Physics of life reviews*.
- Bejan, A., & Peder Zane, J. (2013). *Design in nature*.
- Cano, E. (s.f.). <https://docs.google.com/presentation/d/1JUPEZnjwK7WsdobE-NtCBTBM5DDR-UbK/edit#slide=id.p1>.
- Cano, E., & Castejón, J. (2020). *Apuntes de Construcción 4A*. Obtenido de EINA.
- CNMC. (2019). Obtenido de <https://www.cnmc.es/prensa/electricidad-gas-panel-hogares-CNMC-20191115>
- Collado, F. J. (s.f.). Apuntes "Termodinámica técnica y fundamentos de transmisión de calor".
- Construible. (s.f.). *Construmática*. Obtenido de Inercia Térmica: https://www.construmatica.com/construpedia/Inercia_T%C3%A9rmica
- CTE-HE1. (s.f.). Obtenido de <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DccHE.pdf>
- CTE-HE-AnejoA. (s.f.). *CTE-HE*.
- CTE-HS3. (s.f.). *Calidad del aire interior*. Obtenido de <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HS/DBHS.pdf>
- CTE-HS4. (s.f.). <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HS/DccHS.pdf>.
- Discurso de la presidenta Von der Leyen en la reunión de la Conferencia de Presidentes de España*. (25 de Octubre de 2020). Obtenido de Web oficial de la UE: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/SPEECH_20_1987
- Endesa. (s.f.). <https://www.fundacionendesa.org/es/recursos/a201908-que-es-la-energia#:~:text=La%20energ%C3%ADa%20es%20la%20capacidad,de%20hacer%20funcionar%20las%20cosas>. Recuperado el Diciembre de 2020
- Extrual. (s.f.). *Extruidos del aluminio*. Obtenido de <http://www.extrual.com/es/noticias/articulos-tecnicos/como-se-determina-la-permeabilidad-al-aire-de-una-ventana>
- Huellas de arquitectura*. (2018). Obtenido de <https://huellasdearquitectura.wordpress.com/2018/10/22/muros-trombe-que-son-y-como-funcionan/>
- IDAE. (s.f.). *Consumos del sector residencial en España*. Obtenido de

<http://guiaenergia.idae.es/el-consumo-energia-en-espana/>

IDAE, D. (s.f.). Obtenido de https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf

INE. (2019). *Encuesta continua de hogares*. Obtenido de https://www.ine.es/prensa/ech_2019.pdf

López Jiménez, P. A. (s.f.). *Youtube*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=173Au3YKUaU>

Molina, L. (2018). *SlidePlayer*. Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/12550942/>

Mora-Casal, R. (Febrero de 2015). Crítica del concepto de exergía. *Revista Ingeniería*, 3.

Neila, J. (Octubre de 2000). *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Obtenido de file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/Arquitectura_bioclimatica_en_un_entorno_sostenible.pdf

OCU. (2016). *Precio del agua*. Obtenido de <https://www.ocu.org/alimentacion/agua/informe/el-precio-del-agua>

Pereira, M. (2020). *ArchDaily*. Obtenido de <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/889075/ventilacion-cruzada-efecto-chimenea-y-otros-conceptos-de-ventilacion-natural#:~:text=La%20ventilaci%C3%B3n%20cruzada%20natural%20es,entrada%20y%20salida%20de%20aire.&text=El%20aire%20fr%C3%ADo%20ejerce%20pre>

RAE. (s.f.).

RAE. (s.f.). Obtenido de <https://dle.rae.es/termodin%C3%A1mico>

REE. (s.f.).

https://www.ree.es/sites/default/files/interactivos/como_consumimos_electricidad/cuanto-consumen-mis-electrodomesticos.html

RITE. (2013). *RITE Técnica 1.1.4.2.3*. Obtenido de <https://www.sepin.es/administrador-de-fines/VerDoc.asp?referencia=SP%2FART%2F349974&cod=01%2D0GA1Jn0mz0G%5F1F801b0E%5F0yZ1jH0Hb00l1DV0GB07s0XZ0H60Id0%26609Q0G%3D1jP07a1S%5F0Gz0JP1IA0XP0IU0ya1jC0If2Ku1ig>

Sánchez Inocencio, Á. (15 de Noviembre de 2016). *Angel Sánchez Inocencio (Ingeniero de Edificación)*. Obtenido de <https://angelsinocencio.com/estrategias-bioclimaticas-mejorar-eficiencia/>

SECH-SPAHOUSEC, P. (2010). *Análisis del consumo energético del sector residencial en España*. Obtenido de https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Informe_SPAHOUSEC_ACC_f68291a3.pdf

Srinivasa, R., & Moe, K. *The Hierarchy of energy in architecture*.

Varela, J. (2016). *A hombros de gigantes*. Obtenido de <https://ahombrosdegigantescienciaytecnologia.wordpress.com/2016/01/02/la-segunda-ley-de-la-termodinamica-y-la-entropia-clausius/#:~:text=En%201865%2C%20Clausius%20primero%20dio,incrementa%20en%20un%20proceso%20irreversible.>

11. Índice

Índice Figura:

Figura 1: Términos que engloba el concepto de la Energía.....	9
Figura 2: Esquema gráfico de un sistema.....	10
Figura 3: Tipos de sistemas termodinámicos.	11
Figura 4: Conjunto motores y frenos de los sistemas.	16
Figura 5: Muro Trombe.....	21
Figura 6: Representación gráfica del flujo solar.	23
Figura 7: Ejemplos de ventilación en el interior de las viviendas.	25
Figura 8: Representación gráfica del flujo del aire entre el sistema y su entorno.....	26
Figura 9: Flujo de agua general.	27
Figura 10: Consumo energético unitario de la Zona Mediterránea por tipos de vivienda. Fuente: (SECH-SPAHOUSEC, 2010).	29
Figura 11: Diagrama de flujo global.	31
Figura 12: Introducción de los datos generales del proyecto en CE3X.	38
Figura 13: Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado.	39
Figura 14: Introducción de características de los cerramientos del sistema.....	40
Figura 15: Definición de la envolvente térmica.....	41
Figura 16: Estudio de la permeabilidad de las clases de ventana. Fuente: (Extrual).....	41
Figura 17: Definición de los puentes térmicos del proyecto.....	42
Figura 18: Introducción de las instalaciones del edificio.....	42
Figura 19: Zona climática según provincia y altitud.....	45
Figura 20: Valores límites de transmitancia térmica [W/m ² K].....	48
Figura 21: Valor límite de permeabilidad al aire de huecos de la envolvente térmica. $Q_{100,lim}$ [m ³ /h·m ²].....	48
Figura 22: Caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables.	46
Figura 23: Cálculos para la Ren/h.....	47
Figura 24: características muros envolvente térmica.....	52
Figura 25: Tabla para el cálculo del $V_{env.térmica}$	Error! Bookmark not defined.

Índice Tablas:

Tabla 1: Factores influyentes en la captación solar.....	20
Tabla 2: Descripción de diferentes tipos de elemento de control lumínico.....	22
Tabla 3: Consumos energía eléctrica. Fuente: Elaboración propia-SECH-SPAHOUSEC	29
Tabla 4: Tabla de cálculo del consumo total del edificio de litros diarios de ACS consumidos.....	40

ANEXOS

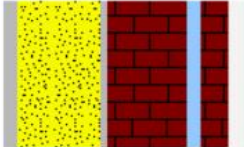
ANEXO 1: Cálculo de la transmitancia térmica en los muros

En la siguiente imagen se muestra la composición de los muros de la envolvente térmica. Como dato, sabemos que el sumatorio de resistencias térmicas de todos los materiales del cerramiento es de 3,46 m²K/W.

Características del cerramiento

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior); Horizontales (Materiales ordenados de arriba a abajo)

Material	Grupo	R (m ² K...)	Espesor...	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	Cp (J/kgK)
Mortero de cemento ...	Morteros	0.011	0.02	1.8	2100	1000
MW Lana mineral [0.0...	Aislantes	2.963	0.12	0.0405	40	1000
Mortero de cemento ...	Morteros	0.006	0.01	1.8	2100	1000
1/2 pie LP métrico o c...	Fábricas de ladrillo	0.172	0.115	0.667	1140	1000
Cámara de aire sin ve...	Cámaras de aire	0.17	-	-	-	-
Tabique de LH sencillo...	Fábricas de ladrillo	0.09	0.04	0.445	1000	1000
Enlucido de yeso d < ...	Enlucidos	0.05	0.02	0.4	900	1000



$R_1 + \dots + R_n$
3.46 m²K/W

Figura 26: características muros envolvente térmica.

Fuente: Elaboración propia, CE3X

Por tanto, para realizar el cálculo de la transmitancia térmica, únicamente tenemos que invertir el sumatorio de resistencias térmicas.

$$R_t = 3.46 \frac{m^2K}{W} \quad (1)$$

$$U_t = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{3.46} \approx 0.29 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (2)$$

A sabiendas, que el valor límite máximo de transmitancias en los cerramientos es de 0,49 W/m²K, podemos decir que el tipo de cerramiento es correcto.

ANEXO 2: Análisis transmitancia en la envolvente térmica

FACHADAS:				SATE SIN C				SATE CON C modifi			
Elemento	Espesor (m)	Conductividad	Rt	Elemento	Espesor (m)	Conductividad	Rt	Elemento	Espesor (m)	Conductividad	Rt
Mortero cerm	0.02	1.8	0.01111111	Mortero cerm	0.02	1.8	0.01111111	Mortero cerm	0.02	1.8	0.01111111
Lana mineral	0.12	0.0405	2.96296296	Lana mineral	0.12	0.0405	2.96296296	Lana mineral	0.06	0.0405	1.48148148
Mortero cerm	0.01	1.8	0.00555556	Mortero cerm	0.01	1.8	0.00555556	Mortero cerm	0.01	1.8	0.00555556
1/2 pie LP métr	0.115	0.667	0.579	1/2 pie LP métr	0.115	0.667	0.579	1/2 pie LP métr	0.115	0.667	0.579
Cámara aire (sin)				Enlucido de y	0.02	0.4	0.05	Cámara aire (sin)			
Tabique LH s	0.04	0.445	0.08988764	Enlucido de y				Tabique LH s	0.04	0.445	0.08988764
Enlucido de y	0.02	0.4	0.05	Enlucido de y				Enlucido de y	0.02	0.4	0.05
Rtotal			3.60862963	Rtotal			0.2771135	Rtotal			2.21703579
Utotal			0.25845697					Utotal:			0.45105271
Utotal								Utotal:			0.49
<p>Con un mínimo de 6cm de espesor, me cumple el límite de transmitancia con CEM, tengo que ver desde 6 hasta 12cm de espesor, cuanto beneficia</p>											
MEDIANERA				Alt. 1							
Elemento	Espesor (m)	Conductividad	Rt	Elemento	Espesor (m)	Conductividad	Rt				
1/2 pie LP mé	0.115	0.667	0.17241379	1/2 pie LP mé	0.07	0.567	0.12345679				
mortero de ce	0.01	1.3	0.00769231	mortero de ce	0.01	1.3	0.00769231				
lana mineral	0.12	0.0405	2.96296296	lana mineral	0.05	0.0405	1.2345679				
cámara sin v			0.17	cámara sin v			0.15				
1/2 pie LP mé	0.04	0.667	0.05997001	1/2 pie LP mé	0.04	0.667	0.05997001				
enlucido de y	0.02	0.57	0.0508772	enlucido de y	0.01	0.57	0.01744386				
Rtotal			3.4081268	Rtotal			1.59323087				
Utotal			0.29344631	Utotal:			0.62785542				
PARTICION INTERIOR				TRASDOSADO							
Elemento	Espesor (m)	Conductividad	Rt	Elemento	Espesor (m)	Conductividad	Rt				
Enlucido de y	0.05	0.57	0.087193	Enlucido de y	0.05	0.57	0.087193				
1/2 pie gero	0.1	0.667	0.579	1/2 pie métr	0.08	0.45	0.1797528				
aislante lana	0.05	0.0405		Lana mineral	0.09	0.0405	2.22222222				
1/2 pie gero	0.1	0.667		placa de yeso	0.02	0.25	0.08				
Enlucido de y	0.05	0.57	0.087193	Rtotal			2.5697168				
Rtotal			0.35	Utotal:			0.38914794				
Utotal			1.32548892	Utotal:			0.7				
total e			0.24	total e			0.233				
total e			0.7	total e			0.60462047				
Utotal:			1.65393011	Utotal:			0.60462047				
Utotal:			0.7	Utotal:			0.7				

CUBIERTA						
Elemento	ce3x	Espesor (m)	Conductivida	Rt		
Grava	grava	0,1	2	0,05		
aislamiento	EPS	0,01	0,5	0,02		
membrana ir polietileno al		0,1	0,0375	2,66666667		
pendiente de mortero ceme		0,07	1,3	0,05384615		
forjado	FU entrevigac	0,3	1,22	0,24590164		
	yeso	0,015	0,3	0,05	Ulimite:	
				3,08641446	Utotal:	0,4
en fachada						
PILARES						
Enlucido					en medianera	
Pilar-hormigó					PILARES	
aislante (lana					Enlucido	
enlucido					Pilar-hormigó	
					SIN AISLANTE	
					1/2 pie LP mé	
					Ulimite:	Ulimite:
					0,30576167	0,4
					3,2705211	0,0375
					Utotal:	Utotal:
					0,07	0,567
					0,12345679	0,12345679
					0,39351493	2,54119965
						0,4

ANEXO 3: Resultados certificado energético caso estudio

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

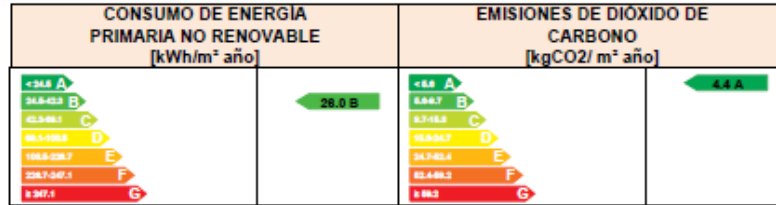
Nombre del edificio	Estudio Previo Promoción de viviendas en C/Huesca		
Dirección	C/Huesca, 20		
Municipio	Fraga	Código Postal	22520
Provincia	Huesca	Comunidad Autónoma	Aragón
Zona climática	C3	Año construcción	2020
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	CTE 2013		
Referencia/s catastral/es	7602904BG7070D0001AR		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:	
<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input checked="" type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Unifamiliar <input checked="" type="radio"/> Bloque <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> Bloque completo <input type="radio"/> Vivienda individual 	<input type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Edificio completo <input type="radio"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Laila Sampietro	NIF(NIE)	73214755M
Razón social	Estudio	NIF	
Domicilio	Avd. Aragón		
Municipio	Fraga	Código Postal	22520
Provincia	Huesca	Comunidad Autónoma	Aragón
e-mail:	lailasam98@gmail.com	Teléfono	699145066
Titulación habilitante según normativa vigente	Ingeniero		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:



El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 15/10/2020

Firma del técnico certificador

- Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.
- Anexo II. Calificación energética del edificio.
- Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.
- Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:

Fecha
Ref. Catastral

15/01/2021
7602904BG7070D0001AR

Página 1 de 7

ANEXO I DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m ²]	548.3
Imagen del edificio	Plano de situación
	

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Modo de obtención
PB- Fachada Sur	Fachada	15.76	0.28	Conocidas
P1- Fachada Sur	Fachada	15.76	0.28	Conocidas
P2- Fachada Sur	Fachada	15.76	0.28	Conocidas
P3- Fachada Sur	Fachada	15.76	0.28	Conocidas
P4- Fachada Sur	Fachada	15.76	0.28	Conocidas
PB- Fachada Sur-Interior	Fachada	5.32	0.28	Conocidas
P1- Fachada Sur-Interior	Fachada	5.32	0.28	Conocidas
P2- Fachada Sur-Interior	Fachada	5.32	0.28	Conocidas
P3- Fachada Sur-Interior	Fachada	5.32	0.28	Conocidas
P4- Fachada Sur-Interior	Fachada	5.32	0.28	Conocidas
PB- Fachada Norte	Fachada	24.04	0.28	Conocidas
P1- Fachada Norte	Fachada	24.04	0.28	Conocidas
P2- Fachada Norte	Fachada	22.12	0.28	Conocidas
P3- Fachada Norte	Fachada	25.48	0.28	Conocidas
P4- Fachada Norte	Fachada	25.48	0.28	Conocidas
PB- Fachada Este-Norte	Fachada	3.64	0.28	Conocidas
P1- Fachada Este-Norte	Fachada	3.64	0.28	Conocidas
PB- Fachada Este-Interior	Fachada	10.0	0.28	Conocidas
P1- Fachada Este-Interior	Fachada	10.0	0.28	Conocidas
P2- Fachada Este-Interior	Fachada	10.0	0.28	Conocidas
P3- Fachada Este-Interior	Fachada	10.0	0.28	Conocidas

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Modo de obtención
P4- Fachada Este-Interior	Fachada	4.48	0.28	Conocidas
PB- Fachada Este-Sur	Fachada	4.48	0.28	Conocidas
P1- Fachada Este-Sur	Fachada	4.48	0.28	Conocidas
P2- Fachada Este-Sur	Fachada	4.48	0.28	Conocidas
P3- Fachada Este-Sur	Fachada	4.48	0.28	Conocidas
PB- Fachada Oeste- Norte	Fachada	3.64	0.28	Conocidas
P1- Fachada Oeste- Norte	Fachada	3.64	0.28	Conocidas
PB- Fachada Oeste- Interior	Fachada	10.0	0.28	Conocidas
P1- Fachada Oeste- Interior	Fachada	10.0	0.28	Conocidas
P2- Fachada Oeste- Interior	Fachada	10.0	0.28	Conocidas
P3- Fachada Oeste- Interior	Fachada	10.0	0.28	Conocidas
P4- Fachada Oeste- Interior	Fachada	10.0	0.28	Conocidas
PB- Fachada Oeste-Sur	Fachada	2.8	0.28	Conocidas
P1- Fachada Oeste-Sur	Fachada	2.8	0.28	Conocidas
P2- Fachada Oeste-Sur	Fachada	2.8	0.28	Conocidas
P3- Fachada Oeste-Sur	Fachada	2.8	0.28	Conocidas
PB- Medianera Oeste	Fachada	46.3	0.00	
PB- Medianera Este	Fachada	46.3	0.00	
P1- Medianera Este	Fachada	40.7	0.00	
P1- Medianera Oeste	Fachada	40.5	0.00	
P1- Medianera/Fachada Este	Fachada	5.5	0.28	Conocidas
P1- Medianera/Fachada Oeste	Fachada	5.7	0.28	Conocidas
P2- Medianera Este	Fachada	29.6	0.00	
P2- Medianera Oeste	Fachada	24.28	0.00	
P2- Medianera/Fachada Este	Fachada	5.6	0.28	Conocidas
P2- Medianera/Fachada Oeste	Fachada	10.9	0.28	Conocidas
P3- Medianera/Fachada Este	Fachada	35.46	0.28	Conocidas
P3- Medianera/Fachada Oeste	Fachada	35.46	0.28	Conocidas
P4- Medianera/Fachada Este	Fachada	18.7	0.28	Conocidas
P4- Medianera/Fachada Oeste	Fachada	18.7	0.28	Conocidas
Partición interior inferior contacto NH	Partición Interior	151.0	0.34	Conocidas
Partición vertical	Partición Interior	214.2	0.40	Conocidas
Cubierta superior	Cubierta	126.0	0.21	Conocidas
Cubierta P4	Cubierta	22.0	0.21	Conocidas
Cubierta P2	Cubierta	36.6	0.21	Conocidas
P4- Fachada Oeste-Sur	Fachada	7.0	0.28	Conocidas
P4- Fachada Este-Sur	Fachada	7.0	0.28	Conocidas

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
VE1,VE2	Hueco	2.88	2.08	0.53	Conocido	Conocido
VE1, VE2	Hueco	2.88	2.08	0.53	Conocido	Conocido
VE1, VE2	Hueco	2.88	2.08	0.53	Conocido	Conocido
VI1,VI2	Hueco	12.6	1.92	0.14	Conocido	Conocido
VI1, VI2	Hueco	12.6	1.78	0.14	Conocido	Conocido

Fecha
Ref. Catastral

15/01/2021
7602904BG7070D0001AR

Página 3 de 7

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
VI1, VI2	Hueco	12.6	1.78	0.14	Conocido	Conocido
VI1, VI2	Hueco	12.6	1.78	0.12	Conocido	Conocido
VI1, VI2	Hueco	12.6	1.78	0.14	Conocido	Conocido
P1	Hueco	1.68	2.08	0.28	Conocido	Conocido
P1	Hueco	1.68	2.08	0.28	Conocido	Conocido
P1	Hueco	1.68	2.08	0.28	Conocido	Conocido
P2,P3	Hueco	3.36	2.08	0.53	Conocido	Conocido
VE1,VE2,VE3	Hueco	4.32	2.08	0.53	Conocido	Conocido
VE1,VE2,VE3	Hueco	4.32	2.08	0.53	Conocido	Conocido
P1	Hueco	1.68	2.08	0.28	Conocido	Conocido

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción, refrigeración y ACS	Bomba de Calor		427.0	Electricidad	Conocido
TOTALES	Calefacción				

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción, refrigeración y ACS	Bomba de Calor		399.0	Electricidad	Conocido
TOTALES	Refrigeración				

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)	672.0
--	-------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción, refrigeración y ACS	Bomba de Calor		450.0	Electricidad	Conocido
TOTALES	ACS				

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	C3	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES				
	4.4 A	CALEFACCIÓN		ACS	
	Emisiones calefacción [kgCO ₂ /m ² año]	A	Emisiones ACS [kgCO ₂ /m ² año]	C	
		1.78		1.76	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Emisiones globales [kgCO ₂ /m ² año]	A	Emisiones refrigeración [kgCO ₂ /m ² año]		Emisiones iluminación [kgCO ₂ /m ² año]	-
		0.87		-	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico	4.40	2411.66
Emisiones CO ₂ por otros combustibles	0.00	0.00

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES				
	26.0 B	CALEFACCIÓN		ACS	
	Energía primaria calefacción [kWh/m ² año]	A	Energía primaria ACS [kWh/m ² año]	E	
		10.49		10.37	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m ² año]	A	Energía primaria refrigeración [kWh/m ² año]		Energía primaria iluminación [kWh/m ² año]	-
		5.11		-	

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
22.9 C	10.4 C
Demanda de calefacción [kWh/m ² año]	Demanda de refrigeración [kWh/m ² año]

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

Fecha 15/01/2021
Ref. Catastral 76029048G7070D0001AR

Página 5 de 7

ANEXO 4: Planos del proyecto

CUADRO DE SUPERFICIES

PLANTA BAJA/PRIMERA

PISO A	2 Dormitorios	77 m ²
PISO B	2 Dormitorios	77 m ²
NUCLEOS		13,6 m ²
BALCÓN 1 (1/2)		3,4 m ²
BALCÓN 2 (1/2)		3,8 m ²
BALCÓN 3 (1/2)		2,6 m ²
BALCÓN 4 (1/2)		2 m ²

TOTAL CONSTRUIDA/PLANTA
180 m²

TOTAL CONSTRUIDA (PB+P1)
360 m²

CUADRO DE SUPERFICIES

PLANTA SEGUNDA/TERCERA

PISO A	2 Dormitorios	66,5 m ²
PISO B	1 Dormitorio	52,9 m ²
NUCLEOS		13,6 m ²
BALCÓN 1 (1/2)		3,4 m ²
BALCÓN 2 (1/2)		3,8 m ²

TOTAL CONSTRUIDA/PLANTA
140,2 m²

TOTAL CONSTRUIDA (P2+P3)
280,4 m²

CUADRO DE SUPERFICIES

PLANTA CUARTA

PISO A	2 Dormitorios	51,5 m ²
PISO B	1 Dormitorio	51,5 m ²
NUCLEOS		13,6 m ²

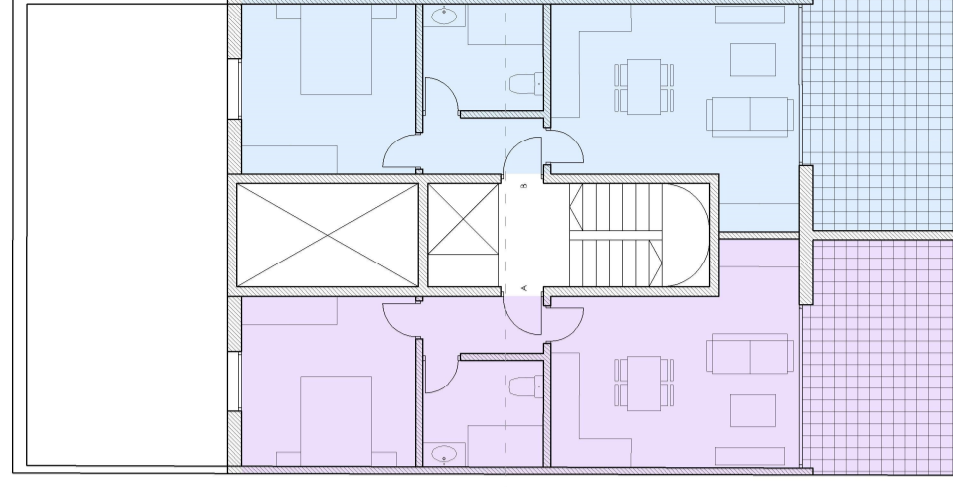
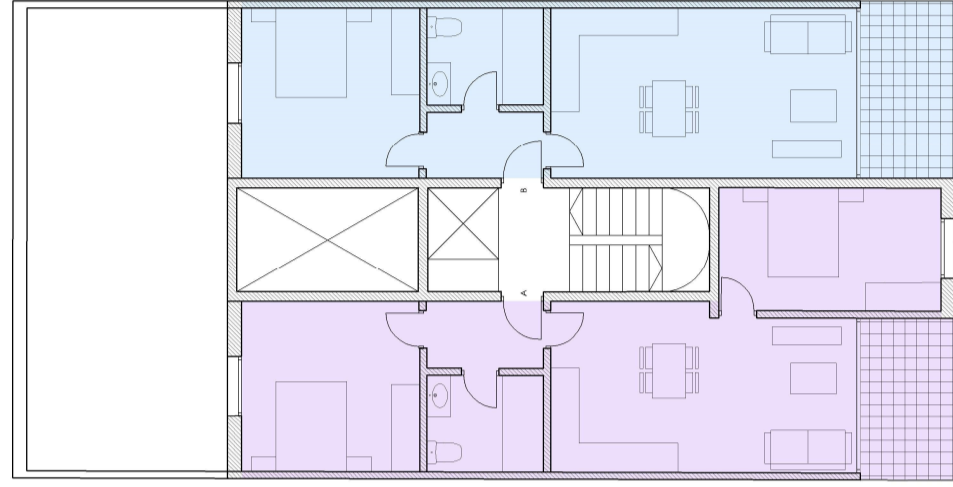
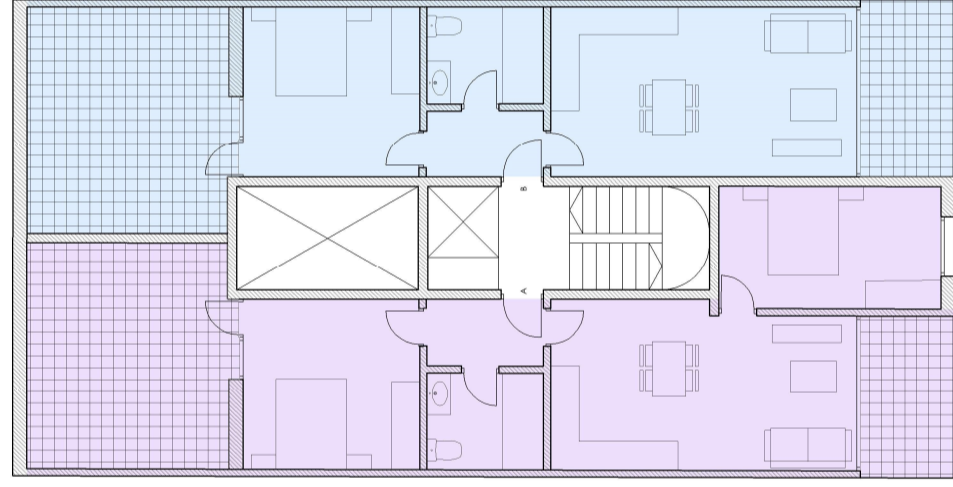
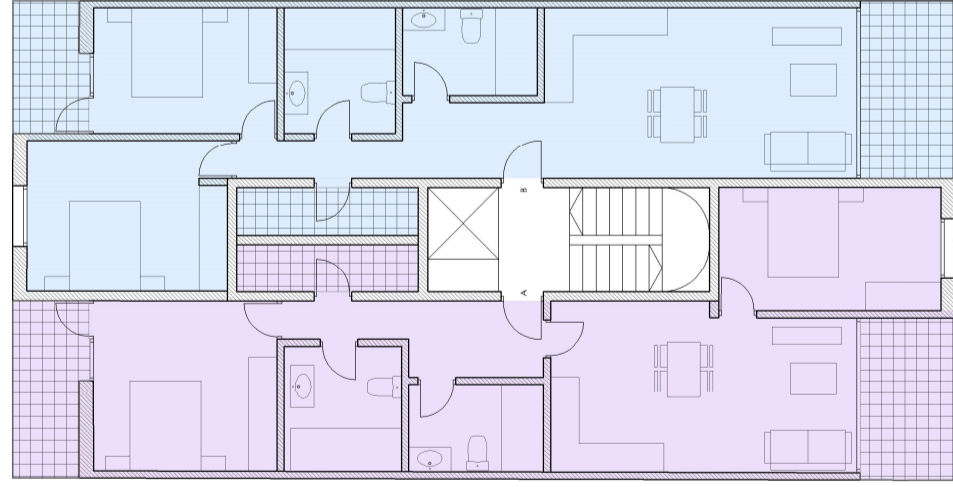
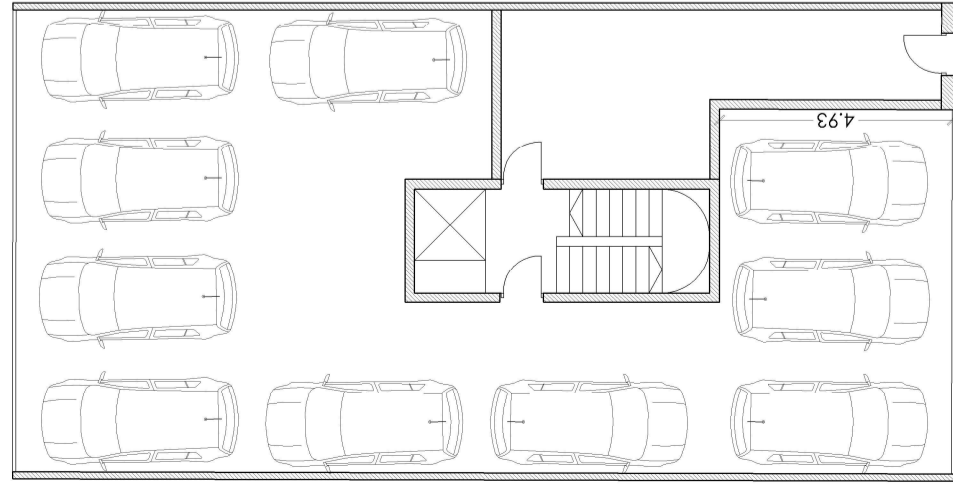
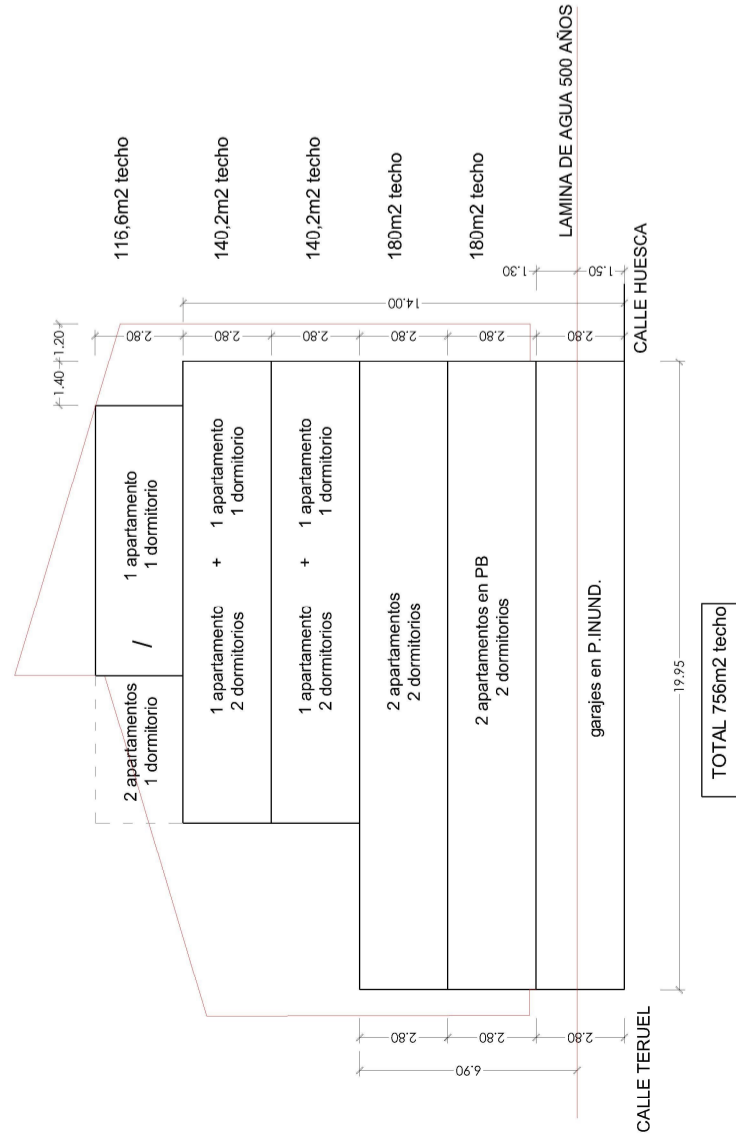
TOTAL CONSTRUIDA
116,6 m²

CUADRO DE SUPERFICIES

SUPERFICIE TOTAL

PLANTA BAJA	180 m ²
PLANTA PRIMERA	180 m ²
PLANTA SEGUNDA	140,2 m ²
PLANTA TERCERA	140,2 m ²
PLANTA CUARTA	116,6 m ²
TOTAL CONSTRUIDA	757 m²

TOTAL	6 Apartamentos 2 Dormitorios
	4 Apartamentos 1 Dormitorio
	10 Apartamentos



PROYECTO
ESTUDIO PREVIO PROMOCIÓN DE VIVIENDAS EN C/HUESCA
EMPLAZAMIENTO
CALLE HUESCA núm 20, 22520 FRAGA (HUESCA)

PROMOTOR

FECHA
ENERO 2021

ESCALA
S.E.

PLANO

ESTUDIO DE APROVECHAMIENTO
URBANÍSTICO

Nº PLANO

V1