

MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
DISTRICT HEATING AMOREBIETA-ETXANO

Alumno: Llona Agirre, Gontzal

Director: Esteban Alcalá , Gustavo Adolfo

Curso académico: 2018-2019

Departamento de Ingeniería Nuclear y Mecánica de Fluidos

Bilbao, 27 de mayo de 2019

RESUMEN

En este documento se propone un sistema de calefacción central para todo un barrio, mediante la combinación de energías renovables y tradicionales, aprovechando así las características de cada una. El lugar propuesto para el desarrollo del proyecto es el barrio de Jauregizahar, en Amorebieta-Etxano, que ha sido seleccionado tanto por su localización, como por su forma. El sistema de calefacción propuesto es el denominado District Heating, que con una única sala de calderas, dará servicio de calefacción y agua caliente sanitaria a cada vivienda del barrio.

El proyecto se centra en el cálculo de la demanda, para el posterior dimensionamiento y justificación de los equipos necesarios para calefactar y abastecer de agua caliente los puntos requeridos. Así como en el cálculo de otro tipo de trabajos requeridos para poder llevar a cabo la obra en su totalidad.

Una vez concluida la solución técnica, se va a estudiar su viabilidad económica, vital para cualquier proyecto de ingeniería. De esta forma, se podrá demostrar si el proyecto tiene validez real o no.

LABURPENA

Dokumentu honetan berokuntza sistema zentralizatu bat proposatzen da auzo batentzako, energia berristagarrien eta ohikoen konbinazio bidez, modu nohetan bakoitzaren ezaugarriak hobeto aprobetxatzeko. Proposatutako gunea proiektuaren garapenerako Jauregizahar auzoa da, Amorebieta-Etxanon, aukeratuta izan dana bai bere kokalekuagaitik, zein bere itxuragaitik. Proposatutako berokuntza sistema District Heating delakoa da, galdara-gela bakar baten bitartez auzo guztiaren berokuntza eta ur bero zerbitzuaren hornikuntzaz arduratuko dena.

Proiektua, ur beroaren eskaeraren kalkuluan zentratzen da, auzoaren berokuntzarako eta ur beroaren hornikuntzarako beharrezkoa den ekipamenduaren dimentsionamendu eta justifikazioa lortzeko. Era berean, proiektu osoa aurrera ateratzeko beharrezkoak diren gainerako lanen kalkuluen justifikazioak egiten dira baita.

Soluzio teknikoa amaitu ondoren, bideragarritasun ekonomikoa aztertuko da, edozein ingeniaria proiekturako nahitaezkoa dena. Modu honetan frogatuko da proiektua baliozkoa den ala ez.

ABSTRACT

In this document, it is proposed a central heating system, with the combination of renewable and traditional energy, taking advantage that way of the main characteristics of each of them. The proposed place to carry out the project is the neighbourhood called Jaurizahar auzoa, in Amorebieta-Etxano, that has been selected because of its location and shape. The suggested heating system is the so called District Heating, which by means of just a machine room it is going to supply the neighbourhood's heating and hot water needs.

The main objective of the project is to calculate the demand, to evaluate and justify the equipment needed for the heating and supply of the water. Any other works required to finish the whole project are also going to be calculated.

Once the technical solution is concluded, it is going to be analyzed the economical viability, which is required for every engineering project. This way, it is going to be demonstrated if the project is acceptable or not.

Índice general

	Página
Resumen	5
Laburpena	5
Abstract	5
1. Introducción	11
2. Contexto	12
3. Objetivos y alcance	14
4. Beneficios del proyecto	15
5. Estado del arte	17
5.1 Evolución del consumo energético	18
5.2 Previsión de la evolución del consumo energético	21
5.3 Consumo energético por fuentes	22
6. Análisis de alternativas	25
7. Análisis de riesgos	30
8. Metodología	31
8.1 Descripción de tareas y procedimientos	31
8.2 Diagrama de Gantt	35
9. Descripción de la solución. Diseño	37
9.1 Central de generación	37
9.1.1 Cálculo de las cargas térmicas	37
9.1.2 Cálculo de la demanda de ACS	55
9.1.3 Dimensionamiento de las calderas	61
9.2 Enganche en la vivienda	64
9.2.1 Calefacción	68
9.2.2 ACS	78
9.3 Red de distribución	85

9.3.1 Cálculo de características	86
9.3.2 Pérdidas de calor y aislamiento	91
9.3 Dimensionamiento de los equipos	94
10. Aspectos económicos	106
10.1 Presupuesto	106
10.2 Análisis de la rentabilidad	108
11. Conclusiones	111
ANEXO	115

Índice de figuras

1.	Consumo energético mundial entre 1800 - 2000	18
2.	Consumo energético mundial entre 2000 - 2018	20
3.	Consumo energético en España entre 2000 - 2018	21
4.	New Policies Scenario, NPS	22
5.	Sustainable Development Scenario, SDS	22
6.	Energía primaria mundial por fuentes	23
7.	Consumo energía primaria mundial para la generación de electricidad	23
8.	Energía primaria en España por fuentes	24
9.	Consumo energía primaria en España para la generación de electricidad	24
10.	Ventajas y desventajas de la biomasa	27
11.	Ventajas y desventajas de la energía solar	28
12.	Ventajas y desventajas de la aerotermia	28
13.	Ventajas y desventajas de la geotermia	28
14.	Ejemplo de un esquema creado con el EPANET	33
15.	Fases y número de viviendas	39
16.	Áreas de las viviendas	40
17.	Esquema simplificado del muro exterior	42
18.	Áreas A_{iu} y A_{ue}	43
19.	Esquema psicométrico a nivel de mar, 1atm	51
20.	Caldera de biomasa Ferroli, Ares 950	62
21.	Caldera de gas Ferroli, Prextherm RSW N GN-GP 2S-M	63
22.	Esquema de las distribuciones de tuberías y nodos	65
23.	Esquema básico de los bloques	66
24.	Detalle de intercambio de calor en la subestación	67
25.	Esquema del ACS en los bloques	78
26.	Esquema del mallado 1	86
27.	Esquema del mallado 2	88
28.	Esquema de la canalización	91
29.	Curva característica Fase 1, calefacción	95
30.	Curva característica Fase 1, ACS	95
31.	Curva característica Fase 2, calefacción	96
32.	Curva característica Fase 2, ACS	96
33.	Curva característica Fase 3A, calefacción	97
34.	Curva característica Fase 3A, ACS	97
35.	Curva característica Fase 3B, calefacción	98
36.	Curva característica Fase 3B, ACS	98

37.	Curva característica anillo1	99
38.	Curva característica anillo1	100
39.	Intercambiador de placas	101
40.	Vaso de expansión BAXI VASOFLEX	102
41.	Acumulador LAPESA MVV6000 RB	104
42.	Silo de biomasa LASIAN 525/12	105

Índice de cuadros

1.	Producción de crudo en EEUU a finales del siglo XIX	19
2.	Localización	38
3.	Condiciones exterior	38
4.	Condiciones interior	38
5.	Resistencias térmicas superficiales $\frac{m^2 K}{W}$	41
6.	Cálculo resistencia muro exterior	42
7.	Cálculo resistencia muro interior	43
8.	Niveles de estanqueidad	44
9.	Valores para el coeficiente b	44
10.	Cálculo resistencia forjados	45
11.	Cálculo resistencia azoteas	45
12.	Cálculo resistencia suelos	46
13.	Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores $U (\frac{W}{m^2 K})$	47
14.	Comparación de la transmitancia térmica máxima $(\frac{W}{m^2 K})$	47
15.	Coefficientes de orientación	48
16.	Valores de extracción de aire en viviendas	49
17.	Cargas internas para una vivienda de 3 personas	52
18.	Valores para la absortividad del marco, α	53
19.	Valores para el factor de sombra del hueco, F_s	53
20.	Valores de los diferentes coeficientes	54
21.	Valores de los diferentes coeficientes	54
22.	Cálculo de los caudales por elemento para viviendas	55
23.	Cálculo de los caudales por elemento en una vivienda	56
24.	Coefficientes A, B y C para una vivienda	56
25.	Valores para una acumulación del 30 %	58
26.	Valores para una acumulación del 40,44 %	59
27.	Valores para una acumulación del 50 %	59
28.	Valores para una acumulación del 100 %	59
29.	Valores para una acumulación del máximo %	60
30.	Resumen de las relación entre volúmenes y potencias %	60
31.	Características caldera de biomasa	62
32.	Características caldera de biomasa	63
33.	Caudales y diámetros vivienda tipo, fase 1	69
34.	Caudales y diámetros montante, fase 1	69
35.	Caudales y diámetros vivienda tipo, fase 2	70
36.	Caudales y diámetros montante, fase 2	70

37.	Caudales y diámetros viviendas portal A, fase 3	71
38.	Caudales y diámetros viviendaa portal B, fase 3	72
39.	Caudales y diámetros montante portal A, fase 3	73
40.	Caudales y diámetros montante portal B, fase 3	73
41.	Pérdidas de carga de calefacción en viviendas	75
42.	Diámetros de aislamiento por diámetro de tubería.	77
43.	Pérdidas de calor de las montantes.	77
44.	Tabla diámetros interiores, material termoplástico UNE- EN ISO, serie 3.2 .	79
45.	Tabla pérdidas de carga, material termoplástico UNE- EN ISO, serie 3.2 . .	80
46.	Cálculos pérdidas de carga primarias en ACS, ,comparación entre métodos (m)	81
47.	Pérdidas de carga para el ACS (m)	81
48.	Tabla pérdidas de calor, material termoplástico UNE- EN ISO, serie 3.2 . . .	82
49.	Pérdidas de calor en las tuberías de ACS por fases	82
50.	Caudales en la recirculación, según el CTE HS 4.	83
51.	Relación entre diámetro de tubería y caudal de recirculación de ACS	83
52.	Diámetros tuberías de recirculación de ACS, fase 1	84
53.	Presiones y demandas del mallado 1	87
54.	Velocidades, diámetros y pérdidas de carga del mallado 1	87
55.	Curva característica bomba mallado 1	87
56.	Presiones y demandas del mallado 2	89
57.	Velocidades, diámetros y pérdidas de carga del mallado 2	90
58.	Curva característica bomba mallado 2	91
59.	Espesor aislamientos según diámetros	93
60.	Pérdidas de calor en tuberías enterradas según diámetros	93
61.	Características técnicas SUICALSA IC2622B08	101
62.	Características técnicas SUICALSA IC2623B08	101
63.	Características técnicas VASOFLEX 140	103
64.	Características técnicas VASOFLEX 200	103
65.	Características técnicas VASOFLEX M 1000	103
66.	Características técnicas acumulador LAPESA MVV6000 RB	104
67.	Características de silo de biomasa LASIAN 525/12	105
68.	Coste material de obra.	106
69.	Coste material de obra.	107
70.	Coste material de administración.	107
71.	Coste mano de obra.	107
72.	Coste final	108
73.	Comparación del consumo de energía en un año.	109
74.	Comparación del precio del consumo energético en un año.	109
75.	Valores VAN y TIR.	109
76.	Pérdidas de carga primaria en viviendas, fase 1	116
77.	Pérdidas de carga primaria en viviendas, fase 2	117
78.	Pérdidas de carga primaria en viviendas, portal A, fase 3	118
79.	Pérdidas de carga primaria en montantes, portal A, fase 3	119
80.	Pérdidas de carga primaria en viviendas, portal B, fase 3	120
81.	Pérdidas de carga primaria en montantes, portal B, fase 3	121
82.	Pérdidas de carga secundaria en viviendas, fase 1	122

83.	Pérdidas de carga secundarias en viviendas, fase 2	123
84.	Pérdidas de carga secundarias en viviendas, portal A, fase 3	124
85.	Pérdidas de carga secundarias en viviendas, portal B, fase 3	125
86.	Caudales y dimensiones de tuberías de ACS en los bloques, fase 1.	126
87.	Caudales y dimensiones de tuberías de ACS en los bloques, fase 2.	127
88.	Caudales y dimensiones de tuberías de ACS en los bloques, fase 3.	128
89.	Pérdidas de carga primaria en viviendas, metodo 1, fase 1	129
90.	Pérdidas de carga primaria en viviendas, metodo 2, fase 1	129
91.	Pérdidas de carga primaria en viviendas, metodo 1, fase 2	130
92.	Pérdidas de carga primaria en viviendas, metodo 2, fase 2	130
93.	Pérdidas de carga primaria en viviendas, metodo 1, fase 3	131
94.	Pérdidas de carga primaria en viviendas, metodo 2, fase 3	131
95.	Pérdidas de carga secundarias en viviendas, fase 1	132
96.	Pérdidas de carga secundarias en viviendas, fase 2	133
97.	Pérdidas de carga secundarias en viviendas, fase 3	134
98.	Pérdidas de calor en viviendas, ACS fase 1	135
99.	Pérdidas de calor en viviendas, ACS fase 2	135
100.	Pérdidas de calor en viviendas, ACS fase 3	135

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como objeto la implantación de un sistema centralizado de abastecimiento de calefacción y agua caliente para el barrio de Jauregizahar, en Amorebieta-Etxano.

El proyecto se divide en diferentes apartados, tal y como se explica a continuación, para una mejor comprensión del mismo.

En primer lugar se analizará el contexto del proyecto en su totalidad, es decir, el ámbito y los rasgos generales del mismo. Una vez estudiado el contexto, se analizarán los objetivos y el alcance, que son los objetivos del propio proyecto o que se pretende conseguir. (A continuación se estudiarán los beneficios derivados del trabajo hecho, las aportaciones positivas que pueda proveer el proyecto). El estado del arte, define el sector en el que se encuentra el proyecto estudiado, dentro del ámbito de proyectos de ingeniería.

Después, se procederá a la descripción de la solución principal dada, así como de las posibles alternativas. Una vez analizado las diferentes soluciones se compararán con la principal, para ver las ventajas, desventajas y los riesgos que implican cada una de ellas.

En el apartado de la metodología, se expondrán tanto los elementos necesarios para llevar a cabo el proyecto, como la planificación del mismo, mediante un diagrama de Gantt. Así mismo, se justificarán todos los pasos dados anteriormente mediante cálculos, para poder analizar en profundidad las conclusiones.

Finalmente, como en cualquier trabajo de ingeniería se expondrá el presupuesto final y un análisis de la rentabilidad del mismo.

2.CONTEXTO

El proyecto se encuentra dentro del ámbito energético, al tratarse de un sistema de calefacción. En cuanto se refiere a la calefacción del hogar, se pueden encontrar diversos sistemas, como pueden ser calderas individuales, calderas comunitarias, calefacciones eléctricas... teniendo a su vez cada una de ellas multitud de variantes. Para tener una idea de la amplitud de los catálogos disponibles, hay que tener en cuenta que se pueden diferenciar tanto por el tipo de tecnología utilizada (calderas de baja temperatura, calderas de condensación...) como por el tipo de energía utilizada, es decir, gas natural, gasoil, biocombustible...

Como ya se ha comentado anteriormente, en este proyecto en concreto, el sistema de calefacción utilizado es un sistema de calefacción centralizado. A este tipo de sistemas, se le denomina como District heating cuando hay mas de un bloque de viviendas implicado y por lo tanto es necesaria la distribución del agua caliente entre los mismos.

Un District Heating o Calefacción urbana, tiene como objeto calentar un conjunto de viviendas o comercios, siendo en este caso en concreto viviendas. La particularidad de este tipo de sistemas es que el calor generado, en forma de agua caliente, se reparte por medio de tuberías subterráneas, teniendo ciertas similitudes con un sistema de abastecimiento de aguas. Para llevar a cabo este proceso, consta de tres componentes principales: Central de generación de calor, red de abastecimiento y subestación de transmisión térmica.

La central de generación de calor dispone de multitud de elementos, como se explicará detalladamente más adelante, que sirven para calentar el agua que será utilizada en las viviendas. El equipo más importante de la central es la caldera, que mediante la combustión controlada del combustible deseado, transmite el calor generado en la reacción al agua. Este agua una vez calentado a la temperatura requerida, unos 80 °C para calefacción, pasa a la red de abastecimiento.

La red de abastecimiento es la encargada de transportar el agua caliente desde la central a cada una de las tomas de las viviendas. Los elementos más importantes son las bombas, que se encargan de darle la presión necesaria al agua para el transporte, aunque hay multitud de elementos como tuberías, válvulas, aislantes... que también son necesarios y que se detallarán posteriormente. Una vez el agua caliente llega a la toma del edificio (subestación), mediante un intercambiador de calor se transmite el calor al siguiente circuito, retornando el agua con un menor calor a la caldera para repetir el proceso.

Finalmente el agua llega a la subestación de la vivienda, para ser finalmente utilizada en un circuito cerrado para calefactar el recinto.

Como se ha comentado, la generación de calor ocurre en las calderas que están en la central, por lo tanto el combustible utilizado dependerá del tipo de caldera. Los combustibles más

típicos son los fósiles (gasoil y gas natural en su mayoría), aunque también existen de biomasa, geotérmicas, solares e incluso nucleares. También son utilizadas diferentes combinaciones, de diferentes combustibles, aprovechando así ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

Un caso típico de combinación de diferentes combustibles es la combinación de biomasa y combustible fósil (caso concreto de este proyecto), donde la mayoría de la energía la va a generar la biomasa, y la caldera de gas le servirá de apoyo para los días de mayor necesidad y para absorber las puntas de la demanda. Hay otras muchas combinaciones posibles, como la nuclear y gas, solar y gas... donde normalmente el gas o gasoil son las utilizadas como energía de apoyo, ya que pueden encenderse y apagarse más fácil que el resto de calderas.

Es también interesante comentar que la calefacción urbana consigue unos rendimientos de energía muy altos, sobre todo cuando en la misma central se aprovecha para generar electricidad y calor. Este tipo de sistemas de cogeneración son lo que mejor rendimiento consiguen.

3.OBJETIVOS Y ALCANCE

El principal objetivo de este proyecto es el diseño de un sistema de calefacción central, que abastezca a todo un barrio. Al ser un sistema no muy utilizado, una parte importante del propio proyecto es el desarrollo del mismo y la comparación con otros sistemas más usuales, como pueden ser la calefacción central por bloques o la calefacción individual. Obviamente este proyecto se sitúa en el ámbito energético, por lo que mas adelante, en el punto 5, se explicará más detalladamente el sector en el que se incluye.

Otro de los aspectos que definen este proyecto es el tipo de fuentes de energía primaria utilizada. Una de las novedades de este sistema es la combinación de energía renovable con energía tradicional o fósil. De esta forma, ambos sistemas se complementan, ya que la biomasa es la que aporta el grueso de la energía y el gas natural controla las fluctuaciones de la demanda. La primera, tiene la ventaja de que es una fuente de energía renovable, menos agresiva con el medio ambiente, aunque las calderas no pueden apagarse y encenderse continuamente, por lo que necesitan de un sistema secundario. La segunda sin embargo, el gas natural, es una energía que es fácilmente distribuible y la calderas se apagan y encienden fácilmente, por lo que es ideal para acoplarse a un sistema que tienen una gran inercia como las calderas de biomasa. La compenetración entre ambos sistemas es una de las claves de este proyecto.

En un proyecto de ingeniería no podía faltar el factor económico. Una de las grandes ventajas de los dos sistemas ya descritos es que economicamente resultan rentables. El precio de la biomasa es considerablemente bajo, con un precio de 180€la tonelada y un poder calorífico de 4000 kcal/kg de media, obtenemos un precio de alrededor de 0,039€/kWh. El gas natural se situa en 0,05 €/kWh aproximadamente, siendo también una fuente muy económica comparando con otras (electricidad 0,13 €/kWh de media). La biomasa resulta mejor, aunque presenta el problema técnico de las grandes inercias, de ahí la combinación de ambas, resultando así más económico.

Finalmente, se va a analizar la viabilidad económica de todo el proyecto en sí, teniendo en cuenta el consumo, recursos y sistemas utilizados.

4. BENEFICIOS DEL PROYECTO

Los beneficios que aporta el proyecto son todos aquellos aspectos que inciden en algún ámbito del propio proyecto, y que repercuten de manera beneficiosa. Es decir, en qué áreas puede ser beneficioso el proyecto. A continuación se van a enumerar y analizar brevemente las distintas áreas a estudiar y las aportaciones hechas a cada una de ellas.

Al tratarse de un proyecto de ingeniería, obviamente la economía tiene una importancia fundamental en el desarrollo del mismo. El que el combustible utilizado sea una combinación entre combustible fósil y renovable genera unos beneficios medioambientales. Finalmente, se van a comentar los beneficios sociales que puede implicar un proyecto de este tipo.

Como se ha comentado en el apartado anterior, una de las grandes ventajas del sistema mixto, es que las dos fuentes de energía mencionadas son económicamente rentables. En un district heating, donde hay que calentar grandes cantidades de agua, la cantidad de energía requerida es muy considerable, por lo que un pequeño ahorro en el precio del mismo, repercute enormemente en la economía. Hay que tener en cuenta también, que el precio de los equipos utilizados, en especial las calderas de biomasa, tienen un coste inicial superior a unas calderas de un combustible más convencional, lo que supone una alta inversión inicial. Con todo esto, hay que analizar, como se verá más adelante, con la inversión inicial si resulta rentable el proyecto y cuánto se tardará en amortizarlo.

Otro de los aspectos fundamentales a tener en cuenta es el impacto medioambiental. Uno de los principales motivos de utilizar un combustible alternativo a los fósiles es la reducción de la contaminación producida por los mismos.

La biomasa es un tipo de energía con unas emisiones directas muy bajas de CO₂, por lo que resulta interesante para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. En el punto 5.3 se analiza con mayor detalle las emisiones de este tipo de energía.

El gas natural por su parte, es un tipo de energía de origen fósil, pero resulta más ecológica en cuanto a emisiones de gases de efecto invernadero que otros tipos de combustibles. El carbón es la más contaminante de las fuentes, pero al no utilizarse para sistemas de calefacción se comparará únicamente con aquellas fuentes que sí son utilizadas con este fin, como el gasóleo, los GLP (Gas Licuado del Petróleo) o la electricidad. Según diferentes estudios hechos a nivel europeo, el gas natural produce un 20 % menos de emisiones que el gasóleo [1], igualando a los GLP. El estudio muestra también que las emisiones eléctricas son notablemente superiores al GLP en Europa oriental y considerablemente inferiores en Europa occidental [1]. Por lo tanto, con unas huella de CO₂ relativamente baja y unido eso a un gran rendimiento de las calderas, el gas natural se convierte en un excelente combustible para la calefacción.

Al ser un proyecto de ingeniería dentro del ámbito de la calefacción y agua caliente para el hogar, se ve afectado al confort y la calidad de vida de las personas, por lo que se puede hablar de beneficios sociales. Todos estos sistemas implican una notable mejora en la calidad

de vida, volviéndose indispensables en algunas zonas donde la climatología es adversa. Hay que tener en cuenta, que una mejora económica y ambiental, revierte también en el ámbito social.

5. ESTADO DEL ARTE

El objetivo del proyecto es el de calefactar un conjunto de hogares, mediante un sistema denominado como District Heating. Este sistema consiste en una calefacción central, pero con la particularidad de que no es únicamente para un edificio, si no para todo un barrio, de ahí es término "District". Por lo tanto, un District Heating consta de una sala de calderas centralizada, en la que, mediante un conjunto de calderas se le aporta calor al agua, que será enviada a cada una de las viviendas mediante una impulsión. De esta forma, el agua calentada en la sala de calderas, es utilizada tanto para calefacción como para el uso de ACS. Hay diferentes variantes de District Heating, ya sea según el tipo de combustible, el tipo de bombeo, el número de tuberías en distribución etc. Según el tipo de combustible, puede ser un sistema mixto como el que se ha comentado anteriormente; mixto entre energía solar y un combustible fósil; o simplemente con una única fuente de energía, ya sea fósil o renovable. Según la última normativa, en los edificios nuevos y rehabilitaciones, una parte de la energía debe obtenerse de una fuente de energía renovable, por lo que los alimentados únicamente con energía fósil no pueden hacerse hoy en día, siendo cierto que tampoco es de obligatorio cumplimiento quitar los sistemas que ya existen.

Según el tipo de bombeo puede ser de caudal fijo o variable, dependiendo del tipo de bombas instaladas. En el caso de caudal fijo, la bomba tiene dos posiciones, activada o no activada, en el segundo caso, sin embargo se puede variar la velocidad de la bomba, consiguiendo así diferentes caudales. De esta forma, las bombas de caudal variable tienen un mayor rango de trabajo, lo que puede suponer una ventaja en un proyecto en el que la demanda de agua fluctúa.

En cuanto al número de tuberías para la red de distribución, hay tanto de tres tubos como cuatro tubos, como se explicará más en detalle en el punto 6.

Al ser un sistema de calefacción, se encuentra dentro del sector energético. Para entender el proyecto en su totalidad, es interesante analizar en primer lugar el estado energético tanto a nivel nacional como global. Para ello se van a analizar la demanda energética y el tipo de fuentes energéticas utilizadas, siendo estas una combinación entre renovables y térmicas para el caso que nos ocupa.

La energía se ha vuelto imprescindible en la sociedad moderna. Ya sea para transporte, alimentación, entretenimiento, transporte o para el hogar, el uso de la energía, ya sea directa o indirectamente se ha vuelto vital. Esta dependencia energética ha ido aumentando desde la revolución industrial, alcanzando su pico en la actualidad. Según informes de la Agencia Internacional de la Energía, la Comisión Europea o el Departamento de Energética de Estados Unidos, la demanda energética continúa aumentando, siendo la fuente energética más utilizada los combustibles fósiles. Esta situación plantea el problema de que en un mundo donde el número de habitantes sigue aumentando y los recursos son limitados, si se podrá

mantener el equilibrio entre lo producido y la demanda.

Para poder entender la situación energética tanto a nivel global como nacional, en primer lugar hay que analizar cual ha sido la evolución del consumo de energía hasta la fecha y que previsión futura hay. Después, se analizará el consumo de las diferentes fuentes de energía primarias y el papel que juega cada una de ellas, profundizando mas en las fuentes primarias que nos ocupan para este proyecto en concreto.

5.1 EVOLUCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO

En primer lugar hay que definir tres conceptos básicos asociados al consumo de energía: energía primaria, energía final y energía útil. La energía primaria es la energía que se consigue de la naturaleza, la fuente de energía, como por ejemplo el gas natural. La energía final es la energía adaptada para consumo, es decir, la obtenida después de manipular la fuente primaria, por ejemplo: la electricidad obtenida en una central, quemando gas como combustible. Finalmente la energía útil es la energía que se utiliza en el destino, por ejemplo: el calor obtenido en la cocina de una vivienda usando electricidad. Por lo tanto, la energía potencial de los recursos sería la primaria, la medición del punto de consumo, la final y la aprovechada, la útil.

Por lo tanto, el consumo de energía es el gasto que se hace de las fuentes primarias, que puede ser medido tanto como energía primaria, como final.

Para analizar la evolución que ha tenido el consumo de energía a nivel mundial, se va a dividir en dos etapas: 1800-2000 y 2000-2018, figura 1. El interés de dividirlo en dos etapas es diferenciar la era de cambio desde la revolución industrial, hasta la situación actual.

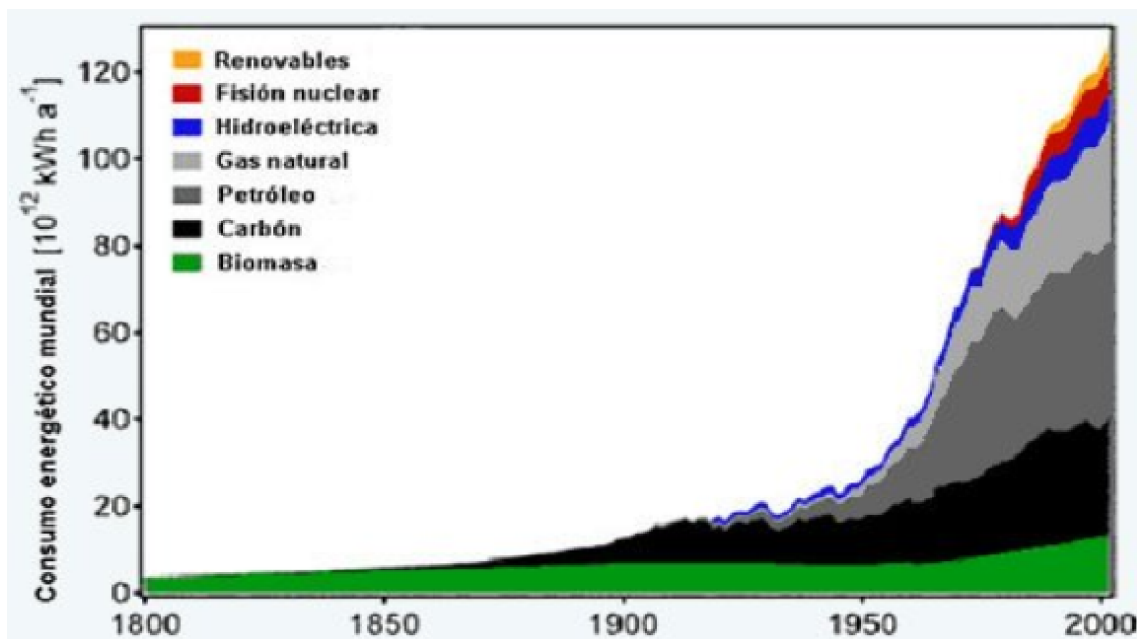


Figura 1: Consumo energético mundial entre 1800 - 2000

La figura anterior muestra el consumo de la energía primaria desde 1800 hasta el año 2000. Como se ha comentado, la revolución industrial ocurrió a mediados del siglo XIX, y como se aprecia en el gráfico, hasta el momento la única fuente de energía era el biocombustible. La madera y el carbón de origen vegetal eran los materiales más utilizados como fuente de calor hasta la instauración en la industria de la máquina de vapor de James Watt (creada en 1765), que requería de un combustible con una mayor potencia calorífica. El carbón mineral es un combustible con una gran potencia calorífica y que se podía encontrar en abundancia en los montes de Europa, donde estaba ocurriendo la revolución industrial, por lo que se convirtió en el combustible idóneo y por lo tanto el más utilizado hasta la segunda mitad del siglo XX.

En el año 1886 Nikolaus Otto patentó el motor de combustión interna en cuatro tiempos. Este tipo de motores requería de otro tipo de combustible, por lo que los derivados del petróleo irrumpieron en el mercado a finales del siglo XIX y principios XX. Pero el fuel-oil se corona como el combustible más utilizado, manteniéndose así aún hoy en día, cuando Ford saca al mercado el famoso modelo "T", normalizando así el uso de los primeros automoviles.

Como se aprecia en la tabla 1, la producción de petróleo aumentó drásticamente en la época comentada, convirtiéndose en unos pocos años un combustible indispensable, sobre todo para el transporte.

Año	Volumen
1859	2.000 barriles
1869	4.215.000 barriles
1879	19.914.146 barriles
1889	35.163.513 barriles
1899	57.084.428 barriles
1906	126.493.936 barriles

Cuadro 1: Producción de crudo en EEUU a finales del siglo XIX

En cuanto al gas natural, no se desarrolla la tecnología para poder transportarlo a distancias de cierta longitud, mas de 100 km, hasta finales del siglo XX. De esta forma, su desarrollo es más tardío que el del petróleo, empezando a construirse los primeros gaseoductos en 1927 en Estados Unidos. Hoy en día, junto con el petróleo es el combustible fósil más utilizado, tanto para la generación de electricidad, como para el uso doméstico.

En el campo de la energía nuclear se hicieron grandes descubrimientos durante la segunda guerra mundial, pero no sería hasta 1956 que se inauguró la primera central nuclear en Inglaterra. A partir de ahí las centrales nucleares empezaron a proliferar, volviéndose una parte importante de la generación de energía eléctrica.

Finalmente, están las energías renovables, entre las que se incluirá la hidráulica, y de las que se hablará más adelante, ya que empiezan a cobrar importancia a finales del siglo XX.

La etapa que comprende entre el año 2000 y la actualidad (2019), se caracteriza por el predominio de los combustibles fósiles. Como se ha visto anteriormente, la demanda energética ha ido en aumento, y la fuente de energía primaria más utilizada ha sido la fósil, siendo el carbón, el fuel-oil, y el gas natural, las fuentes primarias que abastecen el 80,04 % de la demanda de energía mundial, según la Agencia Internacional de la Energía. Lo que diferencia

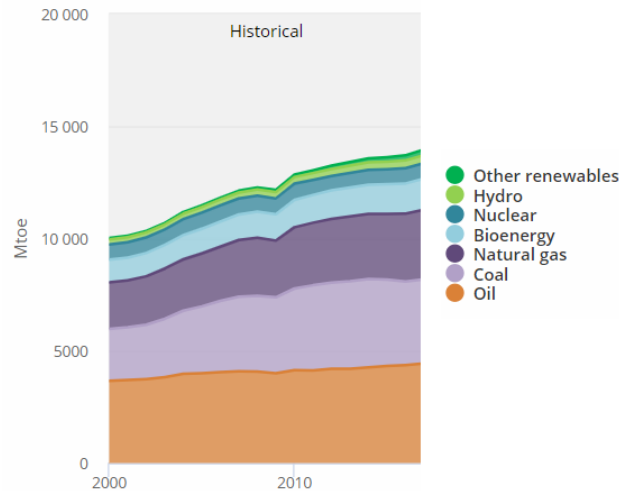


Figura 2: Consumo energético mundial entre 2000 - 2018

esta etapa de la anterior, es por un lado la aparición de nuevas fuentes de energía, como las renovables, y la estabilización de la demanda total de energía a nivel mundial. Dicho de otra forma, el consumo total mundial no se incrementa tan bruscamente y surgen nuevas fuentes primarias de energía, que contaminan menos el medio ambiente.

Desde mediados del siglo XX empezaron a surgir teorías sobre los efectos de la contaminación en la atmosfera, debido al uso masivo de recursos naturales, dando lugar así a efectos como el Cambio climático. A finales del siglo XX esto ya era una realidad, por lo que se vió la necesidad reducir el consumo de recursos y buscar fuentes de energía alternativas. Así comenzaron las nuevas políticas para impulsar el desarrollo de las energías renovables y por ello se han desarrollado tanto en los últimos años este tipo de tecnologías, y como se explicará mas adelante, esta tendencia irá en aumento.

A nivel nacional, la situación energética hasta finales del siglo XX se asemeja mucho al estado energético global, comentado anteriormente, por lo que carece de interés el analizarlo. En los últimos años también se asemeja bastante al estado global, pero resulta interesante analizarlo brevemente, para tener una idea de los números entre los que se mueve.

En la figura 3, se observa el consumo total de energía primaria en España, en la que se aprecia que la tendencia sigue al alza hasta el año 2005 mayormente, en la que se estabiliza e incluso empieza a descender. En el gráfico sólo están los datos hasta el año 2012, pero aun así se sabe que el gasto en 2016 fue de 123,484 ktep, un 0,2 % mas que en 2015, [2], por lo que sabemos que la tendencia es mantenerse estable, no va reduciéndose tan bruscamente como aparenta en el gráfico.

Es interesante comentar, que el incremento porcentual de energía primaria es inferior al de energía final [2], lo que demuestra la mejora de eficiencia del sistema año a año.

La energía en España por fuentes se analizará en el punto 5.3 detalladamente.

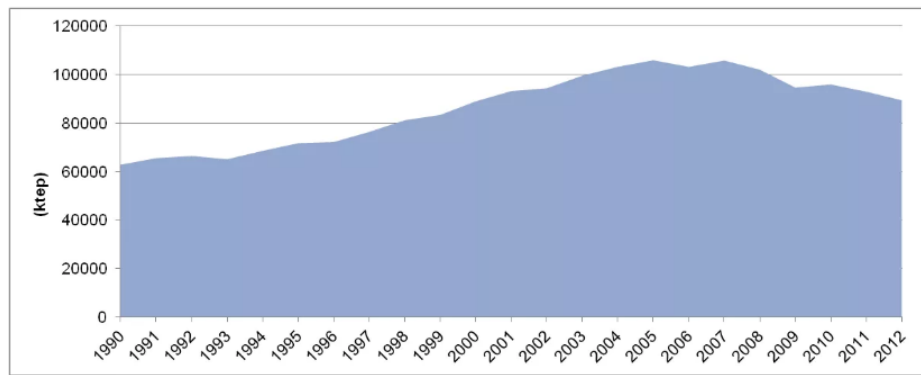


Figura 3: Consumo energético en España entre 2000 - 2018

5.2 PREVISIÓN DE LA EVOLUCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO

Una vez analizada la evolución del consumo de energía a lo largo de la historia, queda intentar prever la evolución de la misma. Para ello, se van a estudiar dos escenarios diferentes [3]: El escenario de nuevas políticas (New Policies Scenario, NPS) y El escenario de desarrollo sostenible (Sustainable Development Scenario, SDS).

La primera situación sería la más realista, en la que se evalúan las políticas energéticas actuales y se implementan dependiendo de la situación actual. En el segundo caso, se toman las medidas necesarias para llegar a los objetivos fijados internacionalmente para parar el cambio climático. Es decir, en la primera se matienen y mejoran las políticas energéticas actuales y se ve que resultados se consiguen y en la segunda se cambian las políticas que sean necesarias para llegar a los objetivos fijados para evitar el cambio climático.

En la figura 4 se grafica el escenario NPS. Como se puede ver, la tendencia que sigue es la que se llevaba hasta el momento. La demanda de energía primaria sigue en aumento, y mientras que la demanda de energías fósiles se mantiene constante (excepto el gas natural que aumenta), las energías renovables aumentan considerablemente, ya que es la tendencia que se ha estado llevando en los últimos años.

En la figura 5 aparece el escenario SDS. En este caso, destaca la disminución del uso de energía fósil, siendo el carbón el sector que más disminuye con diferencia, ya que es este el más contaminante. Obviamente las energías renovables tienen un papel mucho más importante que en el caso anterior, ayudadas por las nuevas políticas. Finalmente, cabe destacar que el consumo total se reduce o por lo menos estabiliza, lo que supone dos cosas. Por un lado la mejora de la eficiencia energética, que con la misma energía primaria consigue una cantidad de energía final mayor y por otro lado la concienciación para el uso de menor cantidad de energía por la sociedad.

Por lo tanto, en el primer supuesto, se mantiene la tendencia de los últimos años, pudiendo llegar a ser insostenible en un futuro próximo. Sin embargo, en el segundo supuesto, se consigue estabilizar y mantener la situación, aunque se trate de un caso con una viabilidad más complicada.

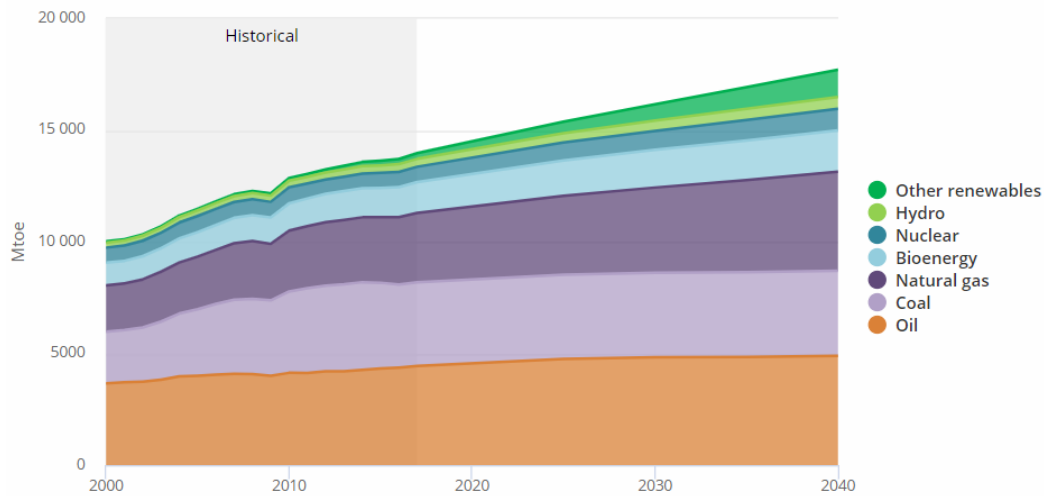


Figura 4: New Policies Scenario, NPS

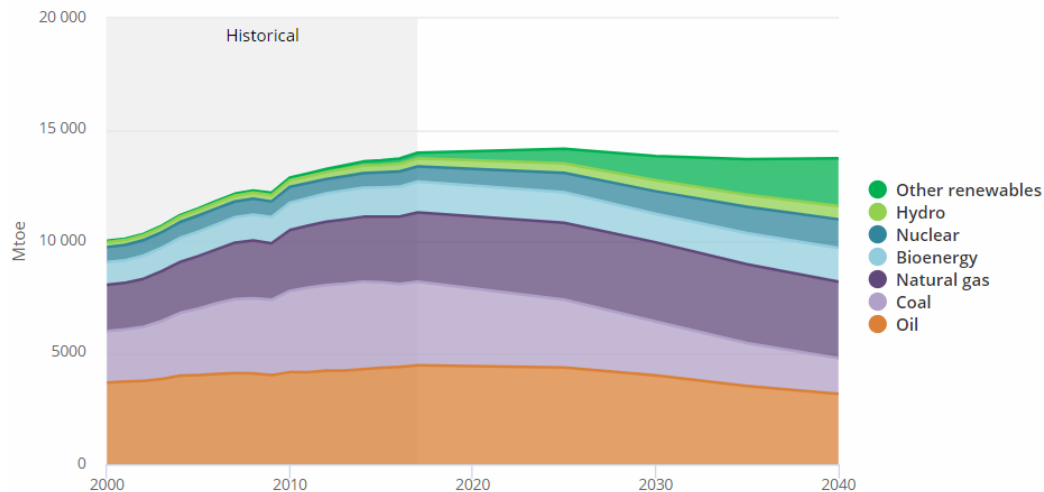


Figura 5: Sustainable Development Scenario, SDS

5.3 CONSUMO ENERGÉTICO POR FUENTES

Aunque anteriormente ya se ha comentado brevemente, en este apartado se va a analizar el consumo de energía primaria por fuentes en la actualidad, tanto a nivel global como nacional.

Como se aprecia en la figura 6, el tipo de energía primaria más consumida es la fósil, suponiendo más de un 80 % del total. De estas, es interesante comentar que la mayoría de este porcentaje se gasta en el transporte, los derivados del fuel en su mayoría, ya sea en grandes barcos o vehículos. Son muy convenientes para el transporte porque tienen un gran poder calorífico por peso, lo que les da gran autonomía. En los países más desarrollados, el gas natural ha incrementado su importancia, debido a que la red de distribución ha mejorado mucho, convirtiéndose así en un método idóneo para el uso doméstico, así como para las cen-

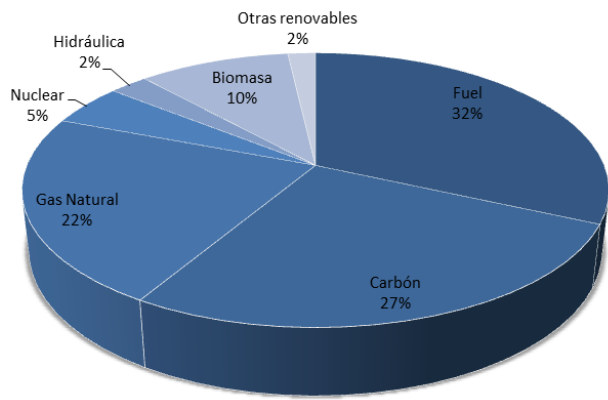


Figura 6: Energía primaria mundial por fuentes

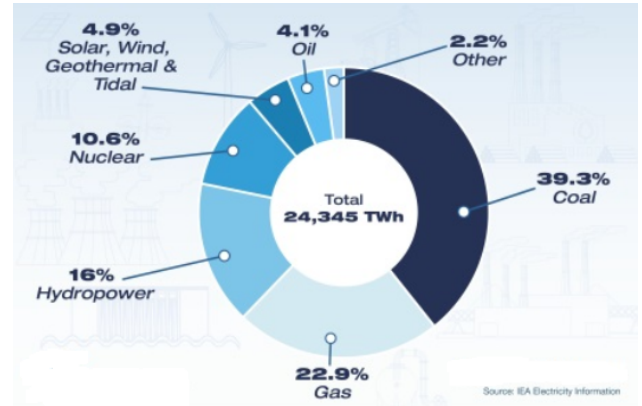


Figura 7: Consumo energía primaria mundial para la generación de electricidad

trales de ciclo combinado que han aumentado en los últimos años. La aparición del fracking también ha jugado un papel importante, abaratando costes del mismo y pudiendo acceder a suministros antes inalcanzables. En los países más desarrollados ha disminuido el uso del carbón, que se ha visto sustituido por el gas natural en su mayoría. Las centrales de carbón, que eran muy contaminantes se han visto reducidas, lo que ha llevado al cierre de muchas minas en Europa. Sin embargo, en los países menos desarrollados el carbón aún tiene una gran importancia.

El resto de fuentes de energía tienen un papel menor en el consumo global, pero cobran mayor importancia si se analiza el porcentaje de esta energía que se utiliza para la generación de electricidad, figura 7.

La energía nuclear es usada fundamentalmente para la generación de electricidad, y juega un papel muy importante, ya que las centrales nucleares trabajan 24h al día, parando únicamente algunas horas al año para limpieza y revisión. Este hecho hace que más del 10% de la electricidad total la generen estas centrales, aunque hay países como Francia que se abastecen casi en su totalidad de la misma.

Las políticas actuales, promueven las energías renovables, para la generación de electricidad, subiendo sus precios en las subastas de las mismas. Dicho de otra manera, cuando la electricidad se vende se empieza comprando en primer lugar la electricidad de las centrales nucleares, ya que estas no pueden parar y arrancar constantemente. A continuación, entran en juego las renovables, que al tener ayudas económicas, tienen precios más baratos, y posteriormente se encuentra el resto. Las centrales hidráulicas y las de ciclo combinado tienen la ventaja de poder parar y arrancar fácilmente, por lo que se usan para entrar en las puntas de consumo mayormente. Esto quiere decir que las nucleares y renovables tienen mayor influencia en la generación de electricidad que el resto, aunque haya una potencia menor instalada, de ahí su mayor porcentaje en la figura 7 que en la 6.

En España la situación es parecida a la comentada anteriormente, figuras 8 y 9. La energía nuclear cobra gran importancia, a pesar de que la potencia instalada no es demasiada. Las energías renovables suponen más de un 30% de la energía consumida para generar electricidad, siendo la eólica y la hidráulica las que mayor impacto tienen con diferencia. En concreto la eólica ha tenido un gran desarrollo en los últimos años en toda la península, debido a la adecuación geográfica y las políticas que han implementado su uso.

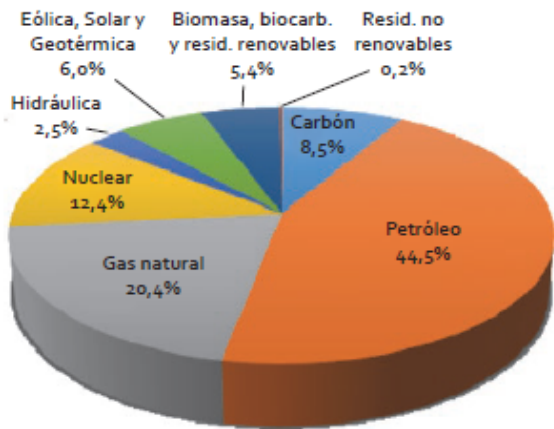


Figura 8: Energía primaria en España por fuentes

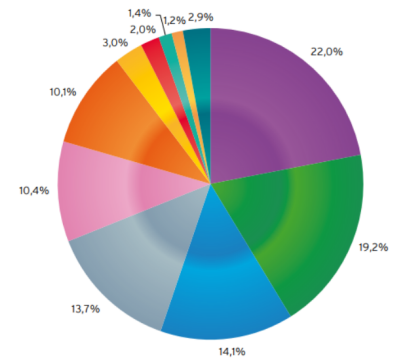


Figura 9: Consumo energía primaria en España para la generación de electricidad

La parte que queda en la generación de electricidad la completan mayoritariamente las centrales de carbón y ciclo combinado, estando las primeras en decadencia y las segundas en auge.

Por lo tanto, se puede decir que el consumo de energía primaria es algo inevitable en la sociedad moderna. Como se ha visto, tanto a nivel nacional como global, la tendencia en los últimos años ha sido hacia las energías renovables. El uso de las mismas se ha implementado mayoritariamente para la generación de electricidad, estando menos desarrolladas en otros ámbitos. De todas formas, los combustibles fósiles siguen siendo la mayor fuente de energía primaria, aunque se ha disminuido su contribución a la generación de electricidad, para el transporte siguen siendo los más utilizados. En la última década han empezado a aparecer motores eléctricos e híbridos, que se supone serán el futuro de la automoción, lo que podría ayudar a cambiar el esquema actual de consumo de energía primaria.

En cuanto al futuro, aunque parece incierto por el momento, las energías renovables aumentarán y las fósiles estabilizarán o disminuirán, dependiendo de las estimaciones mas positivas o negativas que se tengan en cuenta.

6. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Lo que se propone en el proyecto es un sistema combinado entre biomasa y gas para abastecer de calefacción y ACS todo un barrio. Anteriormente los edificios tenían calderas de gasoil o de gas natural, por lo que se sustituirán las mismas para implantar el nuevo sistema. Para justificar la elección de las fuentes de energía hecha, se va a analizar brevemente el resto de energías que podrían haber sido utilizadas.

A continuación se va a enumerar las diferentes opciones para estudiar las ventajas y desventajas que ofrece cada una de ellas. Cabe comentar que se podría analizar el sistema alimentado con gasoil, pero al ser el sistema que se quería eliminar, no requiere de un análisis. Los sistemas barajados han sido: Biomasa, solar térmica, aerotermia y geotermia.

BIOMASA

La biomasa es la materia orgánica tanto de origen vegetal como animal que se utiliza como combustible. Es junto con el gas natural el combustible utilizado para el desarrollo de este proyecto, por lo que a continuación se va a explicar algunas características de la biomasa. Se considera una energía renovable, ya que se regenera en la naturaleza. Ya sea de aprovechamiento de origen natural, residual de actividades humanas o de cultivos exclusivos para su uso como combustible, es un recurso que se gasta y genera cíclicamente, siendo así renovable.

Otra de las grandes ventajas que presenta respecto a los combustibles fósiles es la menor cantidad de emisiones. Las emisiones de productos como el CO, los NOX o el HC son menores, pero lo que de verdad es destacable es la huella de CO₂. La huella de CO₂ de la biomasa se considera neutra. En realidad, al quemar el combustible, el CO₂ se esparce a la atmósfera, junto con los productos antes mencionados, pero se considera que el balance total del mismo es neutro. Esto es debido a que la biomasa es en su mayoría de origen vegetal, y los árboles reducen el CO₂ de la atmósfera para convertirlo en O₂, reduciendo así su concentración en la atmósfera. Teniendo en cuenta que el CO₂ absorbido es el que se emite en la combustión, con todo el ciclo de vida se dice que las emisiones de CO₂ de la biomasa son neutras.

El precio de la biomasa, en relación a su poder calorífico, resulta económico, apartado 3. Y no sólo resulta económico, si no que además el precio se mantiene estable en los últimos años. Por ejemplo el precio del Pellet certificado A1 en 2015 era de 196,59 €/t, siendo en 2018 de 192,57 €/t [8]. Comparando con otras fuentes de energía que han tenido un aumento considerable, se puede considerar una gran ventaja económica a futuro.

Por otro lado, las instalaciones de calor de biomasa presentan el inconveniente de que necesitan de grandes espacios, por los tanques de inercia, los silos o las propias calderas. Esto repercute económicamente, ya que la inversión inicial es superior a una sala de calderas convencional para sistemas como el que se trata en el proyecto. Es cierto también que en los

últimos años, se ha extendido el uso de calderas individuales para las viviendas, con tamaños asequibles y unos grandes rendimientos térmicos. La mejora de los rendimientos térmicos es mayormente debido al uso de las calderas de condensación, que permite conseguir rendimientos superiores al 100 % en el aprovechamiento del combustible.

Por último cabe comentar que los equipos requieren de cierto mantenimiento, sobre todo debido a la creación de cenizas en la combustión, que es conveniente controlar y limpiar.

ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

La energía solar térmica es el aprovechamiento de la energía que irradia el sol para el calentamiento de agua, no entra en este ámbito la generación de electricidad.

Al igual que la biomasa, se trata de un tipo de energía renovable, ya que aprovecha la energía producida por el sol.

Además de ser renovable, tiene la gran ventaja de que es una energía limpia. No se emiten gases a la atmósfera, ya que no hay una combustión, por lo que resulta poco contaminante. Sus emisiones de CO₂ directas son nulas, como se ha explicado anteriormente, pero de todas formas, es cierto que los materiales utilizados si que suponen una huella de CO₂ indirecta. Ya sea en el proceso de crear los materiales o en el transporte CO₂ es emitido a la atmósfera, por eso se dice que no tiene una huella de CO₂ directa, pero sí de manera indirecta, al igual que ocurre con la biomasa.

Es cierto también que este tipo de sistemas, por ejemplo unas placas solares como medio de apoyo de calentamiento de ACS para una vivienda, necesitan de una inversión inicial mayor que la de un sistema de combustión convencional. Por lo tanto, necesitan de un estudio previo, teniendo en cuenta la vida útil de este tipo de sistemas (unos 25 años), el mantenimiento del mismo, la radiación de la zona en la que se va a instalar y por lo tanto si es posible amortizarlo o no.

Técnicamente también presenta ciertos inconvenientes. En primer lugar está la dependencia del sol, ya que la necesidad de ACS no puede depender exclusivamente de que en ese momento haya sol o no. Por eso, para evitar esas intermitencias, estos sistemas suelen tener unas calderas con otro tipo de combustibles como fuente, fósiles generalmente, que sirven de apoyo. Otro problema es que los paneles de captación deben de estar en un lugar donde no haya ningún otro obstáculo entre el panel y los rayos de sol, pudiendo ser en algunos casos problemático. Finalmente, está el hecho de que requieren de cierta cantidad de espacio.

AEROTERMIA

La aerotermia consiste en el aprovechamiento de la energía térmica contenida en el aire, mediante un ciclo termodinámico.

Al estar el aire renovándose continuamente, se considera una energía renovable, aunque es cierto que para el uso de los compresores, se necesita de un trabajo que lo produce la electricidad. La proporción de energía requerida de la red es de alrededor del 30 %.

Se obtienen unos rendimientos muy altos en cuanto al aprovechamiento energético. Los COP oscilan entre 2,5 y 3,5, pudiendo llegar en algunos casos hasta 4,5, lo que supone que para un aporte de electricidad de 1 kWh, se consiguen 4,5 kWh de energía térmica. Por eso, este tipo de sistemas, como las bombas de calor, se están utilizando mucho en los últimos años. Las emisiones de gases y CO₂ directas una vez más son nulas, porque no hay combustión. Sin embargo, las emisiones indirectas en este caso son mayores que en los casos anteriores, ya

que aparte de la huella de CO₂ de los materiales, hay que tener en cuenta la huella de CO₂ de la electricidad consumida. Por lo tanto, es un sistema renovable y limpio, pero menos que los mencionados anteriormente.

La base de este sistema es la diferencia de temperatura entre el gas presurizado interior y el aire exterior, por lo que si la temperatura exterior es muy fría, el COP bajará drásticamente, reduciendo el rendimiento del sistema.

Estos sistemas presentan grandes ventajas en equipos individuales, sobre todo por la facilidad de inversión del sistema, lo que les permite trabajar tanto para calentar como para enfriar. Sin embargo, para proyectos grandes no son sistemas tan adecuados.

GEOTERMIA

La geotermia consiste en el aprovechamiento de la energía de la tierra, de manera analoga a la aerotermia.

La base del sistema es la misma que en la aerotermia, pero en este caso se aprovecha el calor de la tierra que se encuentra en el subsuelo. Los COP en este tipo de sistemas se encuentran entre 4 y 5, lo que suponen unos rendimientos incluso mayores que los de la aerotermia.

Otra de las grandes ventajas es que no depende tanto de las condiciones climáticas externas, ya que en el subsuelo, a partir de cierta distancia, la temperatura se mantiene prácticamente constante durante todo el año.

Nuevamente, se considera una energía renovable y limpia. No hay emisiones de gases y la huella de CO₂ depende exclusivamente de los materiales utilizados, el transporte y el la electricidad consumida.

A priori es la que mejor rendimientos obtiene y menos desventajas puede suponer, pero tiene la gran desventaja de que supone un gran gasto económico. Al ser un sistema subterráneo, los costes de instalación y material aumentan mucho, por ello no es un sistema muy utilizado, aunque es cierto que ha aumentado su uso sobre todo en ciertas zonas del norte de Europa. En los cuadros 10, 11, 12 y 13 se presentan las ventajas y desventajas de las energías anteriormente citadas esquemáticamente.

Ventajas	Desventajas
Se trata de un recurso renovable	Inversión inicial alta
Rendimientos energéticos elevados	Poder calorífico menor que las fuentes fósiles
Bajas emisiones contaminantes	Necesidad de limpieza de cenizas, aunque existe la auto limpieza
Balance neutro de emisiones de CO ₂	Necesidad de espacio amplio para los equipos y almacenamiento de combustible
Precio de mercado económico y estable	
Adecuado tanto para grandes como para pequeños consumos	

Figura 10: Ventajas y desventajas de la biomasa

Todas ellas son energías renovables, por lo que resultan muy interesantes , pero para este caso en concreto la biomasa es la que presenta mayores ventajas. En la zona donde se estudia el proyecto, la radiación solar, es bastante limitada, por lo que un sistema así puede no ser el

Ventajas	Desventajas
Se trata de un recurso renovable	Alta dependencia del clima
Fuente de energía limpia, bajas emisiones de CO ₂	No se obtiene energía de manera constante
Vida útil superior a 25 años, con bajos costes de mantenimiento	Dependencia de otra fuente de energía para combinarla
Amortizable en un plazo de 5-10 años, dependiendo del lugar de colocación	Requiere de una cantidad de espacio considerable
Bajo impacto acústico	Inversión inicial alta

Figura 11: Ventajas y desventajas de la energía solar

Ventajas	Desventajas
No es necesario almacenar ningún tipo de combustible	No es conveniente para grandes instalaciones
Puede llegar a tener un COP entre 2,5 y 3,5	COP malo a bajas temperaturas
Puede suponer un ahorro energético de grande	Inversión inicial alta
Bajas emisiones de CO ₂	
Bajos costes de mantenimiento	
Bajo impacto acústico	

Figura 12: Ventajas y desventajas de la aerotermia

Ventajas	Desventajas
No es necesario almacenar ningún tipo de combustible	Inversión inicial alta
Puede llegar a tener un COP entre 4,5 y 5,5	No es rentable su uso solo para calefacción
Puede suponer un ahorro energético de grande	Instalación compleja y costosa
Bajas emisiones de CO ₂	
Intercambio eficiente debido a la estabilidad térmica del suelo subterráneo	
Bajo impacto acústico y visual	

Figura 13: Ventajas y desventajas de la geotermia

más adecuado. El principal problema de geotermia, es que supone una instalación compleja y costosa, por lo que no es tan fácil rentabilizarla. Por ello, esta alternativa se suele utilizar cuando se combinan calefacción y refrigeración, debido a la estabilidad del punto de referencia de la temperatura que ofrece y para la amortización del sistema. Tanto la aerotermia como la biomasa son sistemas muy viables, pero la biomasa resulta más interesante para este

caso en concreto, ya que tiene la ventaja de que funciona mejor para demandas grandes. No es un sistema que deba arrancar y parar continuamente, debido a las grandes inercias de sus depósitos, por lo que funciona bien con grandes potencias. Sumandole a eso la hibridación con el gas natural, para recoger las puntas de demanda y los pequeños gastos, se convierte en un sistema con un gran rendimiento, ideal para el proyecto a estudiar.

7. ANÁLISIS DE RIESGOS

En el análisis de riesgos se va a estudiar todos los posibles riesgos que puedan ser una amenaza para el proyecto o que puedan afectarle al mismo.

Los posibles riesgos más obvios son los riesgos económicos, medioambientales, de seguridad, sociales y políticos.

Los riesgos económicos son aquellos que pueden presentar un problema a la hora de la realización del proyecto o a la hora de la amortizarlo. Una vez realizado y aceptado el presupuesto inicial, siempre hay una serie de riesgos que pueden hacer que el proyecto suponga una pérdida para la empresa que lo lleva a cabo. Estos riesgos pueden minimizarse con un estudio previo, pero siempre hay factores que no se pueden tener en cuenta, como puede ser la inestabilidad en los terrenos, condiciones climatológicas adversas u otros factores. Por otro lado, puede ocurrir que el precio de los combustibles, mantenimiento u otros factores aumente los costes sustantivamente, complicando así la amortización de la obra.

Los riesgos medioambientales son todos aquellos derivados del sistema en sí. Posibles fugas de combustible, tratamiento de aceite de las bombas, tratamiento de las cenizas y gases de las emisiones, etc. Debe tenerse en cuenta todos los posibles riesgos ecológicos.

La seguridad es una de las partes más importantes a tener en cuenta en cualquier obra de estas dimensiones. Un proyecto de este calibre entraña una serie de riesgos para la salud, que habrá que tener en cuenta en un plan de prevención de riesgos. Accidentes laborales, posibles accidentes con materias peligrosas, condiciones meteorológicas adversas... todo este tipo de riesgos son los que se deben prever y analizar en el plan de prevención, para así intentar reducir sus consecuencias.

Siempre existen una serie de riesgos sociales. Pueden ser problemas con el vecindario a la hora de hacer el montaje, quejas por el impacto acústico elevado etc. Por ello, una vez mas, antes de empezar con la obra, se debe hacer un breve estudio de los posibles impactos sociales en la vecindad, para intentar minimizar el impacto.

Finalmente, están los riesgos políticos, que son todas aquellas amenazas burocráticas. En esta área se encuentran problemas como, la necesidad de algún tipo de licencia, el cambio de alguna ley que afecte al tipo de energía utilizado, normativa nueva en el tema a tratar etc. En este caso hay que intentar estar asesorado de la nueva normativa que salga.

Cualquiera de los riesgos anteriores pueden llegar a paralizar la obra, suponiendo un gran perjuicio tanto para los instaladores como para los beneficiarios, por ello, hay que considerarlos seriamente antes de el inicio del proyecto.

8. METODOLOGÍA

8.1 DESCRIPCIÓN DE TAREAS Y PROCEDIMIENTOS

8.1.1 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO

Como ya se ha comentado anteriormente, el objetivo del proyecto es el diseño de un sistema de calefacción central, dividido en cuatro grandes apartados: Diseño de la central de generación, diseño del enganche en la vivienda, diseño de la red de distribución y dimensionamiento de los equipos.

DISEÑO DE LA CENTRAL DE GENERACIÓN

El primer apartado tiene como objetivo dimensionar la demanda de energía requerida por el vecindario en cuanto a calefacción y ACS.

En la primera del diseño de la central, se va a definir la potencia necesaria para cubrir la demanda de calefacción. Para ello, se van a definir las características constructivas de las viviendas, es decir, los requerimientos de diseño y las propiedades de los materiales que componen la vivienda. Una vez definidos las características, se procede al cálculo de la demanda de energía, denominado como cálculo de carga.

El cálculo de la demanda total se consigue mediante la suma total de las pérdidas o ganancias de los siguientes factores:

- Pérdidas de calor por transmisión
- Pérdidas de calor por infiltración de aire
- Aportaciones internas de calor
- Aportaciones por radiación

El total obtenido de la suma de todos los factores anteriores es la demanda de energía que debe suministrar la central de generación para calefacción, es decir, la energía requerida.

Por otra parte se calcula la demanda de ACS, calculando estadísticamente la demanda de energía para un periodo concreto de tiempo, como se explica detalladamente en el apartado 9.1.2. Con la demanda de energía requerida por el sistema para ACS, se decide la relación óptima entre la potencia instantánea de la caldera y el volumen de los acumuladores, para poder cubrir la demanda máxima pero sin sobredimensionar el sistema.

Finalmente, sumando la potencia obtenida de la carga de la calefacción y la potencia instantánea del ACS, se obtiene la potencia requerida total, con lo que se pueden dimensionar las calderas.

DISEÑO DEL ENGANCHE EN LA VIVIENDA

Este segundo apartado tiene como objetivo definir y dimensionar la parte del sistema de distribución que ocurre entre la acometida del bloque y el consumo final, es decir, las viviendas. El sistema va a constar de dos sistemas paralelos, uno para la calefacción y otro para el ACS, por lo que hay que dimensionar cada uno de ellos por separado.

Para dimensionar la distribución en el bloque de la calefacción, se van a definir en primer lugar el diseño del sistema y los requisitos que debe cumplir el mismo. Una vez establecidos los requisitos, y teniendo en cuenta la necesidad de calor obtenida en el apartado de diseño de la central de generación, se calculan los caudales que circulan por cada una de las tuberías y por lo tanto los diámetros de cada una de ellas.

Con los caudales y diámetros, y sabiendo los elementos que posee el sistema, se calculan las pérdidas de carga, que posteriormente deberán vencer las bombas.

Se calculan también las pérdidas de calor de las tuberías y los aislamientos de las mismas. Para el ACS el método los pasos a seguir son los mismos, solo que con algunas variaciones en los cálculos, debidos básicamente al cálculo estadístico de los caudales que pasan a través de las tuberías y el diseño de la red de recirculación.

DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Finalmente, se diseña la red de distribución, que es el conjunto de elementos que transporta el agua desde las calderas hasta la acometida de cada bloque.

Para realizar este proceso, se definen primero los requerimientos y el diseño del sistema, para después realizar los cálculos.

Para este proceso, se ha elegido un programa específico, EPANET, para los cálculos hidráulicos debido a la complejidad de los mismos, que se explica más detalladamente en el apartado 8.1.2.

DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS

Con los requisitos obtenidos en los apartados obtenidos y el sistema ya diseñado, se definen los equipos que componen el sistema.

8.1.2 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DE SIMULACIÓN. EPANET

Como ya se ha comentado se utiliza un software para el cálculo de la red de distribución, por lo tanto se va a explicar a continuación brevemente su manera de funcionar y su modo de uso.

EPANET es un programa de software libre desarrollado por la EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos), orientado al análisis del comportamiento de los sistemas de distribución de agua. Sirve por lo tanto, para realizar simulaciones del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua del sistema a estudiar. En concreto, el manual define EPANET como un programa para realizar: "un seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nudos, los niveles en los depósitos, y la concentración de las especies químicas presentes en el agua, a lo largo del periodo de simulación" [17]. discretizado en múltiples intervalos de tiempo.

Para el proyecto en cuestión, sólo se va a utilizar EPANET para el diseño hidráulico del sistema, por lo que se va a explicar brevemente el método que utiliza para el mismo.

"El método que emplea EPANET para resolver simultáneamente las ecuaciones de continui-

dad en los nudos y las ecuaciones de comportamiento hidráulico de las tuberías, para un instante dado, puede clasificarse como un método híbrido de nudos y mallas ” [17]. Este método es conocido como el método del gradiente. Este método se basa en dos ecuaciones principales. Por un lado la condición de equilibrio en los nodos y por otro lado la relación de pérdidas de carga entre nodos. Por lo tanto, se trata de resolver un sistema de ecuaciones que encuentre una solución para la altura de los nodos y los caudales satisfaciendo las dos ecuaciones anteriores. Se comienza haciendo una estimación inicial, para finalmente, iterando, encontrar los resultados deseados.

En cuanto a su modo de empleo, en primer lugar hay que definir el sistema que se quiere estudiar, realizando un esquema, como el dibujo 14, con el propio programa, para después definir las características con mayor detalle.

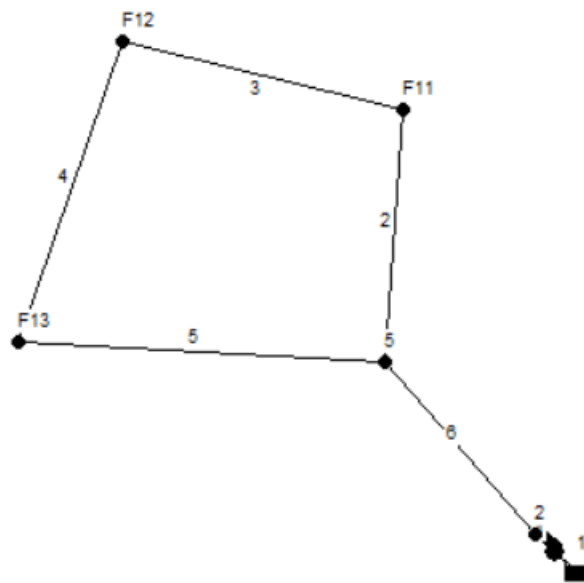


Figura 14: Ejemplo de un esquema creado con el EPANET

Lo primero que hay que definir es la toma de agua corriente. Para el sistema la toma de agua va a ser un suministro inagotable, por lo que se define como un embalse, como se aprecia en la figura anterior.

A continuación se fijan los nodos. Los nodos son todos aquellos puntos que definen la forma y características del sistema, siendo la unión entre las tuberías. Además de ser la unión entre tuberías, se les puede fijar características como la cota a la que están y la demanda de ese punto en concreto. Por lo tanto, al fijar los nodos, se define el sistema.

Después de establecer las localizaciones y características de los nodos, se definen las tuberías entre los mismos. A las tuberías se les dan valores fijos como la longitud, los coeficientes de pérdidas de carga o las fórmulas que se quieren utilizar para calcular esas pérdidas, en este caso Darcy-Weisbach. Se les da también un valor para los diámetros inicial que habrá que ir iterando para que los cálculos cuadren.

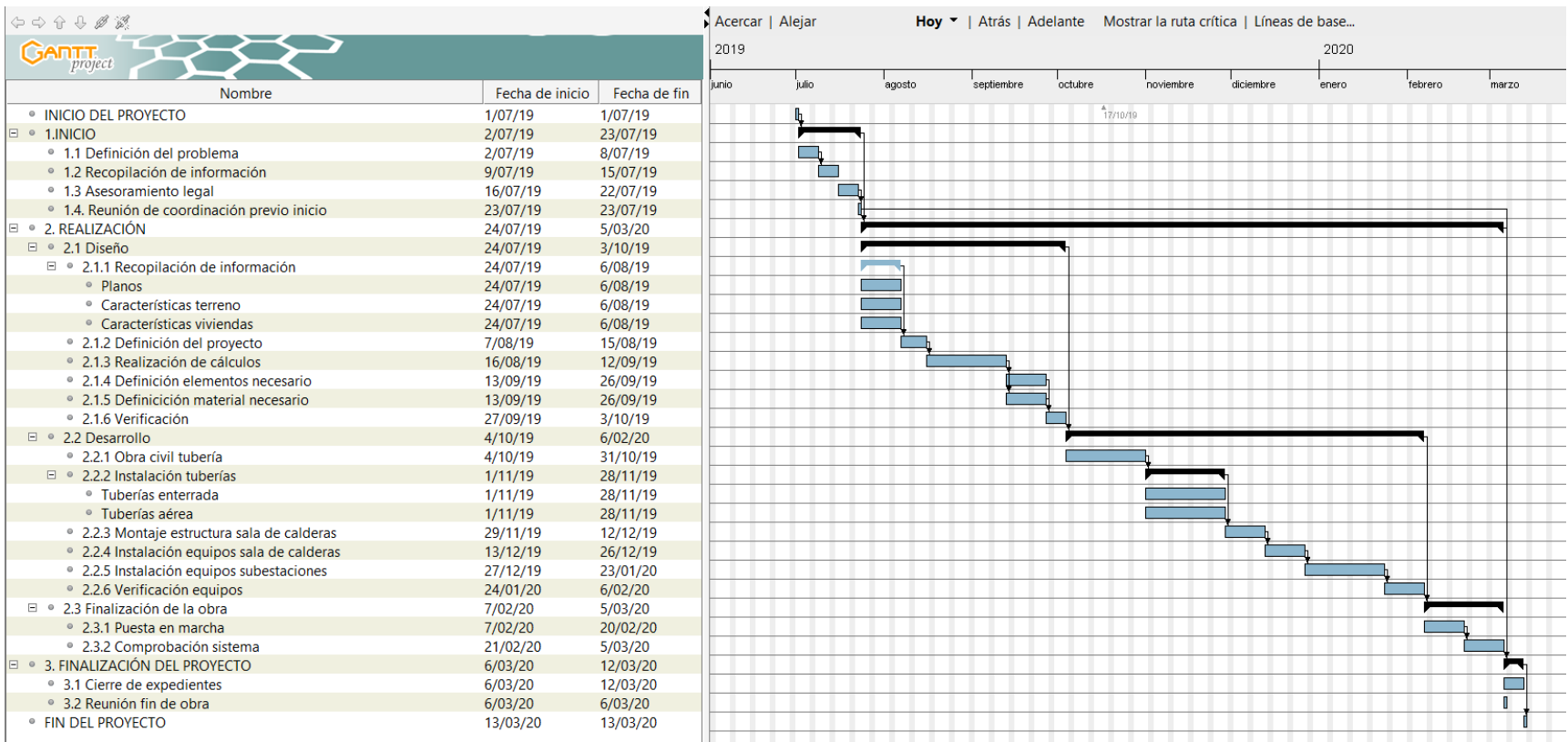
Con los nodos y tuberías se tiene la forma y la demanda del sistema, pero aún hace falta definir el sistema de bombeo. De esta forma, entre dos nodos se establece un sistema de

bombeo, al que habrá que asignarle una curva característica. Esta curva se define metiendo los parámetros de caudal y altura necesarios.

Finalmente, con todo definido, se simula el sistema una y otra vez, variando los datos de la curva característica del bombeo y los diámetros de las tuberías, para que cumplan los valores que se han establecido previamente.

8.2 DIAGRAMA DE GANTT

A continuación se presenta el diagrama de Gantt con la descripción y el calendario de las tareas que componen el proyecto.



9. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN. DISEÑO

A continuación se va a explicar y analizar paso a paso los diferentes apartados que componen el diseño del proyecto.

El objetivo es, empezando desde cero, diseñar el sistema de calefacción del barrio Jauregizahar. Para ello el diseño consta de tres partes diferenciadas en este orden: Cálculo de la central de generación, cálculo de la red de distribución y el enganche en las viviendas. Aunque las últimas dos dependen la una de la otra, por lo que se han ido realizando simultáneamente.

9.1 CENTRAL DE GENERACIÓN

Este primer apartado del diseño se va a componer de tres partes: Cálculo de las cargas térmicas, cálculo de la necesidad de ACS y dimensionamiento de las calderas.

9.1.1 CÁLCULO DE LAS CARGAS TÉRMICAS

En este apartado, se estudiarán las características de las vivienda, para calcular la potencia necesaria en cada una de ellas. En primer lugar se definirán las condiciones que se deberán conseguir en las viviendas. Posteriormente, se analizarán las características propias de cada vivienda, para finalmente calcular las cargas térmicas.

9.1.1.1 CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

A continuación, se va a proceder a definir las condiciones de diseño de las viviendas.

Jauregizahar es un barrio perteneciente al municipio de Amorebieta. En el cuadro 2 se analiza con mayor detalle las características de la localización. De las mismas cabe destacar la zona climática, definida como C1 por el Documento Básico HE Ahorro de Energíadel código técnico. El resto de datos han sido recogidos de la estación de sondika, situada a 10 km del punto estudiado.

Para el dimensionamiento de la calefacción, se necesitan una serie de datos sobre las condiciones exteriores, que aparecen en el cuadro 3. La T_{s99} , es la temperatura seca fijada para el exterior, con la que el 99 % de las veces el sistema estará dimensionado correctamente. La radiación media hace referencia a la media en los meses de invierno, que se van a considerar

Provincia	Bizkaia
Localidad	Amorebieta-etxano
Altitud	65 m
Provincia	Bizkaia
Longitud	-2.7060057
Latitud	43.2198611
Zona Climática	C1
Tipo edificio	Edificios de varias plantas aislados

Cuadro 2: Localización

T ^a media	12,1 °C
Ts99	1,2 °C
Humedad relativa	89 %
T ^a terreno	9 °C
Radiación media	2.17 kWh/m ² *día

Cuadro 3: Condiciones exterior

de octubre a marzo.

Otro conjunto de datos muy determinante son las condiciones internas de confort o las que se quieren conseguir en el interior, cuadro 4. Al tratarse de viviendas para calefactar en invierno, se definen el resto de interrogantes. La temperatura interior en invierno debe de estar entre los 21-23 °C y la humedad relativa entre el 40-50 %, por lo que se han definido los valores de la tabla para esos rangos.

Tipo de local	Vivienda
Temperatura	22 °C
Humedad relativa	45 %

Cuadro 4: Condiciones interior

9.1.1.2 ANÁLISIS DEL RECINTO

Definiendo las condiciones en el exterior y en el interior se puede dimensionar la energía que se requiere para mantener el confort deseado. Pero para ello, se necesita conocer cuales son las características constructivas de la vivienda.

En primer lugar, hay que definir el número de viviendas y la distribución de las mismas. A continuación, se diferencian las zonas habitables de las no habitables y finalmente se definen los elementos separativos que nos ocupen de las viviendas. De esta forma, quedaría todo definido para en el siguiente apartado calcular las cargas térmicas requeridas.

El barrio consta de tres conjuntos de bloques diferentes. Cada uno de ellos fue construido en diferentes épocas, por lo que a partir de ahora se referirá a cada uno de ellos como fases. Por lo tanto, el barrio consta de tres fases, teniendo cada una de ellas tres, cinco y dos bloques respectivamente. Sumando así un total de 60, 100 y 96 viviendas por fase, con un total de

224 viviendas. En la figura 15 se define cada una de las fases y el número de viviendas.

Las zonas habitables son las viviendas, es decir los metros cuadrados que están dentro de la propia vivienda. Las zonas no habitables son los garajes, y demás zonas comunes.

La carga interna supuesta para las viviendas es baja, debido al uso que se le da.

En el cuadro de las áreas de las viviendas, figura 16, se dan los datos de todas las viviendas que componen el barrio.

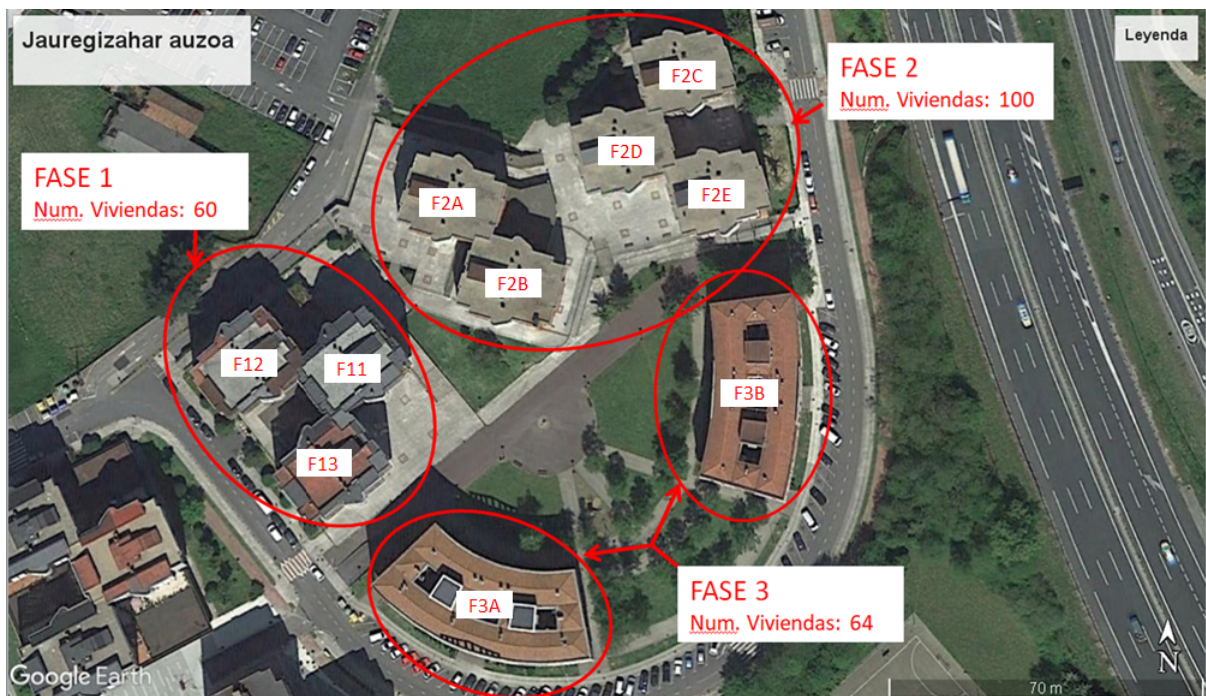


Figura 15: Fases y número de viviendas

Una vez mas recordar, que esto no es mas que una aproximación, que mas tarde se comparará con el resultado obtenido. De esta forma se puede ver si el resultado conseguido es real o carece se sentido.

A continuación, se va a proceder a calcular las características constructivas de las viviendas. Se van a calcular los cerramientos de cada una de las partes que componen la vivienda, consiguiendo finalmente un coeficiente, resistencia térmica, que habrá que comprobar si cumple la normativa o no. Que cumpla con la normativa no es información relevante, ya que se trata de viviendas ya construidas en las que no se va a rediseñar la estructura, pero es interesante a modo de ejercicio, y podría ser una solución técnica en el futuro.

Por lo tanto, los cerramientos que se van a estudiar son: Paredes exteriores e interiores; forjados; azoteas; suelos; puertas; ventanas.

Hay que tener en cuenta que se trata de construcciones antiguas, siendo la fase 1 y 2 de alrededor de los años 80 y la fase 3 de alrededor de los 90. Eso supone que no hay información en los archivos sobre los materiales utilizados, por lo que se ha cogido como referencia los cerramientos de una vivienda de bloques tipo utilizada en la zona norte.

		Vivienda	Número	Área (m ²)	
Fase 1	Portal 1,2,3	Tipo A	15	75,5	
		Tipo B	15	78,22	
		Tipo A'	15	75,5	
		Tipo B'	15	78,22	
Fase 2	Portal A,B,C,D,E	Tipo A	25	81,05	
		Tipo B	24	81,86	
		Tipo C	24	82,6	
		Tipo D	24	82,4	
		Minusválidos 1º B,C,D	3	81,1	
Fase 3	Portal A	Bajo	A	2	68,93
			B	2	64,63
			Local A	2	21,4
			Local B	2	21,34
		Planta 1	A	2	68,93
			B	2	64,63
			Local A	2	27,12
			Local B	2	28,17
		Planta 2,3,4	A	6	89,35
			B	6	89,53
			C	6	72,8
			D	6	74,45
		Planta 5	A	2	74,95
			B	2	80,49
			C	2	76,15
			D	2	81,4
	Portal B	Bajo	A	2	62,63
			B	2	66,92
			Local A	2	20,45
			Local B	2	18,18
		Planta 1	A	2	62,63
			B	2	66,92
			Local A	2	26,2
			Local B	2	24,29
		Planta 2,3,4	A	6	82
			B	6	83,29
			C	6	79,45
			D	6	68,39
		Planta 5	A	2	74,95
			B	2	80,49
			C	2	76,15
			D	2	81,4

Figura 16: Áreas de las viviendas

9.1.1.2.1 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

El objetivo de este apartado es conseguir la transmitancia térmica, U ($\frac{W}{m^2K}$). La transmitancia, es la capacidad para transmitir el calor entre dos zonas que tiene un elemento.

Para poder calcular la transmitancia se debe conocer antes la resistencia térmica, R ($\frac{m^2K}{W}$), que es la capacidad de un elemento para oponerse al flujo de calor. Siendo la relación entre ambas la de la ecuación 1.

$$U = \frac{1}{R_t} + \left(\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}\right) \quad (1)$$

La segunda parte de la ecuación ($\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}$), representan los coeficientes de transmisión de calor superficiales. Estos son la influencia que tiene el propio fluido, aire en este caso, como elemento de resistencia en las áreas cercanas al elemento a estudiar. El valor de las mismas, para caras planas en este caso, depende de la posición, del cerramiento y del sentido del flujo de calor, cuadro 5.

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Situación del cerramiento	Situación del cerramiento					
		De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con otro local, desván o cámara de aire		
		$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal > 60° y flujo horizontal		0,13 (0,11)	0,07 (0,06)	0,20 (0,17)	0,13 (0,11)	0,13 (0,11)	0,26 (0,22)
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤ 60° y flujo ascendente		0,11 (0,09)	0,06 (0,05)	0,17 (0,14)	0,11 (0,09)	0,11 (0,09)	0,22 (0,18)
Cerramientos horizontales y flujo descendente		0,20 (0,17)	0,06 (0,05)	0,26 (0,22)	0,20 (0,17)	0,20 (0,17)	0,40 (0,34)

Resistencias térmicas superficiales en $m^2 h \text{ } ^\circ\text{C/kcal}$ ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$)

Cuadro 5: Resistencias térmicas superficiales $\frac{m^2K}{W}$

R_t es la resistencia térmica total del elemento. Para calcularla hay que sumar la resistencia de cada una de las partes que lo componen 2.

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \quad (2)$$

Para el cálculo de la resistencia total sin embargo hay que tener en cuenta otro factor, Finalmente, para calcular la resistencia de cada material se necesita saber el espesor, e (m), y la conductividad térmica de la misma, λ ($\frac{W}{mK}$). La relación entre ambas es la de la ecuación 3.

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (3)$$

De esta manera, para cada elemento estructural hay que conseguir primero las resistencias térmicas de cada material para conseguir la resistencia total y finalmente la transmitancia. La resistencia térmica es una característica que depende de cada material y las características de todos los materiales utilizados a continuación, están en las tablas del anexo II.

PAREDES EXTERIORES

Se va a suponer que todas las viviendas tienen las mismas características constructivas. Las paredes exteriores son aquellas que están en contacto con el exterior o con una zona no habitable interior.

El esquema básico utilizado es el de la figura 17. Cada uno de los materiales están numerados del mas exterior al mas interior, acorde a lo expuesto en la tabla 6.

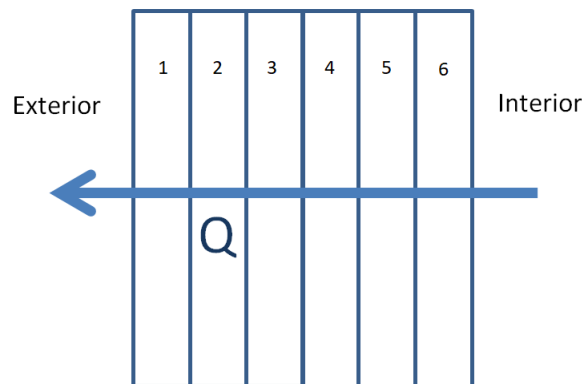


Figura 17: Esquema simplificado del muro exterior

Número	Material	Conductancia (W/m*K)	Espesor (m)	R (m ² *°C/W)
1	Losa cerámica	1,3	0,02	0,015
2	Mortero	0,87	0,02	0,023
3	Impermeabilizante	0,5	0,03	0,060
4	Hormigón	1,11	0,03	0,027
5	Aislamiento	0,035	0,05	1,429
6	Enlucido de yeso	0,4	0,015	0,038

Cuadro 6: Cálculo resistencia muro exterior

De esta forma, se consigue la R_t , con la ecuación 2. Desde la tabla 5 se consiguen los valores $\frac{1}{h_i} = 0,11$ y $\frac{1}{h_e} = 0,06$.

Con la ecuación 1, finalmente obtenemos el valor de la transmitancia térmica.

$$U = 0,57 \frac{W}{m^2K}$$

PAREDES INTERIORES

Paredes interiores se considera a aquellas que no están en contacto directo con el exterior, es decir, hay un espacio intermedio. La pérdida de calor a través de estos cerramientos es obviamente menor que en un espacio abierto. Para calcular las pérdidas en estos espacios, lo que se hace es aplicar un coeficiente reductor al valor de la transmitancia, siendo la nueva transmitancia $U = U_p * b$.

Para calcular U_p , se hace un estudio análogo al anterior.

Interior	Conductancia (W/m*K)	Espesor (cm)	Espesor (m)
Placa de yeso	0,25	2	0,02
Aislamiento	0,035	3	0,03
Hormigón	1,11	5	0,05
Enlucido de yeso	0,4	1,5	0,015

Cuadro 7: Cálculo resistencia muro interior

Los valores para los coeficientes de calor superficiales en este caso son para el caso horizontal, por lo tanto son $\frac{1}{h_i} = 0,11$ y $\frac{1}{h_e} = 0,11$.

El valor de la transmitancia térmica.

$$U_p = 0,81 \frac{W}{m^2 K}$$

Se van a diferenciar dos grupos: paredes verticales en contacto con zonas comunes (rellanos, escaleras...) y ático con desván sin calefactar. En los dos casos se va a suponer que la pared interior A_{iu} , en contacto con la zona no calefactada, está aislada y la exterior A_{ue} sin aislar. Para definir el valor de b, se necesita saber que nivel de estanqueidad tiene la zona contigua y que relación hay entre las áreas A_{iu} y A_{ue} .

Las áreas se definen de forma diferente dependiendo de si son paredes verticales o desvanes. En la figura 18 se definen esquemáticamente cada una de ellas para los dos casos a estudiar.



Figura 18: Áreas A_{iu} y A_{ue}

Los niveles de estanqueidad son 5, clasificándose los niveles 1, 2 y 3 en el caso 1 y los niveles 4 y 5 en el caso 2.

Las zonas comunes se definen según el siguiente cuadro, con un nivel de estanqueidad de 4, mirar la tabla 8, clasificándose como caso 2. Al ser paredes verticales planas, su relación entre áreas es $\frac{A_{iu}}{A_{ue}} = 1$.

Nivel de estanqueidad

- 1 Ni puertas, ni ventanas, ni aberturas de ventilación
- 2 Todos los componentes sellados, sin aberturas de ventilación
- 3 Todos los componentes bien sellados, pequeñas aberturas de ventilación
- 4 Poco estanco, a causa de juntas abiertas o presencia de aberturas de ventilación permanentes
- 5 Poco estanco, con numerosas juntas abiertas o aberturas de ventilación permanentes grandes o numerosas

Cuadro 8: Niveles de estanqueidad

A_{iu}/A_{ue}	No aislado _{ue} - Aislado _{iu}		No aislado _{ue} -No aislado _{iu}		Aislado _{iu} -No aislado _{iu}	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
<0.25	0,99	1,00	0,94	0,97	0,91	0,96
0.25 ≤0.50	0,97	0,99	0,85	0,92	0,77	0,90
0.50 ≤0.75	0,96	0,98	0,77	0,87	0,67	0,84
0.75 ≤1.00	0,94	0,97	0,70	0,83	0,59	0,79
1.00 ≤1.25	0,92	0,96	0,65	0,79	0,53	0,74
1.25 ≤2.00	0,89	0,95	0,56	0,73	0,44	0,67
2.00 ≤2.50	0,86	0,93	0,48	0,66	0,36	0,59
2.50 ≤3.00	0,83	0,91	0,43	0,61	0,32	0,54
>3.00	0,81	0,90	0,39	0,57	0,28	0,50

Cuadro 9: Valores para el coeficiente b

Con todo esto, y desde la tabla 9, se obtiene el valor del coeficiente $b=0,96$ para paredes verticales interiores.

$$U_{paredes-vert} = 0,78 \frac{W}{m^2 K}$$

Analogamente al procedimiento anterior, se consigue la relación entre áreas $\frac{A_{iu}}{A_{ue}} = 0,91$ y el nivel de estanqueidad, 3, por lo que se clasifica como caso 1. Con todo ello se consigue el valor de $b=0,94$ para el desván.

$$U_{desvan} = 0,76 \frac{W}{m^2 K}$$

FORJADOS

El esquema básico utilizado es el de la figura 17. Las características del elemento están en el cuadro 10.

Número	Material	Conductancia (W/m*K)	Espesor (cm)	R (m2*°C/W)
1	Madera	0,2	2	0,100
2	Mortero cemento	0,85	3	0,035
3	Arena	2	4	0,020
4	Cámara de aire	0,025	10	4,000
5	Fibra de vidrio	0,05	5	1,000
6	Yeso	0,35	1,5	0,043

Cuadro 10: Cálculo resistencia forjados

Los valores para los coeficientes de calor superficiales en este caso son para el caso horizontal, por lo tanto son $\frac{1}{h_i} = 0,09$ y $\frac{1}{h_e} = 0,09$.

El valor de la transmitancia térmica.

$$U = 0,19 \frac{W}{m^2K}$$

AZOTEAS

El esquema básico utilizado es el de la figura 17, siendo los datos los del cuadro 11.

Número	Material	Conductancia (W/m*K)	Espesor (cm)	R (m2*°C/W)
1	Teja cerámica	0,9	2	0,022
2	Mortero cemento	0,85	3	0,035
3	Arena	2	4	0,020
4	Hormigón	1,2	15	0,125
5	Cámara de aire	0,025	10	4,000
6	Fibra de vidrio	0,05	5	1,000
	Yeso	0,35	1,5	0,043

Cuadro 11: Cálculo resistencia azoteas

Los valores para los coeficientes de calor superficiales son $\frac{1}{h_i} = 0,09$ y $\frac{1}{h_e} = 0,05$.

El valor de la transmitancia térmica.

$$U = 0,19 \frac{W}{m^2K}$$

SUELOS

El esquema básico utilizado es el de la figura 17, datos cuadro 12.

Número	Material	Conductancia (W/m*K)	Espesor (cm)	R (m ² *°C/W)
1	Pavimento	0,07	2	0,286
2	Mortero cemento	0,85	3	0,035
3	Arena	2	4	0,020
4	Hormigón	1,2	25	0,208
5	Espuma Poliuretano	0,02	3	1,500
6	Mortero cemento	0,85	3	0,035
7	Grava rodada	2	20	0,100

Cuadro 12: Cálculo resistencia suelos

Los valores para los coeficientes de calor superficiales son $\frac{1}{h_i} = 0,17$ y $\frac{1}{h_e} = 0,05$.

El valor de la transmitancia térmica.

$$U = 0,42 \frac{W}{m^2K}$$

PUERTAS

Este caso resulta más sencillo, ya que hay un único material implicado. Por otro lado, el tamaño de las mismas es mucho menor, por lo que su influencia también. Por eso, en este caso el valor que coge directamente de tablas. Para este caso se ha elegido una puerta sencilla, de madera para exteriores.

El valor de la transmitancia térmica.

$$U = 2,25 \frac{W}{m^2K}$$

VENTANAS

Este caso resulta sencillo también. Para calcular la transmitancia se tiene en cuenta el área del vidrio y el marco y las características de los mismos. Los materiales elegidos son madera común y vidrio sencillo, con los siguientes valores para sus transmitancias.

$$U_{vidrio} = 5,7 \frac{W}{m^2K} \text{ y } U_{madera} = 2,1 \frac{W}{m^2K}$$

Suponiendo que el área del marco ocupa el 30% y el del vidrio el 70%, el valor de la transmitancia térmica media para las ventanas es el siguiente.

$$U = 4,62 \frac{W}{m^2K}$$

EXIGENCIAS DE AISLAMIENTO

Como ya se ha comentado, este apartado es a modo de ejercicio, ya que los edificios son antiguos y ya están contruidos, por lo que no se va a replantear cambiar ningún elemento estructural.

Según el DB-HE-1, los valores de la transmitancia térmica aceptables se diferencian dependiendo de la zona climática, tabla 13.

<i>Cerramientos y particiones interiores</i>	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, <i>particiones interiores</i> en contacto con espacios <i>no habitables</i> , primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno ⁽¹⁾ y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos ⁽²⁾	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

Cuadro 13: Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores $U \left(\frac{W}{m^2K} \right)$

Cerramiento	Proyecto	Máxima
Pared exterior	0,57	0,95
Pared interior zonas comunes	0,78	0,95
Partición interior desván	0,76	0,95
Azotea	0,19	0,53
Suelo	0,42	0,65
Ventana	4,62	4,4

Cuadro 14: Comparación de la transmitancia térmica máxima $\left(\frac{W}{m^2K} \right)$

Para las paredes, los suelos y las azoteas los valores de la transmitancia son menores que la máxima establecida, por lo que está dentro de lo permitido. Sin embargo, las ventanas están por encima del valor máximo establecido. Aunque esto no compete a este proyecto, una solución podría ser instalación de ventanas dobles, o simplemente un cambio de ventanas, a unas mas aislantes.

9.1.1.3 CÁLCULOS DE CARGAS

Teniendo los valores de la transmitancia térmica, se puede proceder a calcular las cargas térmicas para la calefacción.

Antes de empezar con los cálculos propios, se puede hacer una primera aproximación del cálculo de potencia estimada utilizando un coeficiente por área utilizable. Este coeficiente no responde a ninguna fórmula, simplemente es una aproximación empírica, conseguida con la experiencia, $K=100 \text{ W/m}^2$. Es decir, por cada m^2 de vivienda se necesita aproximadamente 100 W de potencia, al tratarse de una vivienda bien aislada, como se ha visto en el apartado anterior. Sabiendo las áreas de cada vivienda que aparecen en el cuadro del anexo II, la demanda es: Fase 1 = $461,16 \text{ kW}$; Fase 2 = $819,42 \text{ kW}$; Fase 3 = $651,43 \text{ kW}$. Haciendo así un total de $1932,01 \text{ kW}$ de demanda de calefacción.

9.1.1.3.1 PÉRDIDAS DE CALOR POR TRANSMISIÓN

Las pérdidas de calor por transmisión son aquellas que se dan por efecto de la conducción y convección, siendo la primera la que mayor importancia tiene. La diferencia de temperatura entre zonas hace que el calor se mueva de la zona más caliente a la más fría, buscando el equilibrio térmico. Las viviendas, al no disponer de paredes adiabáticas, ocurre el flujo de calor ya mencionado. A continuación se dispone a cuantificar el flujo de calor.

La fórmula que define este fenómeno, es la ecuación 4.

$$Q_{st} = U \cdot A \cdot \Delta T \quad (4)$$

donde U es la transmitancia térmica, $(\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}})$

A es el área de separación, (m^2)

ΔT es la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior, (K)

La transmitancia se ha definido en el apartado anterior, 9.1.2, para cada uno de los tipos de particiones. Mientras que las temperaturas, tanto del exterior como del interior, se han definido en el apartado 9.1.1.

Las áreas de cada una de las viviendas se han conseguido de los planos del anexo II.

Para un mayor realismo, dependiendo de la orientación de la pared exterior, se ha añadido un coeficiente que se multiplicará al valor conseguido anteriormente. Esto supone que para una pared orientada al norte las pérdidas serán mayores, como es lógico, ya que el aporte del sol es menor. Los coeficientes son los de la tabla 15.

Orientación	Coficiente
Norte	1,15
Oeste	1,05
Este	1,10 %
Sur	1

Cuadro 15: Coeficientes de orientación

9.1.1.3.2 PÉRDIDAS DE CALOR POR INFILTRACIÓN DE AIRE

Las pérdidas de calor por infiltración de aire son las que se dan por ventilación. Todo local debe ser ventilado con unos caudales mínimos, según el CTE HS 3. De esta forma, con cada renovación, el aire caliente del interior sale fuera y entra el aire frío del exterior. Estas pérdidas tienen entidad suficiente como para que sean cuantificadas, como se va a hacer a continuación.

Este apartado se va a dividir en dos partes, por un lado las pérdidas por calor sensible y por otro lado las pérdidas por calor latente. El calor sensible es el que hace que un elemento aumente su temperatura, sin cambios de fase. El calor latente es la energía que necesita un elemento para que ocurra el cambio de fase. Por lo tanto, las pérdidas de uno y otro, son las que derivan de las definiciones anteriores.

PÉRDIDAS POR CALOR SENSIBLE

Primero se van a calcular las pérdidas por calor sin cambios de fase. Para ello se va a utilizar la ecuación 5.

$$Q_{inf-sensible} = V \cdot C_{p-aire} \cdot \gamma_{aire} \cdot \Delta T \quad (5)$$

donde V es el caudal de aire infiltrado ($\frac{m^3}{h}$)

C_{p-aire} es el calor específico del aire seco ($\frac{kJ}{kg \cdot K}$)

γ_{aire} es el peso específico del aire seco ($\frac{kg}{m^3}$)

ΔT la diferencia de temperatura entre el aire interior y exterior (K)

Para simplificar los cálculos se van a suponer el calor específico del aire y es peso específico constantes, ya que las diferencias de temperatura no son tan grandes como para tenerlos en cuenta. Así los valores son $C_{p-aire} = 1 \frac{kJ}{kg \cdot K}$ y $\gamma_{aire} = 1,204 \frac{kg}{m^3}$.

Para el cálculo del caudal de ventilación, se ha de saber cual es el caudal de extracción que impone el CTE. Para viviendas de uso común, la ventilación se extraera en los baños y cocinas, siendo los valores exigidos los del cuadro 16.

Extracción de aire		
Local	Por local (m^3/h)	Caudal por m^2 (m^3/h)
Baño 1	54	
Baño 2	54	
Cocina 16,4 m^2		7,2
Total:		

Cuadro 16: Valores de extracción de aire en viviendas

Por lo tanto, hay que calcular para cada vivienda, ya que el tamaño de la cocina varía en cada tipo de casa y hay unas pocas que tienen un solo baño. Las tablas con los cálculos están en el anexo II.

Una vez calculado el caudal de extracción se calcula el caudal de admisión para cada estancia de la casa, anexo II, que tiene que ser el mismo que el de extracción, para mantener el balance.

Para los locales, planta baja de la fase 3, las demandas de extracción son superiores, como dicta el CTE. Se impone una extracción de aire de 5 renovaciones horarias, es decir, hay que extraer 5 veces el volumen del local en una hora.

Finalmente, con el caudal de aire se calculan las pérdidas por infiltración sensibles. Las diferencias de temperatura son las explicadas en el punto 9.1.1.

PÉRDIDAS POR CALOR LATENTE

Para las pérdidas por calor latente, la ecuación empleada es la 6.

$$Q_{inf-latente} = 0,83 \cdot V \cdot \Delta w \quad (6)$$

donde V es el caudal de aire infiltrado ($\frac{m^3}{h}$)

Δw es la humedad absoluta que tiene el aire ($\frac{g}{kg}$)

En el punto 9.1.1 se han dado los valores de temperatura y humedad relativa tanto del aire interior, como del exterior. Mediante el uso de una tabla psicométrica, figura 17, se consigue el valor en términos absolutos, para poder utilizar la ecuación 6.

Entrando en la tabla con una humedad relativa del 45 % y una temperatura de 22°C, flecha roja se consigue el valor de la humedad absoluta para el interior, $w_{int} = 6,5 \frac{g}{kg}$. Para el aire exterior la temperatura es de 1,2°C y la humedad relativa del 89%. Por lo tanto la humedad absoluta para el exterior, flecha azul, $w_{ext} = 3,5 \frac{g}{kg}$.

El caudal es el mismo que para el punto anterior. Con ello se procede a los cálculos correspondientes, anexo II.

Psicrometría-Carta Psicrométrica

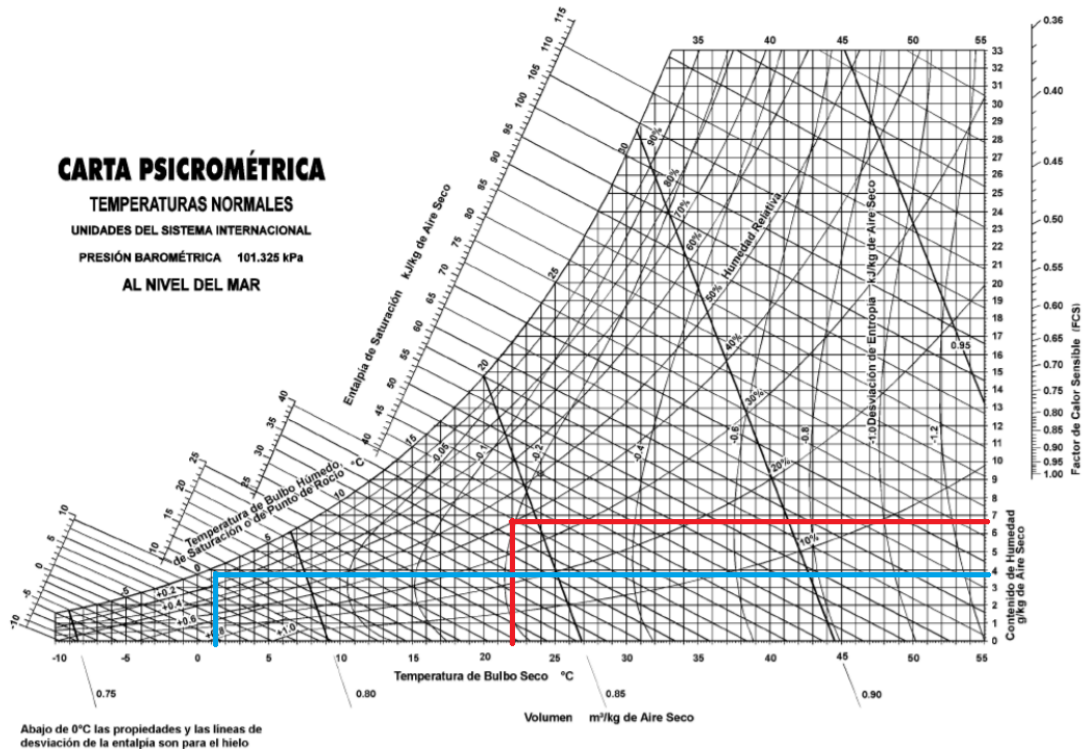


Figura 19: Esquema psicrométrico a nivel de mar, 1atm

9.1.1.3.3 APORTACIONES INTERNAS DE CALOR

En los apartados anteriores se han calculado las pérdidas, tanto por infiltración como por transmisión. Pero hay que tener en cuenta que también hay aportaciones de calor al sistema, como las aportaciones internas y la radiación, que se estudiarán a continuación.

Las aportaciones internas, son todas aquellas que ocurran dentro del edificio a estudiar, que generen calor y por tanto se deban tener en cuenta. Al tratarse de viviendas, las cargas internas son mínimas, pero pueden llegar a tener gran importancia por ejemplo en el cálculo de una oficina o un polideportivo, donde se junta mucha gente o gran cantidad de equipos electrónicos. Suele ser más importante para calcular la refrigeración.

En una vivienda, los equipos de calor más comunes son las lámparas, elementos de cocina, equipos electrónicos y las propias personas. Al tratarse un un gran número de viviendas, la influencia de el calor interno disminuye, ya que los coeficientes de simultaneidad bajan mucho. En los equipos electrónicos y cocina este valor es practicamente nulo, por lo que no se va a considerar.

En el cuadro 17, se muestran las cargas internas que se han tenido en cuenta para una vivienda tipo para 3 personas.

En este caso también se ha tenido en cuenta el calor latente y el sensible para las personas,

	Equipos	Potencia (W)	Calor generado (W)	Cantidad	Ci	Calor total(W)
Calor sensible	Lámparas incandescentes	20	10	15	0,2	30
	Lámparas fluorescentes	25	12,5	1	0,5	6,25
	Personas		60	3	1	180
Calor latente	Personas		30	3	1	90

Cuadro 17: Cargas internas para una vivienda de 3 personas

por la exudación y respiración.

Como se ha comentado, los coeficientes de simultaneidad son muy pequeños, por lo que la aportación total es pequeña, pero a tener en cuenta. Para una vivienda para 3 personas es la siguiente.

$$Q_{interna} = 306,25W$$

9.1.1.3.4 APORTACIÓN POR RADIACIÓN

La radiación del sol también tiene influencia notable, que hay que cuantificar. Aunque es cierto que al tratarse de un proyecto de calefacción, el sistema se dimensiona para la época más adversa, que es en invierno, época en la que la radiación solar tiene menos influencia. En la zona norte de la península no tiene gran influencia la radiación, y aún menos en invierno, aun así es conveniente analizarla.

La fórmula utilizada es la siguiente.

$$Q_{rad} = S \cdot R \cdot F \quad (7)$$

donde S es el área de la parte traslucida de la ventana, el vidrio (m_2)

R es la radiación recibida ($\frac{W}{m_2}$)

F es el factor de atenuación

El área que ocupa el vidrio es el 70 % de lo que ocupan los huecos para las ventanas, como se ha comentado anteriormente.

R es la radiación media que llega a Bilbao en los meses de invierno $R = 90,417 \frac{kWh}{m^2}$ [5].

Para el cálculo de F hay que tener en cuenta diferentes factores. La fórmula para su cálculo es la 8.

$$F = F_s \cdot [(1 - FM) \cdot g + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha] \quad (8)$$

donde F_s es el factor de sombra del hueco o lucernario

FM es la fracción del hueco ocupada por el marco de las ventanas

g el factor solar de la parte semitransparente del hueco

U_m la transmitancia térmica de la madera

α la absorptividad del marco

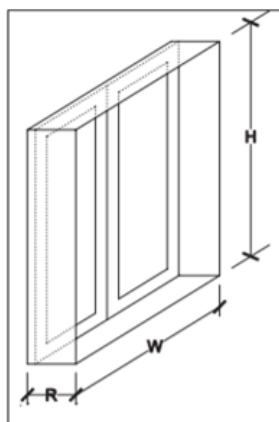
El valor de α se obtiene del cuadro 18, donde el color de la madera se va a coger como marrón medio. $\alpha = 0,75$.

COLOR	CLARO	MEDIO	OSCURO
BLANCO	0,20	0,30	----
AMARILLO	0,30	0,50	0,70
BEIGE	0,35	0,55	0,75
MARRÓN	0,50	0,75	0,92
ROJO	0,65	0,80	0,90
VERDE	0,40	0,70	0,88
AZUL	0,50	0,80	0,95
GRIS	0,40	0,65	----
NEGRO	----	0,96	----

Cuadro 18: Valores para la absorptividad del marco, α

U_m ya se ha definido en un punto anterior, 7.1.2.1. Para este caso en concreto $g = 0,54$ y el porcentaje de vidrio y marco son $(1-FM)$ y FM , el 0,7 y 0,3.

Para conseguir el valor de F_s hay que ir a la tabla 19.



		$0,05 < R/W \leq 0,1$	$0,1 < R/W \leq 0,2$	$0,2 < R/W \leq 0,5$	$R/W > 0,5$	
ORIENTACIONES DE FACHADAS	S	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,82	0,74	0,62	0,39
		$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,76	0,67	0,56	0,35
		$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,56	0,51	0,39	0,27
		$R/H > 0,5$	0,35	0,32	0,27	0,17
	SE/SO	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,86	0,81	0,72	0,51
		$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,79	0,74	0,66	0,47
		$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,59	0,56	0,47	0,36
		$R/H > 0,5$	0,38	0,36	0,32	0,23
	E/O	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,91	0,87	0,81	0,65
		$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,86	0,82	0,76	0,61
		$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,71	0,68	0,61	0,51
		$R/H > 0,5$	0,53	0,51	0,48	0,39

Cuadro 19: Valores para el factor de sombra del hueco, F_s

Para el cálculo del factor de sombra, hace falta saber la altura (H), el retranqueo (R) y la anchura (W) del hueco de la ventana. Para este caso, H y R van a ser iguales en todas las ventanas, $H=1,5$ m y $R=0,2$ m. La anchura sin embargo y la orientación dependerán de cada vivienda, por lo que hay que hacerlos uno a uno. Los valores obtenidos están en las tablas del anexo II.

9.1.1.3.5 COEFICIENTES DE CORRECCIÓN

Una vez calculadas las pérdidas de calor en las viviendas, habría que corregirlas. Hay ciertos coeficientes, que hay que aplicar dependiendo de las circunstancias, para que el resultado final sea lo más realista posible o simplemente por seguridad. Para este caso, se han

aplicado los coeficientes de la tabla 20.

COEFICIENTES		
SEGURIDAD	Vivienda	1,15
ORIENTACIÓN	Norte	1,15
	Sur	1
	Este	1,1
	Oeste	1,05
ZONA HÚMEDA	Vivienda	1,1
ALTURA	<4m	1,02
	4m<x<20m	1,04-1,2
VIENTO	4m/s	1,05
	8m/s	1,1
	20m/s	1,15

Cuadro 20: Valores de los diferentes coeficientes

El coeficiente de altura se ha aplicado piso por piso, cumentando su valor cuanto más alto. En cuanto al viento, después de consultar la rosa de viento de la estación de sondika, se ha visto que la media en invierno del viento es de $3,56 \frac{m}{s}$, por lo que se ha utilizado el valor de 1,05.

9.1.1.3.6 CÁLCULO DE LA DEMANDA DE CALEFACCIÓN TOTAL

Con todos los datos, se hace en cálculo final, ya sea con la envolvente térmica total de cada bloque de viviendas o vivienda por vivienda, como es el caso. Finalmente, los resultados obtenidos para cada una de las fase es la del cuadro 21

	PÉRDIDAS DE CALOR (kW)
FASE 1	273,07
FASE 2	408,97
FASE 3	495,57
TOTAL	1177,61

Cuadro 21: Valores de los diferentes coeficientes

Dividiendo por el número de viviendas, se consigue la potencia media por cada vivienda en cada fase: $Q_{F1} = 4,55kW$; $Q_{F2} = 4,09kW$; $Q_{F3} = 5,16kW$.

La demanda total de energía que se deberá cubrir para la calefacción es por lo tanto de **1177,61 kW**. Esta potencia se deberá suministrar mediante las calderas de la sala de calderas.

9.1.2 CÁLCULO DE LA DEMANDA DE ACS

En este apartado se va a calcular la demanda de ACS y se va a dimensionar la potencia requerida, así como el tamaño de los acumuladores.

El esquema a seguir va a ser, primero el cálculo del caudal y la energía diaria, después definir la demanda en la punta a la que se va a hacer frente en una hora. A partir de ahí, se van a proponer diferentes relaciones entre el volumen de acumulación y la potencia de la caldera, para elegir la más conveniente.

En primer lugar, se va a calcular el caudal máximo simultáneo, que será el caudal que el caudal máximo que se puede dar, teniendo en cuenta el número de viviendas y el gasto de cada una. Este caudal no se va a utilizar para el cálculo de la energía diaria, ya que es un caudal que se dará durante un periodo muy corto de tiempo. Para el cálculo del caudal simultáneo, se necesita el caudal de cada elemento en las viviendas y el número de elementos, definidos por el CTE HS 4, cuadro 22.

Por lo tanto, la demanda para este proyecto, por vivienda, es la del cuadro 23.

Cálculo de los caudales (l/s) y aparatos							
Zonas y locales	AFCH			ACS			
	Aparatos	Unitario	Total	Aparatos	Unitario	Total	
Cocina	Fregadero	1	0,2	0,2	1	0,1	0,1
	Lavadora	1	0,2	0,2	1	0,15	0,15
	Lavavajillas	1	0,15	0,15	1	0,1	0,1
	Total cocina	3	-	0,55	3	-	0,35
Baño	Bañera >1,40 m	1	0,3	0,3	1	0,2	0,2
	Lavabo	1	0,1	0,1	1	0,065	0,065
	Bidé	1	0,1	0,1	1	0,065	0,06
	Inodoro con cisterna	1	0,1	0,1	-	-	-
Total baño	4	-	0,6	3	-	0,33	
Aseo	Ducha	1	0,2	0,2	1	0,1	0,1
	Lavabo	1	0,1	0,1	1	0,065	0,065
	Inodoro con cisterna	1	0,1	0,1	-	-	-
	Total aseo	3	-	0,4	2	-	0,165
Total vivienda	10	-	1,55	8	-	0,845	

Cuadro 22: Cálculo de los caudales por elemento para viviendas

Por lo tanto, el caudal máximo de ACS requerido por cada vivienda es $Q_{max} = 0,845 \frac{l}{s}$. Aunque hay que comentar, que en la fase 3, para bajos y primera planta la demanda es $Q_{max} = 0,845 \frac{l}{s}$ en las viviendas, y los locales no se han tenido en cuenta.

Multiplicando ahora este valor por el número de viviendas de cada fase, apartado 7.1.2, se obtienen los caudales máximos por fase. $Q_{F1max} = 50,7 \frac{l}{s}$, $Q_{F2max} = 84,5 \frac{l}{s}$ y $Q_{F3max} = 64,96 \frac{l}{s}$. Haciendo un total de $Q_{F1max} = 200,16 \frac{l}{s}$.

Obviamente, no todos los grifos se abren al mismo tiempo, por lo que hay que utilizar una fórmula, empírica, que relaciona el caudal máximo con el caudal máximo instantaneo real. La relación la da la ecuación es .

$$Q_c = A \cdot (Q_t)^B + C \quad (9)$$

Estancia	Aparato	Diámetro tub. (mm)	Demanda ACS (l/s)
Baño	Bañera	15	0,2
	Lavabo	10	0,065
	Bide	10	0,065
Aseo	Ducha	15	0,1
	Lavabo	10	0,065
Cocina	Lavadora	12	0,15
	Lavavajillas	12	0,1
	Fregadero	12	0,1

Cuadro 23: Cálculo de los caudales por elemento en una vivienda

Los datos para los coeficientes de la ecuación 9, en una vivienda común son los de la tabla 24.

Tipo de edificio	Caudales (l/s)		Coeficientes		
	Q_v	Q_t	A	B	C
Viviendas	<0,5	≤20	0,682	0,450	-0,140
	≥0,5	≤1	1,000	1,000	0,000
	≥0,5	≤20	1,700	0,210	-0,700
	→ Sin límite	>20	1,700	0,210	-0,700

Cuadro 24: Coeficientes A, B y C para una vivienda

Finalmente, se consigue el caudal máximo simultáneo.

$$Q_{max} = 4,47 \frac{l}{s}$$

Para calcular la energía necesaria para un día, se va a calcular en primer lugar los litros consumidos en un día en total. Para ello, el CTE HS4, define que en una vivienda en bloques, el consumo por persona es de $22 \frac{l}{dia}$ a una temperatura de $60^{\circ}C$. Multiplicándolo para todo el barrio, se obtiene un total de $20.768 \frac{l}{dia}$.

El consumo de ACS en la vivienda se va a hacer a $45^{\circ}C$, y los datos de los caudales están dados para $60^{\circ}C$, por lo que hay que modificarlos, mediante la fórmula 10.

$$D_{ACS} = D_{60^{\circ}C} \cdot \frac{(60 - T_{AFCH})}{(T_{ACS} - T_{AFCH})} \quad (10)$$

donde D_{ACS} es el caudal a la temperatura de consumo que se requiere

$D_{60^{\circ}C}$ es el caudal a la temperatura de $60^{\circ}C$

T_{AFCH} , es la temperatura del agua de la red, $10^{\circ}C$

T_{ACS} , es la temperatura de consumo que se desea, $45^{\circ}C$

Consiguiéndose un caudal de consumo superior a $29.668,5 \frac{l}{dia}$.

Si se compara con el caudal instantáneo máximo, este se podría mantener por 110,62 min, casi 2h.

Finalmente, se consigue la energía demandada para el calentamiento de ACS por día, ecuación

ción 11.

$$E_{60^{\circ}C}(Wh) = Q_{punta}(l) \cdot (T_{ACS} - T_{AFCH})(^{\circ}C) \cdot 1,16 \frac{Wh}{^{\circ}Cl} \quad (11)$$

$$E_{60^{\circ}C} = 29,668,5 \frac{l}{dia} \cdot (45 - 5^{\circ}C) \cdot 1,16 \frac{Wh}{^{\circ}Cl} / 1000 \frac{kW}{W} = 1204,54 \frac{kWh}{dia}$$

Para el cálculo de la potencia y la acumulación hay que dimensionar el sistema para que pueda cubrir la demanda en la hora punta. Por lo tanto, la suma de la energía que produce la caldera para una hora y la energía acumulada en los depósitos, debe ser igual a la energía demandada 11 para esa hora.

La energía producida en la caldera en una hora se consigue con la ecuación 12.

$$E_{caldera}(Wh) = P_{caldera}(W) \cdot t(h) \cdot \eta \quad (12)$$

donde P es la potencia de la propia caldera (W)

t es el tiempo (h)

η es el rendimiento del sistema de producción de ACS, incluyendo pérdidas por intercambio, acumulación, distribución y recirculación.

La energía acumulada en los depósitos se consigue mediante la siguiente ecuación, 13.

$$E_{60^{\circ}C}(Wh) = V(l) \cdot (T_{acumulacion} - T_{ACS})(^{\circ}C) \cdot 1,16 \frac{Wh}{^{\circ}Cl} \cdot F_{usoacumulacion} \quad (13)$$

donde V es el volumen de los acumuladores (l)

$T_{acumulacion}$ es la temperatura del agua de acumulación, $60^{\circ}C$

T_{ACS} es la temperatura de consumo, $45^{\circ}C$

$F_{usoacumulacion}$ es el factor de uso del volumen acumulado

El factor de uso o factor de mezcla, determina que hay una cantidad de agua dentro de los depósitos que no está a la temperatura adecuada y no puede usarse, por lo tanto, corrige el volumen útil de los depósitos. El cálculo del mismo se hace mediante la fórmula 15. Para este caso en concreto va a disponerse de dos depósitos en paralelo, por lo que el factor de uso se aplicará por igual en ambos.

$$F_{usoacumulacion} = 0,63 + 0,14 \cdot \frac{H}{D} \quad (14)$$

donde H es la altura del depósito (m)

D el diámetro del depósito

Finalmente, con las ecuaciones 11, 12 y 13 se consigue la relación entre el volumen de acumulación, la potencia de la caldera y la energía demandada, 15.

$$P_{caldera} = (Q_{punta} \cdot (T_{ACS} - T_{AFCH}) - V \cdot (T_{acumulacion} - T_{ACS}) \cdot F_{usoacumulacion}) \cdot 1,16 / \eta \quad (15)$$

Una vez definida la relación entre los tres conceptos, hay que definir el caudal en la hora punta, para con ello definir la demanda de energía. Una vez hecho eso, se estudian diferentes

relaciones entre la potencia de las calderas y volúmenes de depósitos, para escoger la más aconsejable. Valores típicos son acumulaciones del 30 %, 50 % y 100 %.

Para conseguir el caudal punta hay muchos modos, pero todos ellos empíricos. Una forma fácil y conservadora es definir el caudal punta como la mitad del caudal diario, es decir $29,668,5 \cdot 0,5 = 14834,29(l)$ a una temperatura de $45^{\circ}C$. Una vez definido el caudal, se va a proceder a estudiar diferentes relaciones Potencia/Volumen.

ACUMULACIÓN DEL 30 %

La capacidad de acumulación será $Q_{punta} \cdot 0,3$. $V_{inicial} = 4450,29(l)$.

En la tabla 25, se resumen los valores obtenidos, utilizando las fórmulas anteriormente descritas. Hay que comentar que el factor de forma es la relación $\frac{H}{D}$, y siempre debe ser mayor de 2.

Características del depósito	
Altura(m):	2,35
Diámetro (m):	1,1
Factor de forma:	2,13636364
Factor de mezcla (fm):	0,92909091
Rendimiento ACS	0,75
Potencia calderas (kW)	482,108397
Tiempo recuperación ACS (h)	0,71646527

Cuadro 25: Valores para una acumulación del 30 %

El rendimiento total del ACS, η , no se puede saber hasta el final, por lo que se ha supuesto un rendimiento, realista, del 75 %.

El tiempo de recuperación, se consigue dividiendo la energía necesaria para llenar los depósitos a $60^{\circ}C$ entre la potencia útil de la caldera.

El volumen real de los depósitos se consigue con las características geométricas del cuadro 25, intentando asemejarse lo máximo posible al inicial y que luego habrá que comparar con el depósito real de catálogo. $V_{30\%} = 4466,56(l)$.

ACUMULACIÓN DEL 40,44 %

En este caso se establece el volumen de los depósitos como dato inicial. En el mercado, sin llegar a utilizar depósitos especiales, los de mayor tamaño son de 6000 l, por lo que está será la combinación que se utilizará luego para el dimensionamiento final.

En este caso se entra con el volumen inicial $V_{inicial} = 6000(l)$, para calcular así el porcentaje de acumulación que supone, 40,44 %.

Los valores obtenidos se muestran en el siguiente cuadro, 26.

ACUMULACIÓN DEL 50 %

De manera análoga al caso anterior, se calcula la acumulación del 50 % de la demanda punta. En este caso, $V_{inicial} = 7417,14(l)$.

Los valores obtenidos se muestran en el siguiente cuadro, 27. Finalmente, el valor del depósito es $V_{50\%} = 7433,01(l)$.

Características del depósito	
Altura(m):	2,65
Diámetro (m):	1,2
Factor de forma:	2,20833333
Factor de mezcla (fm):	0,93916667
Rendimiento ACS	0,75
Potencia calderas (kW)	367,680241
Tiempo recuperación ACS (h)	1,2619661

Cuadro 26: Valores para una acumulación del 40,44 %

Características del depósito	
Altura(m):	2,8
Diámetro (m):	1,3
Factor de forma:	2,15384615
Factor de mezcla (fm):	0,93153846
Rendimiento ACS	0,75
Potencia calderas (kW)	268,705969
Tiempo recuperación ACS (h)	2,139213

Cuadro 27: Valores para una acumulación del 50 %

ACUMULACIÓN DEL 100 %

De manera análoga a los casos anteriores, se calcula la acumulación del 1000 % de la demanda punta. En este caso, $V_{inicial} = 14834,29(l)$.

Los valores obtenidos se muestran en el siguiente cuadro, 28. Finalmente, el valor del depósito es $V_{100\%} = 14540,07(l)$.

Características del depósito	
Altura(m):	3,4
Diámetro (m):	1,65
Factor de forma:	2,06060606
Factor de mezcla (fm):	0,91848485
Rendimiento ACS	0,75
Potencia calderas (kW)	-229,744936
Tiempo recuperación ACS (h)	0,07155048

Cuadro 28: Valores para una acumulación del 100 %

Cabe destacar, que se consigue una potencia negativa, lo que quiere decir que la energía del depósito es superior a la de la demanda, es decir, el equipo está sobredimensionado. Antes de decidir cual es el resultado más interesante, se ha optado por elegir cual sería el tamaño de los depósitos máximo sin que haya un sobredimensionamiento en los mismos.

ACUMULACIÓN MÁXIMA

En este caso, La potencia de la caldera debe ser 0 W. Primero se calcula la potencia de la demanda total 11, para luego, con la fórmula 15 calcular el volumen.

El factor de mezcla complica los calculos al resolver la ecuación, ya que se consiguen ecuaciones cuadráticas. Por lo tanto y basado en la experiencia anterior, se va a fijar un valor del factor de forma inicial, para mediante iteraciones acercarse lo máximo posible al resultado más exacto.

La demanda punta suma un valor de 803,029 kW en total y el factor de forma inicial se va a fijar en 0,93, $F_{m_{inicial}} = 0,93$.

Los valores obtenidos se resumen en el cuadro 29.

Características del depósito	
Altura(m):	3,119
Diámetro (m):	1,52
Factor de forma:	2,05197368
Factor de mezcla (fm):	0,91727632
Potencia calderas (kW)	0,07778858
Tiempo recuperación ACS (h)	11253,1289

Cuadro 29: Valores para una acumulación del máximo %

El valor final para el volumen y el factor de forma se ha conseguido en tan solo 3 iteraciones. Con un valor total de $V_{100\%} = 11319,38(l)$.

Como se ve en la tabla 29, la acumulación máxima carece de sentido físico, ya que el tiempo de recuperación en teoría tendría que ser infinito, por lo que no sería un sistema viable.

En el cuadro 30, se resumen todos los casos anteriores.

Acumulaciones	Potencia caldera (kW)	Volumen depósitos (l)
30%	482,10	4466,56
40,44%	367,68	6000
50%	268,71	7433,01
100%	-229,74	1454,07
Máxima (76,31%)	0,078	11319,37

Cuadro 30: Resumen de las relación entre volúmenes y potencias %

Los dos últimos casos carecen de sentido, ya que uno está sobredimensionado y el otro carece de sentido físico. Podría ser viable si se calculasen las potencias para una nueva caldera, pero en cualquier caso estaría sobredimensionado. Los tres primeros casos son los más lógicos, aunque no es tan facil elegir entre ambos. Hay muchos factores para decidir, como el precio de los elementos o el espacio necesario. Cualquiera de los dos puede ser correcto, dependiendo de la ocasión. En un principio se iba a optar por una acumulación del 50 %, pero viendo que los depósitos reales, dentro del mercado común, no superan los 6000 l, se ha diseñado el sistema para trabajar con dos depositos con esas características, es decir, con una acumulación del 40,44 %.

9.1.3 DIMENSIONAMIENTO DE LAS CALDERAS

Sabiendo la potencia demandada por la calefacción y el ACS, se procede al dimensionamiento de los equipos de calefacción.

Como se ha comprobado en el apartado 9.1.1, la demanda total de calefacción es de 1177,61 kW. Para cubrir la necesidad de calor del ACS, se ha decidido combinar un depósito de acumulación con la potencia de la caldera, apartado 9.1.2, obteniendo finalmente una potencia de 367,78 kW. Por lo tanto, las calderas deben aportar una potencia total de 1545,29 kW.

Para el dimensionamiento de las calderas también se debe tener en cuenta las pérdidas de calor en distribución, tanto para las tuberías enterradas, como para las montantes. Como se verá en el apartado 9.3.2 más adelante, se consigue unas pérdidas de calor totales de 11,47 kW.

Finalmente el sistema se debe dimensionar para una potencia de 1545,29 kW.

El sistema consta de dos calderas, una alimentada por biomasa y otra con gas natural. Se quiere que el grueso de la potencia lo aporte la caldera de biomasa, siendo esta considerablemente mayor a la caldera de gas.

Sumando la potencia de ambas calderas se obtiene un total de 1550 kW, pudiendo abastecer el sistema.

Así, las calderas seleccionadas son las que se presentan a continuación.

CALDERA DE BIOMASA

MARCA	FERROLI
MODELO	ARES 950
COMBUSTIBLE	BIOMASA
POTENCIA ÚTIL	950 kW
RENDIMIENTO	< 97,4%
VOLUMEN TOLVA INCORPORADA	1350 l
P_{max} DE TRABAJO	3 bar

Cuadro 31: Características caldera de biomasa



Figura 20: Caldera de biomasa Ferrolí, Ares 950

CALDERA DE GAS

MARCA	FERROLI
MODELO	PREXTHERM RSW N GN-GP 2S-M
COMBUSTIBLE	GAS NATURAL
POTENCIA ÚTIL MIN.	390 kW
POTENCIA ÚTIL MAX.	600 kW
RENDIMIENTO ÚTIL (%100 TRABAJO)	92,56 %
RENDIMIENTO ÚTIL (%30 TRABAJO)	94,32 %
CAPACIDAD TOTAL	465 l
Pmax DE TRABAJO	6 bar

Cuadro 32: Características caldera de biomasa



Figura 21: Caldera de gas Ferrolí, Prextherm RSW N GN-GP 2S-M

9.2 ENGANCHE EN LA VIVIENDA

La distribución se va a hacer en dos etapas. La primera desde la acometida de bloque hasta cada uno de las tomas de las viviendas, apartado 9.2, y la segunda desde la sala de calderas hasta la acometida a cada bloque, apartado 9.3.

Este apartado se centra en la distribución del agua caliente desde la acometida de cada bloque hasta las viviendas. Por lo tanto, se van a calcular los caudales, las pérdidas de carga y las pérdidas de calor tanto para calefacción como para ACS, así como cada uno de los elementos que compone el sistema.

El sistema se ha dimensionado para el caso más desfavorable en el que el ACS y la calefacción tienen su demanda máxima y hay que abastecer los hogares en ese momento.

En primer lugar hay que definir el sistema de tuberías escogido para la distribución. Se trata de un sistema de 2 tuberías: 1 para la ida y otra para el retorno, siendo la misma para calefacción y ACS. Normalmente, los sistemas de calefacción suelen ser de 2 tuberías y de 3 o 4 tuberías los sistemas que combinan calefacción y refrigeración. Sin embargo, para valorar el uso de 2 o 4 tuberías están las justificaciones energéticas y económicas, como en casi cualquier proyecto de ingeniería.

Las ventajas del sistema de 2 tubos parecen bastante obvias. La zanja requerida es más pequeña, ya que los tubos, aunque de mayor diámetro son menos cantidad. Económicamente el menor uso de tubos supone a priori también un menor gasto. Sin embargo, el precio de las tuberías no aumenta linealmente con el diámetro, la diferencia es muy notable según aumenten los diámetros. Por ejemplo un accesorio de cobre de 12 mm de diámetro tiene un costo de 0,71 € la unidad, mientras que uno de 15 mm tiene un costo de 0,89 €. Sin embargo, un accesorio de 54 mm de diámetro tiene un costo de 37,64 €, mientras que uno de 64 mm cuesta 123,99 € la unidad. El primer caso supone un aumento de 0,06 € el mm, mientras que el segundo supone un aumento de 8,635 €.

Haciendo la simulación de ambos casos mediante el programa EPANET para el primer mallado, se han conseguido diámetros máximos de 90 mm y mínimos de 60mm para el sistema de 2 tubos, mientras que separando el sistema máximos de 70 mm y mínimos de 40 mm. Una tubería de un material resistente al calor de 90 mm tiene un precio por metro de instalación de 40,53 €, mientras que uno de 75 mm 29,64 €. La diferencia es aún menor cuanto menores son los diámetros, por lo que resulta más económico el sistema de 2 tubos. Energéticamente el sistema de 2 tubos tiene menores pérdidas también, aunque como se verá más adelante la condición impuesta de pérdidas de calor es bastante restrictiva, por lo que no habrá tanta diferencia.

Por lo tanto, resulta mejor un sistema de 2 tubos en este caso, pero no siempre se justifica su uso.

Antes de empezar con los cálculos, se va a explicar en que consiste la distribución, es decir, donde se encuentra la sala de calderas y por donde pasa cada tubería.

En la figura 22, se muestra la localización de la sala de calderas, que se detallará en un próximo punto, y cada una de las tuberías desde la sala de calderas a las montantes de cada bloque. Dentro ya del bloque el agua asciende por la montante y llega a cada casa.

En primer lugar se va a analizar la calefacción. Se va a empezar calculando en caudal, de esta manera se podrán calcular las pérdidas de carga y las pérdidas de calor, haciendo de forma análoga después para el ACS.



Figura 22: Esquema de las distribuciones de tuberías y nodos

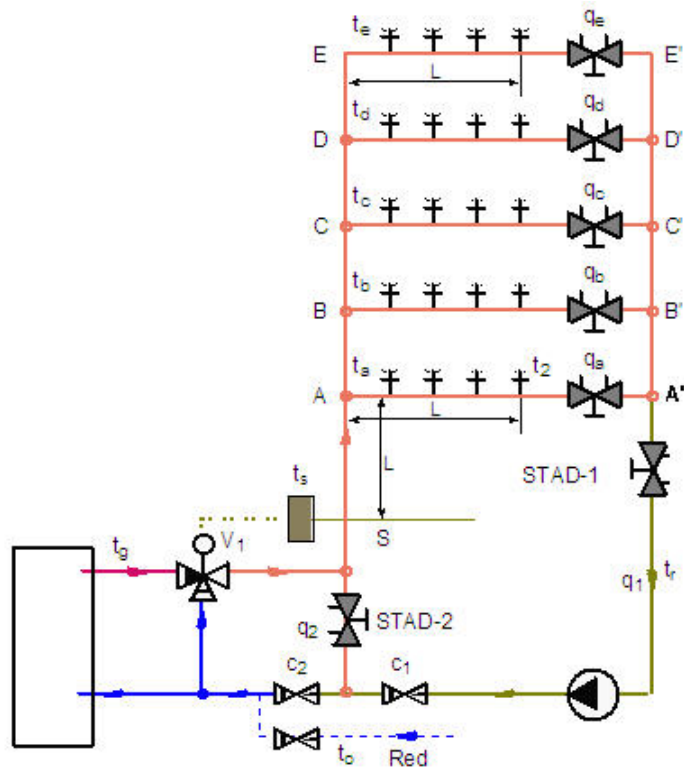


Figura 23: Esquema básico de los bloques

En cada uno de los bloques de viviendas, debe de haber una subestación, que será la encargada de regular la temperatura requerida, bombear hasta las viviendas el agua e intercambiar calor con la red de distribución.

Para este caso en concreto, el tipo de subestación utilizada va a ser el mismo para todos los bloques, variando las bombas, tuberías e intercambiadores de calor en función de la demanda de cada bloque, que se definirán en el apartado 9.3.

Todas las subestaciones deberán de tener dos bombas iguales tanto para calefacción como para ACS, colocadas en paralelo, para que en caso de que falle una pueda responder la otra. Deben de tener un intercambiador de calor capaz de recibir el aporte de calor necesario del sistema. Una válvula de 3 vías, que mediante el sistema de control que hay instalado en la propia subestación, regule la temperatura de la ida y el retorno a las viviendas. El esquema básico del es el de la imagen 23, donde se aprecia la subestación.

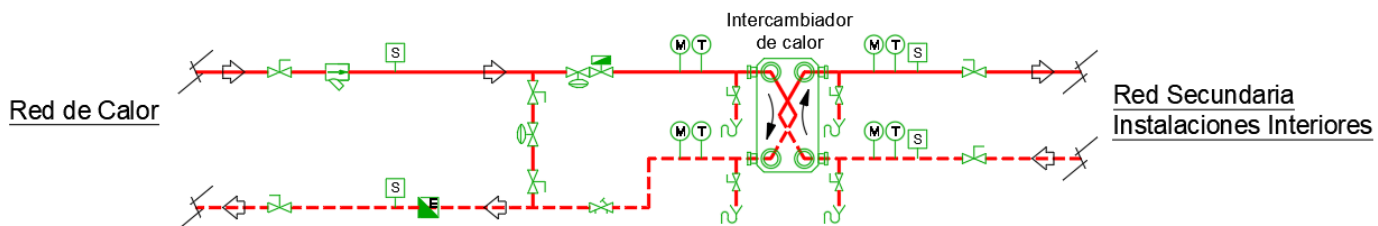


Figura 24: Detalle de intercambio de calor en la subestación

El lazo de regulación principal se realiza sobre el circuito secundario, aunque para mejorar el confort también se puede aplicar un segundo lazo.

Como se aprecia en la imagen, todos los sistemas deben ir con válvulas de dos vías para cortar el caudal en caso de que sea necesario, al igual que válvulas de equilibrado para proteger el caudal máximo que entra.

9.2.1 CALEFACCIÓN

En primer lugar se va a calcular el caudal de agua que requiere el sistema de calefacción en cada uno de los tramos. Después, con el caudal se calcula el diámetro en cada tramo y de esta forma es posible calcular las pérdidas de carga. Finalmente, se calculan las pérdidas de calor y el aislamiento requerido.

Para ello, se van a definir primero, cuales son las características y requerimientos que habrá que tener en cuenta.

Al ser tuberías de cobre, la velocidad debe estar entre los 0,5 y 2 $\frac{m}{s}$, según el CTE HS 4, cogiendo 1 $\frac{m}{s}$ como referencia inicial en este caso. La temperatura del agua caliente en la ida, se definirá en 80 °C y la vuelta en 60 °C.

Los sistemas instalados en las viviendas son monotubulares, por lo que para un rendimiento óptimo, los caudales deben estar entre 375 y 500 $\frac{l}{h}$.

Las pérdidas de carga en las viviendas debe oscilar entre los 2 y 3 m, como se verá en las tablas del anexo II, por lo que se aumentará el diámetro en caso de que sea necesario.

9.2.1.1 CÁLCULO DEL CAUDAL Y DEL DIÁMETRO

El metodo utilizado va a ser, calcular el caudal que circula en cada una de las viviendas, de esta manera, se va a calcular los caudales necesarios en las tuberías hasta la subestación situada en la acometida de cada bloque, mediante la ecuación de la conservación de la masa, ecuación 16.

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \quad (16)$$

Para calcular el caudal que circula en en cada vivienda, se va a utilizar la expresión 17, que relaciona la potencia y el caudal.

$$Q = \frac{Potencia}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta T} \quad (17)$$

donde Q es el caudal ($\frac{m^3}{s}$)

ρ es la densidad del agua a la temperatura estudiada ($\frac{kg}{m^3}$)

c_p es el calor específico del agua ($\frac{kJ}{kg \cdot m^3}$)

ΔT es el salto térmico (°C)

La temperatura del agua la ida sera de 80 °C y la vuelta en 60 °C, por lo que el salto térmico será de 20 °C. Para la densidad del agua, se cogerá el valor a la temperatura media, es decir, $\rho_{70^\circ C} = 978 \frac{kg}{m^3}$. El calor específico del agua es 4,18 $\frac{kJ}{kg \cdot m^3}$.

La potencia en cada vivienda, es la calculada en el apartado 9.1.

Una vez definido todo, se calcula fase por fase los caudales y diámetros.

FASE 1

En la fase 1, se va a coger una vivienda tipo únicamente, para simplificar los cálculos. Para esta vivienda, los cálculos aparecen en la tabla 33.

POTENCIA NECESARIA (W)	9102,4
CAUDAL (l/h)	400,79
D teórico (mm)	11,91
Diámetro comercial (mm)	15
Velocidad (m/s)	0,63

Cuadro 33: Caudales y diámetros vivienda tipo, fase 1

Con la relación 17 se consigue el caudal y mediante la ecuación 18, se calcula el diámetro teórico, para la velocidad de $1 \frac{m}{s}$ que se ha comentado anteriormente. Con ese diámetro como referencia, se escoge el diámetro comercial que más nos interesa, anexo II. Finalmente, se comprueba que la velocidad para el nuevo diámetro está entre los valores fijados anteriormente. En este caso, se ha escogido un diámetro mayor, para reducir las pérdidas de carga, lo máximo posible como se explicará después.

$$Q = V \cdot A \quad (18)$$

donde Q es el caudal ($\frac{m^3}{s}$)

V es la velocidad del agua ($\frac{m}{s}$)

A es el área de la tubería cilíndrica (m^2)

Para el cálculo de la montante, el caudal se consigue multiplicando el caudal de una única vivienda por el número de viviendas que componen el bloque. Así, los valores de los caudales y diámetros obtenidos para cada tramo de la montante son los que se muestran en el cuadro 34.

Los cálculos para la bajante son los mismos, ya que va solidaria a la montante.

	ACOMETIDA/1	MONTANTE 1/2	MONTANTE 2/3	MONTANTE 3/4	MONTANTE 4/5
CAUDAL (l/h)	8015,73	6412,586961	4809,440221	3206,29348	1603,14674
CAUDAL (m3/s)	0,002227	0,001781	0,001336	0,000891	0,000445
V estimado (m/s)	1	1	1	1	1
D teórico (mm)	53,24	47,62	41,24	33,67	23,81
Diámetro comercial (mm)	51,6	50	40	32	25
V real (m/s)	1,06	0,91	1,06	1,11	0,91

Cuadro 34: Caudales y diámetros montante, fase 1

FASE 2

Los cálculos para esta fase se hacen de forma análoga a la anterior. Por lo tanto, los valores para los diámetros y los caudales obtenidos para las viviendas y las montantes, aparecen en

POTENCIA NECESARIA (W)	8179,94
CAUDAL (l/h)	360,17
D teórico (mm)	11,29
Diámetro comercial (mm)	15
Velocidad (m/s)	0,57

Cuadro 35: Caudales y diámetros vivienda tipo, fase 2

	ACOMETIDA/1	MONTANTE 1/2	MONTANTE 2/3	MONTANTE 3/4	MONTANTE 4/5
CAUDAL (l/h)	8015,73	6412,586961	4809,440221	3206,29348	1603,14674
CAUDAL (m³/s)	0,002227	0,001781	0,001336	0,000891	0,000445
V estimado (m/s)	1	1	1	1	1
D teórico (mm)	53,24	47,62	41,24	33,67	23,81
Diámetro comercial (mm)	51,6	50	40	32	25
V real (m/s)	1,06	0,91	1,06	1,11	0,91

Cuadro 36: Caudales y diámetros montante, fase 2

los cuadros 35 y 36 respectivamente.

En este caso, también la tendencia ha sido coger el diámetro más pequeño posible en la distribución y el más grande en las viviendas.

FASE 3

La forma de proceder en la fase 3 es análoga a las anteriores, con la excepción de que al ser casi todas las viviendas de diferentes geometrías, hay que analizarlas individualmente, tablas 37 y 38.

VIVIENDAS PORTAL A

PORTAL A		Potencia instalada (W)	POTENCIA (kW)	CAUDAL (l/h)	D teórico (mm)	Diámetro comercial (mm)	Velocidad (m/s)
PLANTA BAJA	PISO A	9099,50	9,10	400,66	11,90	15	0,63
	PISO B	7874,39	7,87	346,72	11,07	15	0,55
	LOCAL A	7034,70	7,03	309,74	10,47	13,4	0,61
	LOCAL B	7431,47	7,43	327,21	10,76	13,4	0,64
PRIMERA PLANTA	PISO A	8515,03	8,52	374,92	11,52	15	0,59
	PISO B	7795,59	7,80	343,25	11,02	15	0,54
	LOCAL A	9257,32	9,26	407,61	12,01	15	0,64
	LOCAL B	9173,64	9,17	403,92	11,95	15	0,63
PLANTA 2-4	PISO A	10803,11	10,80	475,67	12,97	16,4	0,63
	PISO B	10382,50	10,38	457,15	12,72	16	0,63
	PISO C	8767,53	8,77	386,04	11,68	16	0,53
	PISO D	8692,38	8,69	382,73	11,63	16	0,53
PLANTA 5	PISO A	15533,47	15,53	683,95	15,55	20	0,60
	PISO B	15101,90	15,10	664,95	15,34	20	0,59
	PISO C	13442,86	13,44	591,90	14,47	20	0,52
	PISO D	12953,21	12,95	570,34	14,20	20	0,50

Cuadro 37: Caudales y diámetros viviendas portal A, fase 3

VIVIENDAS PORTAL B

PORTAL B		Potencia instalada (W)	POTENCIA (kW)	CAUDAL (l/h)	D teórico (mm)	Diámetro comercial (mm)	Velocidad (m/s)
PLANTA BAJA	PISO A	8296,35	8,30	365,30	11,37	15	0,57
	PISO B	7957,49	7,96	350,38	11,13	15	0,55
	LOCAL A	6998,52	7,00	308,15	10,44	13	0,64
	LOCAL B	6055,09	6,06	266,61	9,71	13	0,56
PRIMERA PLANTA	PISO A	8221,54	8,22	362,00	11,32	15	0,57
	PISO B	7388,60	7,39	325,33	10,73	15	0,51
	LOCAL A	8987,04	8,99	395,71	11,83	14	0,71
	LOCAL B	8367,71	8,37	368,44	11,42	14	0,66
PLANTA 2-4	PISO A	9863,29	9,86	434,29	12,39	16	0,60
	PISO B	9782,10	9,78	430,71	12,34	16	0,60
	PISO C	9043,11	9,04	398,18	11,87	16	0,55
	PISO D	9149,64	9,15	402,87	11,94	16,4	0,53
PLANTA 5	PISO A	14202,15	14,20	625,33	14,87	20	0,55
	PISO B	14178,27	14,18	624,28	14,86	20	0,55
	PISO C	13949,24	13,95	614,20	14,74	20	0,54
	PISO D	13651,31	13,65	601,08	14,58	20	0,53

Cuadro 38: Caudales y diámetros viviendaa portal B, fase 3

Las montantes también se analizan por separado en los dos portales, cuadros 39 y 40.

PORTAL A	ACOMETIDA/0	MONTANTE 0/1	MONTANTE 1/2	MONTANTE 2/3	MONTANTE 3/4	MONTANTE 4/5
CAUDAL (l/h)	10529,97	9145,64	7615,93	5914,34	4212,74	2511,14
CAUDAL (m3/s)	0,002925	0,002540454	0,002115537	0,001642871	0,001170206	0,00069754
V estimado (m/s)	1	1	1	1	1	1
D teórico (mm)	61,03	56,87	51,90	45,74	38,60	29,80
Diámetro comercial (mm)	60	60	52	50	40	32
V real (m/s)	1,03	0,90	1,00	0,84	0,93	0,87

Cuadro 39: Caudales y diámetros montante portal A, fase 3

PORTAL B	ACOMETIDA/0	MONTANTE 0/1	MONTANTE 1/2	MONTANTE 2/3	MONTANTE 3/4	MONTANTE 4/5
CAUDAL (l/h)	10204,94	8914,50	7463,03	5796,98	4130,94	2464,89
CAUDAL (m3/s)	0,002835	0,002476251	0,002073064	0,001610274	0,001147483	0,000684692
V estimado (m/s)	1	1	1	1	1	1
D teórico (mm)	60,08	56,15	51,38	45,28	38,22	29,53
Diámetro comercial (mm)	60	60	52	50	40	32
V real (m/s)	1,00	0,88	0,98	0,82	0,91	0,85

Cuadro 40: Caudales y diámetros montante portal B, fase 3

9.2.1.2 PÉRDIDAS DE CARGA

Una vez definidos caudales y diámetros se procede a calcular las pérdidas de carga en las viviendas y montantes.

Las pérdidas de carga se van a dividir en dos grupos: las denominadas primarias, que son debidas al rozamiento del fluido, y las secundarias, debidas a la pérdida de energía que sufre el fluido en los codos, estrechamientos, válvulas, etc.

PÉRDIDAS DE CARGA PRIMARIAS

Para el cálculo de las pérdidas primarias, la ecuación utilizada ha sido la de Darcy Weisbach, ecuación 19.

$$H = f \cdot \frac{L \cdot V^2}{D \cdot 2 \cdot g} \quad (19)$$

donde H son las pérdidas de carga (m)

f es el factor de fricción (-)

L es la longitud del tramo de tubería (m)

V es la velocidad ($\frac{m}{s}$)

D es el diámetro (m)

g es la constante de la gravedad ($9,81 \frac{m}{s^2}$)

Todos los datos son conocidos, excepto f, para el que se usara la fórmula de Karman-Prandtl,

para una tubería hidráulicamente lisa y régimen turbulento, ecuación 20. El régimen turbulento se comprobará con el número de Reynolds

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{f}} \quad (20)$$

donde Re es el número de Reynolds, que en este caso se define con la ecuación 21.

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} \quad (21)$$

donde ρ es la densidad del agua a la temperatura estudiada ($\frac{kg}{m^3}$)

V es la velocidad ($\frac{m}{s}$)

D es el diámetro (m)

μ es la viscosidad dinámica del fluido ($Pa \cdot s$)

Los valores de Reynolds obtenidos son muy altos, >4000 , por lo que se justifica el régimen turbulento y por lo tanto el uso de la ecuación 20.

El valor de f se consigue con varias iteraciones. Para este caso el valor inicial se ha supuesto el del régimen laminar ($f = \frac{64}{Re}$) y se ha iterado hasta que el error es prácticamente despreciable, 5 iteraciones han sido suficientes.

Con el valor de f , ya se pueden conseguir los valores de las pérdidas de carga primarias para todas las fases, tanto para las viviendas, como para la distribución.

Los cuadros con los resultados de las pérdidas de carga primarias para las viviendas y montantes se muestran en el anexo II. Al ser la diferencia entre la montante y la bajante la temperatura del agua en $20\text{ }^{\circ}C$, la influencia de esta en las pérdidas de carga es prácticamente imperceptible, por lo que se van a analizar montantes y bajantes al mismo tiempo.

La tabla 76 muestra todos los cálculos de las pérdidas de carga primarios para las viviendas, para la fase 1.

La tabla 77 para la fase 2.

Las tablas 78-81 muestran los cálculos para las viviendas y montantes en los portales A y B, en la fase 3.

PÉRDIDAS DE CARGA SECUNDARIAS

Como ya se ha explicado, las pérdidas secundarias, son aquellas que se producen en los codos, estrechamientos, etc. Por lo tanto, lo que se va a hacer es enumerar el número de elementos que producen esas pérdidas para poder calcularlas numéricamente.

Los elementos del sistema que generan pérdidas secundarias son: Calefacciones (llave y panel simple); codos (pérdidas proporcionales al diámetro de la tubería y al ángulo); bifurcaciones o T (pérdidas proporcionales al diámetro y al tipo); válvulas (pérdidas proporcionales al diámetro y al tipo). También hay otros elementos como los filtros o estrechamientos, pero no se van a tener en cuenta para la calefacción.

Con el número de elementos y las pérdidas que crea cada uno, se consiguen los valores para las pérdidas de carga secundarias.

Estos valores se cuantifican en las tablas del anexo II.

La tabla 82 muestra todos los cálculos de las pérdidas de carga secundarios para las viviendas y la distribución respectivamente, para la fase 1.

La tabla 83 para la fase 2.

Las tablas 84 y 85 muestran los cálculos para las viviendas, portal A y B en la fase 3.

PÉRDIDAS DE CARGA TOTALES

Con la suma de las pérdidas de carga primarias y secundarias se obtienen las pérdidas totales, resumida por fases en la tabla 41.

		Δp bloque (m)	Δp total (m)
F1	Tipo	5,88	17,64
F2	Tipo	5,75	28,75
F3	A	6,60	13,20
	B	5,83	11,66

Cuadro 41: Pérdidas de carga de calefacción en viviendas

Sabiendo los caudales y las pérdidas a superar, se puede dimensionar las bombas de circulación para la calefacción en las viviendas.

9.2.1.3 PÉRDIDAS DE CALOR Y AISLAMIENTO

En este apartado se va a calcular las pérdidas de calor para las tuberías de calefacción desnudas, para después dimensionar el aislamiento.

Solo se van a hacer los cálculos para las montantes, ya el aislante de las tuberías que recorren la vivienda no requieren de cálculos, debido a su menor diámetro e influencia.

Por lo tanto, se van a diferenciar dos tipos de cálculos; para las tuberías enterradas y para las tuberías en aire. Las primeras son las que se encargan de la distribución desde la sala de calderas hasta cada uno de los bloques y las segundas las de las montantes. En este primer apartado, solo se van a calcular las segundas.

PÉRDIDAS DE CALOR EN TUBERÍAS EXTERIORES

El criterio utilizado para el dimensionamiento del aislante es el mismo que para las tuberías enterradas, apartado 8.3.1.2.

$$q/H_{sinaislar} \cdot 0,1 = q/H_{aislado}$$

La fórmula para la pérdida de calor es la 25, solo que en este caso la resistencia varía. La resistencia térmica para una tubería vertical cilíndrica es la de la fórmula 22.

$$R_{aislamiento} = \frac{1}{2 \cdot \Pi \cdot r \cdot h} \quad (22)$$

donde h es el coeficiente de convección exterior, $(\frac{W}{m^2 \cdot K})$

Al ser una tubería exterior, la convección y la radiación le afectan, y juntas forman el valor h antes mencionado, $h = h_{conv} + h_{rad}$. La convección interior es muy alta, por lo que la resistencia de la misma se desprecia, ecuación 22.

Para conocer el valor de h_{conv} , en primer lugar hay que saber si se trata de un régimen laminar o turbulento, para ello se calcula el valor de $D^3 \cdot \Delta T$. Si el resultado es menor de $10 m^3 \cdot ^\circ C$, está en régimen laminar, y en caso contrario en régimen turbulento y se aplicará la fórmula que proceda en cada caso.

En este caso, el valor obtenido para la montante de 50mm de diámetro y salto térmico de $20 ^\circ C$ es menor de $10 m^3 \cdot ^\circ C$ por lo que es régimen laminar. La ecuación por lo tanto es la 23.

$$h_{conv} = 1,32 \cdot \left(\frac{\Delta T}{D}\right)^{0,25} \quad (23)$$

donde ΔT es el salto térmico ($^\circ C$)

D el diámetro exterior del aislante (m)

Para el cálculo de la convección por radiación se utiliza la fórmula 24.

$$h_{rad} = \varepsilon \cdot \sigma (T \cdot K_{sup} + T \cdot K_{aire}) \cdot (T \cdot K_{sup}^2 + T \cdot K_{aire}^2) \quad (24)$$

donde εT es la constante de Stefan-Boltzman $(5,67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4})$

σ es el coeficiente de emisión de la superficie (0,9)

$T \cdot K_{sup}$ es la temperatura de la superficie (K)

$T \cdot K_{aire}$ la temperatura del aire (K)

Para el cálculo de la resistencia del aislamiento se utiliza la ecuación 30, donde k es la de la lana de vidrio.

Con todas las ecuaciones, se hace lo mismo que en el caso de tubería enterrada, aunque en

DIAMETRO	AISL. (mm)
D25	120
D32	82
D40	60
D50	41,35
D51,6	41,35
D60	32,3

Cuadro 42: Diámetros de aislamiento por diámetro de tubería.

este caso solo existe un tipo de tubería.

Finalmente el espesor del aislante conseguido para cada diámetro es el de la tabla 42.

Sabiendo las pérdidas de calor supuestas y las longitudes se calculan las pérdidas de carga de las tuberías aisladas, tabla 43.

Finalmente, suman un total de 3,85 kW.

Diámetro (mm)	Pérdidas (W/m)	Longitud (m)	Pérdidas (W)
D25	9,32	24	223,68
D32	11,51	36	414,36
D40	13,6	36	489,6
D50	16,35	86	1406,1
D51,6	16,79	42	705,18
D60	19,05	32	609,6

Cuadro 43: Pérdidas de calor de las montantes.

9.2.2 ACS

En este apartado se va a dimensionar la red de ACS desde la acometida de cada bloque hasta las viviendas.

El esquema para la distribución hasta cada bloque ya se ha visto en la figura 22, siendo esquema interior del bloque para el ACS es el de la figura 25.

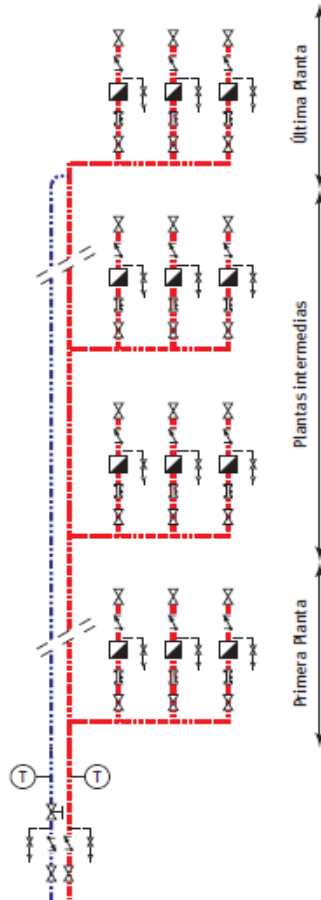


Figura 25: Esquema del ACS en los bloques

La distribución del ACS se va a dividir en diferentes partes: cálculo del caudal y diámetros; pérdidas de carga; pérdidas de calor; cálculo de la recirculación.

9.2.2.1 CÁLCULO DEL CAUDAL Y DEL DIÁMETRO

Una vez definido el esquema, hay que definir los caudales que circulan por cada una de las tuberías. Las características que se deben completar según el CTE HS4, son las siguientes.

1. Los caudales máximos para cada tramo se definen como en la ecuación 9.
2. Las velocidades para tubería termoplástica deben estar entre 0,5 y 3,5 ($\frac{m}{s}$).
3. Las presiones en el consumo deben estar entre 1 y 5 (bar).

Para este proyecto en concreto, se va a tener que analizar los caudales y diámetros para cada una de las fases, tanto en los bloques, como para la distribución hasta ese punto.

En las fases 1 y 2, la llegada de ACS al bloque se hace por la planta -1, cumpliendo con el esquema anterior y hasta el bloque mediante la distribución de la figura 22. En la fase 3, el abastecimiento se hace en planta 0.

En el apartado 9.1.2 se ha comprobado que el caudal máximo por vivienda es de $0,845 \frac{l}{s}$. A partir de ahí, se calcula el caudal total del tramo de la tubería en cuestión, multiplicando por el número de viviendas que se abastecen por cada tubería.

A continuación se aplica la formula 9, siempre teniendo en cuenta la tabla 24, para la elección de los coeficientes. De esta forma se calcula el caudal para cada tramo.

Para el cálculo del diámetro, en primer lugar hay que definir el material y la velocidad inicial del agua. La velocidad inicial del agua se establece en $2 \frac{m}{s}$, para cumplir el CTE HS 4, mientras que el material escogido va a ser un material termoplástico UNE-EN ISO, de la serie 3.2. A partir de ahí, con la velocidad y el caudal de cada tramo, se consigue el diámetro interior, cuadro 44.

Caudales (l/s y l/h) en función de la velocidad (m/s)												
Velocidad (m/s)	Tubería:				Termoplásticos UNE-EN ISO					Serie 3.2		
	P12	P16	P20	P25	P32	P40	P50	P63	P75	P90	P110	
	Diámetro interior (mm)											
	8,8	11,6	14,6	18,2	23,4	29,2	36,4	46,0	54,8	65,6	80,2	
0,75	0,05 164	0,08 285	0,13 452	0,20 702	0,32 1.161	0,50 1.808	0,78 2.810	1,25 4.487	1,77 6.368	2,53 9.126	3,79 13.640	
0,88	0,05 192	0,09 333	0,15 527	0,23 819	0,38 1.355	0,59 2.109	0,91 3.278	1,45 5.235	2,06 7.430	2,96 10.647	4,42 15.913	
1,00	0,06 219	0,11 380	0,17 603	0,26 937	0,43 1.548	0,67 2.411	1,04 3.746	1,66 5.983	2,36 8.491	3,38 12.167	5,05 18.186	
1,13	0,07 246	0,12 428	0,19 678	0,29 1.054	0,48 1.742	0,75 2.712	1,17 4.215	1,87 6.731	2,65 9.552	3,80 13.688	5,68 20.459	
1,25	0,08 274	0,13 476	0,21 753	0,33 1.171	0,54 1.935	0,84 3.013	1,30 4.683	2,08 7.479	2,95 10.614	4,22 15.209	6,31 22.733	
1,38	0,08 301	0,15 523	0,23 829	0,36 1.288	0,59 2.129	0,92 3.315	1,43 5.151	2,29 8.226	3,24 11.675	4,65 16.730	6,95 25.006	
1,50	0,09 328	0,16 571	0,25 904	0,39 1.405	0,65 2.322	1,00 3.616	1,56 5.619	2,49 8.974	3,54 12.736	5,07 18.251	7,58 27.279	
1,63	0,10 356	0,17 618	0,27 979	0,42 1.522	0,70 2.516	1,09 3.918	1,69 6.088	2,70 9.722	3,83 13.798	5,49 19.772	8,21 29.553	
1,75	0,11 383	0,18 666	0,29 1.055	0,46 1.639	0,75 2.709	1,17 4.219	1,82 6.556	2,91 10.470	4,13 14.859	5,91 21.293	8,84 31.826	
1,88	0,11 411	0,20 713	0,31 1.130	0,49 1.756	0,81 2.903	1,26 4.520	1,95 7.024	3,12 11.218	4,42 15.920	6,34 22.814	9,47 34.099	
2,00	0,12 438	0,21 761	0,33 1.205	0,52 1.873	0,86 3.096	1,34 4.822	2,08 7.492	3,32 11.966	4,72 16.982	6,76 24.335	10,10 36.372	
2,13	0,13 465	0,22 808	0,36 1.281	0,55 1.990	0,91 3.290	1,42 5.123	2,21 7.961	3,53 12.714	5,01 18.043	7,18 25.856	10,73 38.646	
2,25	0,14 493	0,24 856	0,38 1.356	0,59 2.107	0,97 3.483	1,51 5.424	2,34 8.429	3,74 13.461	5,31 19.105	7,60 27.377	11,37 40.919	
2,38	0,14 520	0,25 904	0,40 1.431	0,62 2.224	1,02 3.677	1,59 5.726	2,47 8.897	3,95 14.209	5,60 20.166	8,03 28.898	12,00 43.192	
2,50	0,15 547	0,26 951	0,42 1.507	0,65 2.341	1,08 3.870	1,67 6.027	2,60 9.366	4,15 14.957	5,90 21.227	8,45 30.419	12,63 45.466	
2,63	0,16 575	0,28 999	0,44 1.582	0,68 2.458	1,13 4.064	1,76 6.328	2,73 9.834	4,36 15.705	6,19 22.289	8,87 31.940	13,26 47.739	
2,75	0,17 602	0,29 1.046	0,46 1.657	0,72 2.576	1,18 4.258	1,84 6.630	2,86 10.302	4,57 16.453	6,49 23.350	9,29 33.461	13,89 50.012	
2,88	0,17 630	0,30 1.094	0,48 1.733	0,75 2.693	1,24 4.451	1,93 6.931	2,99 10.770	4,78 17.201	6,78 24.411	9,72 34.982	14,52 52.285	
3,00	0,18 657	0,32 1.141	0,50 1.808	0,78 2.810	1,29 4.645	2,01 7.232	3,12 11.239	4,99 17.949	7,08 25.473	10,14 36.502	15,16 54.559	
3,13	0,19 684	0,33 1.189	0,52 1.883	0,81 2.927	1,34 4.838	2,09 7.534	3,25 11.707	5,19 18.696	7,37 26.534	10,56 38.023	15,79 56.832	
3,25	0,20 712	0,34 1.236	0,54 1.959	0,85 3.044	1,40 5.032	2,18 7.835	3,38 12.175	5,40 19.444	7,67 27.595	10,98 39.544	16,42 59.105	
3,38	0,21 739	0,36 1.284	0,57 2.034	0,88 3.161	1,45 5.225	2,26 8.136	3,51 12.644	5,61 20.192	7,96 28.657	11,41 41.065	17,05 61.378	

Cuadro 44: Tabla diámetros interiores, material termoplástico UNE- EN ISO, serie 3.2

Sabiendo el diámetro real y el caudal, con la ecuación 18, se comprueba ahora cual es la velocidad que circula por la tubería, para asegurarse que la velocidad fijada inicialmente no haya variado excesivamente y siga entre los límites fijados.

Para las pérdidas de carga, con el diámetro y el caudal, mediante la tabla 45, se consiguen las pérdidas de carga primarias por metro.

Caudales máximos en función de la pérdida de carga												
Tipo de tubería: Lisa						*Temperatura media del agua: 50 °C						
*Material: Termoplásticos UNE-EN ISO						*Densidad: 988 kg/m ³						
*Norma: Serie 3.2						*Viscosidad: 0,582 cSt						
Pa/E	DN	P12	P16	P20	P25	P32	P40	P50	P63	P75	P90	P110
	Φ int.	8,8	11,6	14,6	18,2	23,4	29,2	36,4	46,0	54,8	65,6	80,2
2.000	l/s	0,07	0,14	0,27	0,49	0,97	1,77	3,21	6,07	9,76	15,90	27,43
	l/h	245	519	969	1.763	3.487	6.361	11.570	21.840	35.124	57.234	98.749
	m/s	1,12	1,36	1,61	1,88	2,25	2,64	3,09	3,65	4,14	4,70	5,43
2.200	l/s	0,07	0,15	0,28	0,52	1,02	1,87	3,39	6,41	10,30	16,79	28,97
	l/h	259	548	1.024	1.862	3.683	6.747	12.218	23.063	37.090	60.438	104.277
	m/s	1,18	1,44	1,70	1,99	2,38	2,79	3,26	3,85	4,37	4,97	5,73
2.400	l/s	0,08	0,16	0,30	0,54	1,08	1,96	3,57	6,73	10,83	17,64	30,44
	l/h	272	576	1.076	1.957	3.870	7.060	12.840	24.239	38.981	63.519	109.592
	m/s	1,24	1,51	1,78	2,09	2,50	2,93	3,43	4,05	4,59	5,22	6,03
2.600	l/s	0,08	0,17	0,31	0,57	1,13	2,05	3,73	7,05	11,33	18,47	31,87
	l/h	285	603	1.126	2.048	4.051	7.390	13.441	25.373	40.805	66.492	114.721
	m/s	1,30	1,59	1,87	2,19	2,62	3,07	3,59	4,24	4,81	5,46	6,31
2.800	l/s	0,08	0,17	0,33	0,59	1,17	2,14	3,90	7,35	11,83	19,27	33,25
	l/h	297	629	1.175	2.137	4.227	7.710	14.023	26.470	42.571	69.368	119.684
	m/s	1,36	1,65	1,95	2,28	2,73	3,20	3,74	4,42	5,01	5,70	6,58
3.000	l/s	0,09	0,18	0,34	0,62	1,22	2,23	4,05	7,65	12,30	20,04	34,58
	l/h	309	655	1.222	2.223	4.397	8.020	14.587	27.535	44.282	72.157	124.496
	m/s	1,41	1,72	2,03	2,37	2,84	3,33	3,89	4,60	5,22	5,93	6,85
3.200	l/s	0,09	0,19	0,35	0,64	1,27	2,31	4,20	7,94	12,76	20,80	35,88
	l/h	321	679	1.268	2.306	4.562	8.321	15.135	28.569	45.946	74.868	129.174
	m/s	1,47	1,78	2,10	2,46	2,95	3,45	4,04	4,78	5,41	6,15	7,10
3.400	l/s	0,09	0,20	0,36	0,66	1,31	2,39	4,35	8,22	13,21	21,53	37,15
	l/h	332	703	1.313	2.387	4.723	8.614	15.668	29.576	47.566	77.507	133.727
	m/s	1,52	1,85	2,18	2,55	3,05	3,57	4,18	4,94	5,60	6,37	7,35
3.600	l/s	0,10	0,20	0,38	0,69	1,36	2,47	4,50	8,49	13,65	22,24	38,38
	l/h	343	726	1.356	2.467	4.879	8.900	16.188	30.558	49.145	80.080	138.167
	m/s	1,57	1,91	2,25	2,63	3,15	3,69	4,32	5,11	5,79	6,58	7,60
3.800	l/s	0,10	0,21	0,39	0,71	1,40	2,55	4,64	8,75	14,08	22,94	39,58
	l/h	354	749	1.399	2.544	5.033	9.179	16.696	31.517	50.687	82.593	142.502
	m/s	1,62	1,97	2,32	2,72	3,25	3,81	4,46	5,27	5,97	6,79	7,84
4.000	l/s	0,10	0,21	0,40	0,73	1,44	2,63	4,78	9,02	14,50	23,62	40,76
	l/h	364	771	1.440	2.620	5.182	9.452	17.193	32.455	52.194	85.050	146.741
	m/s	1,66	2,03	2,39	2,80	3,35	3,92	4,59	5,42	6,15	6,99	8,07
4.200	l/s	0,10	0,22	0,41	0,75	1,48	2,70	4,91	9,27	14,91	24,29	41,91
	l/h	375	793	1.481	2.694	5.329	9.720	17.679	33.372	53.670	87.454	150.889
	m/s	1,71	2,09	2,46	2,88	3,44	4,03	4,72	5,58	6,32	7,19	8,30
4.400	l/s	0,11	0,23	0,42	0,77	1,52	2,77	5,04	9,52	15,31	24,95	43,04
	l/h	385	815	1.521	2.766	5.472	9.982	18.155	34.271	55.116	89.810	154.954
	m/s	1,76	2,14	2,52	2,95	3,53	4,14	4,85	5,73	6,49	7,38	8,52
4.600	l/s	0,11	0,23	0,43	0,79	1,56	2,84	5,17	9,76	15,70	25,59	44,15
	l/h	395	836	1.560	2.838	5.613	10.238	18.622	35.153	56.534	92.121	158.941
	m/s	1,80	2,20	2,59	3,03	3,63	4,25	4,97	5,88	6,66	7,57	8,74

Cuadro 45: Tabla pérdidas de carga, material termoplástico UNE- EN ISO, serie 3.2

Finalmente, para calcular las pérdidas de carga totales, se multiplica por la longitud de cada tramo.

Los cuadros con los valores mencionados para cada una de las fases, se muestran en el anexo II, cuadros 86, 87 y 88.

9.2.2.2 PÉRDIDAS DE CARGA

En el apartado anterior, se han calculado las pérdidas de carga mediante las tablas mencionadas, pero esas pérdidas solo hacen referencia a las pérdidas primarias. A continuación se van a recalculan las pérdidas primarias de forma análoga al la del apartado 9.2.1.2, para

después compararlas y sumarles las cargas secundarias.

Siendo el método mediante el uso de las tablas el denominado método 1 y el anterior el método 2, la comparación entre ambos se muestra la tabla 46.

	F1		F2		F3	
	Bloque	Total	Bloque	Total	Bloque	Total
METODO 1	2,78	8,3364	2,78	13,89	3,20	12,79
METODO 2	2,3897	7,1692	2,46	12,29	2,95	11,81

Cuadro 46: Cálculos pérdidas de carga primarias en ACS, comparación entre métodos (m)

Como se aprecia, el error es pequeño, siendo los dos métodos aceptables, pero se utilizarán los datos del segundo, ya que resulta más exacto.

En la tabla 47, se resumen todas las pérdidas de carga para el ACS por bloque, en cada una de las fases. Los cálculos para las mismas se encuentran en las tablas de la 89 a la 97, en el anexo II.

	F1	F2	F3
ΔP Primarias (m)	2,39	2,46	2,95
ΔP secundarias (m)	3,95	3,95	4,03
ΔP totales (m)	6,34	6,40	6,98

Cuadro 47: Pérdidas de carga para el ACS (m)

9.2.2.3 PÉRDIDAS DE CALOR

Las pérdidas de calor en las tuberías para el ACS vienen tabuladas por el CTE SH4. Para ello, se necesitan los diámetros interiores y los caudales. Mediante la tabla 48, se consiguen las pérdidas de calor por longitud.

Las tablas obtenidas con los valores de las pérdidas de calor para el ACS se muestran en el anexo II, cuadros 98 - 100.

En la tabla 49 se resumen las pérdidas de calor total de las tuberías en los bloques. Multiplicando por el número de bloques por fase y sumando el total, se consiguen unas pérdidas de calor de 1,976 kW, lo que suponen unas pérdidas muy pequeñas en comparación con las pérdidas de carga del apartado 8.1, pero que hay que tener en cuenta para dimensionar las calderas.

Caudales máximos en función de la pérdida de carga												
Tipo de tubería: Lisa										*Temperatura media del agua: 50 °C		
*Material: Termoplásticos UNE-EN ISO										*Densidad: 988 kg/m ³		
*Norma: Serie 2.5										*Viscosidad: 0,982 cST		
$\frac{E}{\Delta L}$	DN	P12	P16	P20	P25	P32	P40	P50	P63	P75	P90	P110
Ø Int.	8,0	10,6	13,4	16,6	21,4	26,6	33,4	42,0	50,0	60,0	73,4	
2.000	V/s	0,05	0,11	0,21	0,38	0,76	1,37	2,54	4,74	7,61	12,48	21,57
	l/h	189	406	768	1.373	2.736	4.939	9.161	17.062	27.387	44.923	77.641
2.200	V/s	0,06	0,12	0,23	0,40	0,80	1,45	2,69	5,00	8,03	13,18	22,77
	l/h	200	429	811	1.450	2.890	5.215	9.674	18.017	28.920	47.438	81.987
2.400	V/s	0,06	0,13	0,24	0,42	0,84	1,52	2,82	5,26	8,44	13,85	23,94
	l/h	210	451	852	1.524	3.037	5.481	10.167	18.935	30.395	49.856	86.167
2.600	V/s	0,06	0,13	0,25	0,44	0,88	1,59	2,96	5,51	8,84	14,50	25,06
	l/h	220	472	892	1.595	3.179	5.737	10.643	19.821	31.817	52.189	90.199
2.800	V/s	0,06	0,14	0,26	0,46	0,92	1,66	3,08	5,74	9,22	15,12	26,14
	l/h	230	493	931	1.665	3.337	5.985	11.103	20.679	33.193	54.447	94.101
3.000	V/s	0,07	0,14	0,27	0,48	0,96	1,73	3,21	5,98	9,59	15,73	27,19
	l/h	239	512	968	1.731	3.450	6.226	11.550	21.510	34.528	56.636	97.885
3.200	V/s	0,07	0,15	0,28	0,50	0,99	1,79	3,33	6,20	9,95	16,32	28,21
	l/h	248	532	1.005	1.796	3.580	6.460	11.983	22.318	35.825	58.764	101.562
3.400	V/s	0,07	0,15	0,29	0,52	1,03	1,86	3,45	6,42	10,30	16,90	29,21
	l/h	256	550	1.040	1.860	3.706	6.688	12.406	23.105	37.088	60.835	105.142
3.600	V/s	0,07	0,16	0,30	0,53	1,06	1,92	3,56	6,63	10,64	17,46	30,18
	l/h	265	569	1.075	1.922	3.829	6.910	12.818	23.872	38.320	62.855	108.633
3.800	V/s	0,08	0,16	0,31	0,55	1,10	1,98	3,67	6,84	10,98	18,01	31,12
	l/h	273	587	1.108	1.982	3.949	7.127	13.220	24.621	39.522	64.827	112.042
4.000	V/s	0,08	0,17	0,32	0,57	1,13	2,04	3,78	7,04	11,30	18,54	32,05
	l/h	281	604	1.141	2.041	4.066	7.339	13.613	25.354	40.697	66.756	115.374
4.200	V/s	0,08	0,17	0,33	0,58	1,16	2,10	3,89	7,24	11,62	19,07	32,95
	l/h	289	621	1.173	2.098	4.181	7.546	13.998	26.070	41.848	68.643	118.636
4.400	V/s	0,08	0,18	0,33	0,60	1,19	2,15	3,99	7,44	11,94	19,58	33,84
	l/h	297	638	1.205	2.155	4.294	7.749	14.375	26.773	42.975	70.492	121.832
4.600	V/s	0,08	0,18	0,34	0,61	1,22	2,21	4,10	7,63	12,24	20,08	34,71
	l/h	305	654	1.236	2.210	4.404	7.949	14.745	27.461	44.081	72.306	124.967

Cuadro 48: Tabla pérdidas de calor, material termoplástico UNE- EN ISO, serie 3.2

	F1	F2	F3
PÉRDIDAS DE CALOR (W)	171	171	152

Cuadro 49: Pérdidas de calor en las tuberías de ACS por fases

9.2.2.4 RECIRCULACIÓN

A diferencia de la calefacción, que estará disponible solo unas horas al día, el ACS debe estarlo las 24 horas del día. No solo debe estar disponible, si no que al abrir el grifo de agua caliente debe pasar el mínimo tiempo posible hasta que el agua caliente empieza a salir. Para conseguir eso, debe haber agua caliente en las tomas de cada una de las casas a cualquier hora. Para conseguir eso, se mantiene una cierta cantidad de agua recirculando constantemente desde la sala de calderas hasta cada toma.

Por lo tanto, se debe dimensionar las tuberías para la recirculación del agua caliente.

Para dimensionar las tuberías de recirculación, se debe tener en cuenta el apartado 4.4 del CTE HS4. En este apartado, se instauran las condiciones que han de cumplirse para la recirculación:

1. El caudal de recirculación del ACS se hará de manera que en el grifo más alejado la diferencia de temperatura no supere los $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ desde el acumulador.
2. No se podrá recircular menos de $250\frac{\text{l}}{\text{h}}$ por columna, y no menos del 10% del caudal máximo en el total de la recirculación.
3. El diámetro interior mínimo del ramal de la circulación será de 16 mm.

Por lo tanto, aplicando las condiciones establecidas en los tres puntos anteriores, se consiguen tres posibles caudales para cada fase, tabla 50.

	F1	F2	F3
Q recirc. 1 (l/h)	49,14	49,14	43,68
Q recirc. 2 (l/h)	250,00	250,00	250,00
Q recirc. 3 (l/h)	756,48	756,48	742,15

Cuadro 50: Caudales en la recirculación, según el CTE HS 4.

Entre estos caudales se elegirá el peor, es decir, el mayor caudal, como caudal mínimo para la recirculación en cada fase.

Una vez más, utilizando la relación entre el caudal y el diámetro, cuadro 51, se consiguen los diámetros de las montantes, pero en este caso para la recirculación.

Diámetro de la tubería (pulgadas)	Caudal recirculado (l/h)
$\frac{1}{2}$	140
$\frac{3}{4}$	300
1	600
$1\frac{1}{4}$	1.100
$1\frac{1}{2}$	1.800
2	3.300

Cuadro 51: Relación entre diámetro de tubería y caudal de recirculación de ACS

El cuadro 52 muestra los diámetros mencionados para las fases 1, 2 y 3 respectivamente.

TRAMO	Q recirc (l/h)	Tubería
Montante F1	756,48	DN 32
Montante F2	756,48	DN 32
Montante F3	742,15	DN 32

Cuadro 52: Diámetros tuberías de recirculación de ACS, fase 1

9.3 RED DE DISTRIBUCIÓN

La red de distribución, como ya se ha explicado, es el tramo que lleva el agua caliente desde la sala de calderas a las acometidas a los bloques.

En la figura 22 se muestra la disposición de las tuberías.

En este caso, se va a disponer de dos mallas para abastecer de agua caliente las viviendas. El primer anillo abastece a la fase 1, mientras que el segundo abastece conjuntamente a las fases 1 y 2. Por lo tanto, se estudian los dos anillos por separado.

Al igual que en el caso anterior se va a dimensionar el sistema en dos partes diferentes, por un lado para calefacción y por otro para el ACS.

El sistema, como se ha explicado en un punto anterior va a ser un sistema de 2 tubos, uno de ida y otro en el retorno.

El método de cálculo difiere del método utilizado para las viviendas, ya que en este caso hay dos mallas cerradas. Por lo tanto, para poder calcular los caudales, diámetros y pérdidas de carga y calor se deben utilizar métodos iterativos como Hardy gross. Para este método se suponen unos diámetros y unos caudales y se consiguen las pérdidas de carga. Al terminar el primer cálculo de comparan los errores y se vuelve a calcular, hasta que el error entre en el rango aceptable.

En este caso, al tratarse de un sistema complejo se ha descartado el método analítico para su cálculo, recurriendo así a un programa informático, que con la misma base resulta más cómodo y con un menor error. El programa utilizado es EPANET, con el que se calcularán los requisitos anteriormente mencionados. El esquema para calefacción y ACS es el mismo, que resulta ser el mencionado anteriormente, figura 22.

La distribución debe ser capaz de llegar a las acometidas de cada bloque cumpliendo ciertas características:

La velocidad del agua en las tuberías de cobre debe oscilar entre los $0,5$ y $2 \frac{m}{s}$.

La presión en las acometidas de ser la suficiente como para vencer las pérdidas del intercambiador de calor, 6-8 m.

La temperatura del agua debe estar alrededor de $80 \text{ }^\circ\text{C}$.

Con estas características, se divide el problema en dos mallas diferentes: anillo 1 y anillo 2. Para inicializar la simulación, se siguen los siguientes pasos con el programa EPANET:

1. Se introduce un embalse que simula la toma de agua.
2. Se define la bomba, a la que se le introduce una curva característica.
3. Se introducen los nodos definidos en el esquema de distribución, figura 22.
4. Las tuberías quedan definidas entre los nodos, donde habrá que introducirles el valor del coeficiente de fricción, $\mu = 0,0256$.
5. Se definen las cotas y las demandas de los nodos, que serán los conseguidos en apartados anteriores.
6. Se predefinen unos diámetros y una curva característica para la curva de la bomba.
7. Se comprueba si se cumplen los valores definidos en el apartado 9.3.1 y se varían los diámetros y bombas hasta que se cumplan los requerimientos.

9.3.1 CÁLCULO DE CARACTERÍSTICAS

Como ya se ha comentado, se ha dividido el problema en dos mallas diferente, por lo que se van a analizar por separado.

MALLADO NÚMERO 1, FASE 1

El primer mallado es al que se hace referencia en la imagen 26.

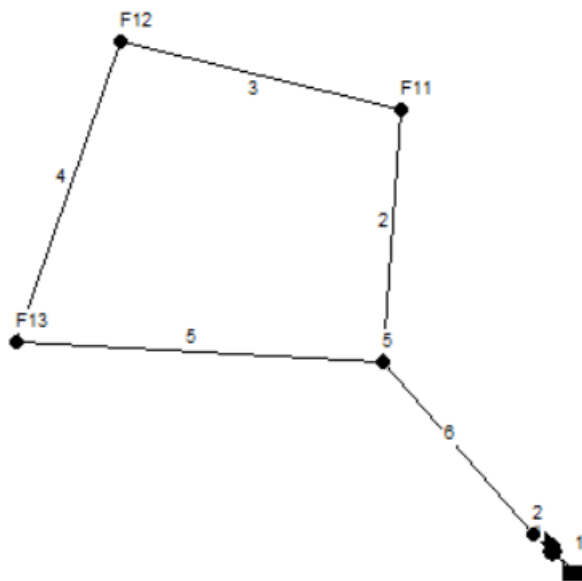


Figura 26: Esquema del mallado 1

Este primer anillo, tiene las demandas comentadas en el apartado 9.2 para las montantes de la fase 1, puntos F_{11} , F_{12} y F_{13} .

Después de seguir el método mencionado con EPANET, se ha logrado dimensionar las bombas y los diámetros, así como justificar las presiones y velocidades en nodos y tuberías. A continuación se tabulan los resultados obtenidos.

En la figura 53 se muestran las presiones para cada nodo, así como la demanda de cada uno de ellos.

En la figura 54, se muestran las velocidades, diámetros y pérdidas de carga de cada una de las tuberías.

Las demandas de cada punto son valores conocidos, y son los diámetros y los valores de H y Q para la bomba son las variables a tener en cuenta. Finalmente, se comprueba que las velocidades no bajan de $0,5 \frac{m}{s}$ y no superan los $3,5 \frac{m}{s}$.

Calculando las pérdidas de presión en el retorno con las pérdidas unitarias, se consigue una presión total de 9,1 en el punto más desfavorable, el F_{12} . Sabiendo que las pérdidas en el intercambiador andan entre 6 y 8 m, se comprueba que las bombas superan el mínimo.

La bomba para la distribución en esta fase por lo tanto es de $10 \frac{l}{s}$ de caudal y de 14,5 m de presión.

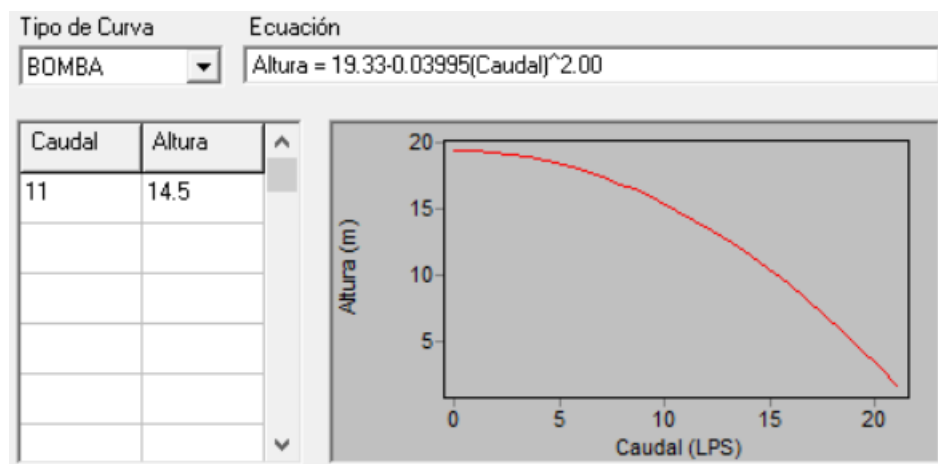
La curva característica de la misma se muestra en la figura 55.

ID Nudo	Demanda LPS	Presión m
Conexión 2	0.00	12.44
Conexión 5	0.00	12.02
Conexión F13	4.38	11.09
Conexión F12	4.38	10.93
Conexión F11	4.38	11.27
Embalse 1	-13.14	0.00

Cuadro 53: Presiones y demandas del mallado 1

ID Línea	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
Tubería 6	90	13.14	2.07	43.21
Tubería 5	63	5.99	1.92	58.43
Tubería 4	63	1.61	0.52	5.25
Tubería 3	63	-2.77	0.89	13.99
Tubería 2	63	-7.15	2.29	81.34
Bomba 1	No Disponible	13.14	0.00	-12.44

Cuadro 54: Velocidades, diámetros y pérdidas de carga del mallado 1



Cuadro 55: Curva característica bomba mallado 1

MALLADO NÚMERO 2, FASE 2 Y 3

El método es el mismo que en el mallado número 1, pero el esquema es más complejo, figura 27.

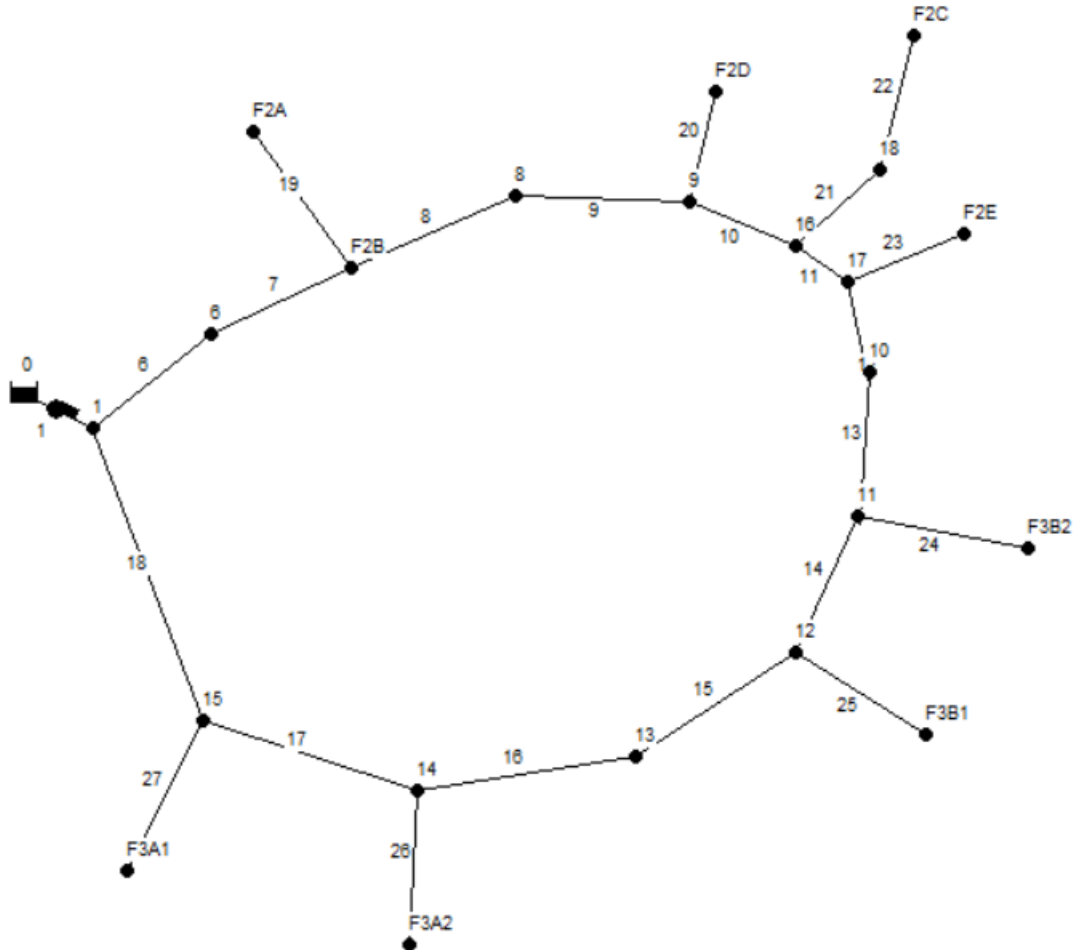


Figura 27: Esquema del mallado 2

Al igual que para el mallado 1, se introducen las demandas de cada bloque conseguidas en el apartado 8.2 para las fases 2 y 3.

En la figura 56 se muestran las presiones para cada nodo, así como la demanda de cada uno de ellos.

En la figura 57, se muestran las velocidades, diámetros y pérdidas de carga de cada una de las tuberías.

Se comprueba que las velocidades no bajan de $0,5 \frac{m}{s}$ y no superan los $3,5 \frac{m}{s}$.

Calculando las pérdidas de presión en el retorno con las pérdidas unitarias, se consigue una presión total de 8,28 en el punto más desfavorable, el F_{2C} . Sabiendo que las pérdidas en el intercambiador andan entre 6 y 8 m, se comprueba que las bombas superan el mínimo.

La bomba para la distribución en esta fase por lo tanto es de $25 \frac{l}{s}$ de caudal y de 33 m de presión.

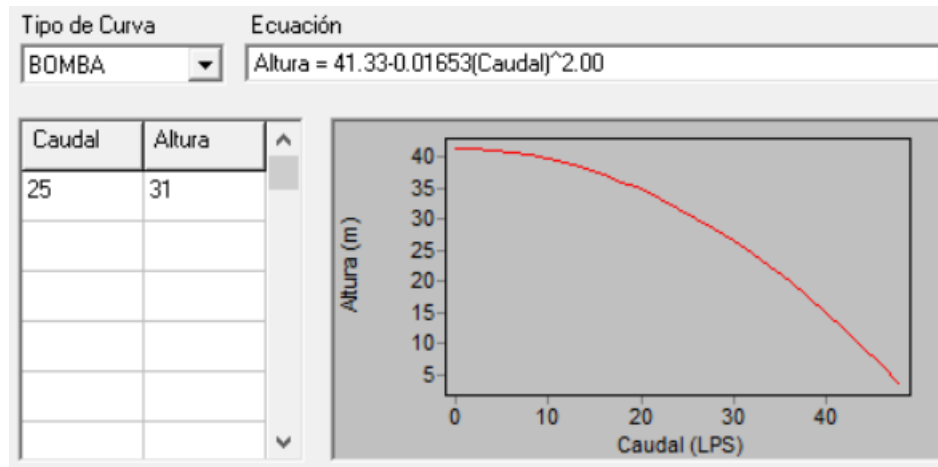
ID Nudo	Demanda LPS	Presión m
Conexión 1	0.00	19.73
Conexión 6	0.00	17.84
Conexión F2B	0.00	16.63
Conexión F2A	4.10	14.48
Conexión 8	0.00	15.76
Conexión 9	0.00	15.20
Conexión 16	0.00	15.10
Conexión 17	0.00	15.08
Conexión 10	0.00	15.07
Conexión 11	0.00	15.06
Conexión 12	0.00	15.17
Conexión 13	0.00	15.67
Conexión 14	0.00	16.15
Conexión 15	0.00	17.25
Conexión 18	0.00	14.58
Conexión F2D	4.10	14.42
Conexión F2C	4.10	14.12
Conexión F2E	4.10	13.84
Conexión F3B1	4.89	13.25
Conexión F3B2	4.89	13.34
Conexión F3A2	4.99	14.25
Conexión F3A1	4.99	15.48
Embalse 0	-36.15	0.00

Cuadro 56: Presiones y demandas del mallado 2

La curva característica de la misma se muestra en la figura 58.

ID Línea	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
Tubería 6	90	17.29	2.72	72.47
Tubería 7	90	17.29	2.72	72.47
Tubería 8	90	13.19	2.07	43.49
Tubería 9	90	13.19	2.07	43.49
Tubería 10	90	9.09	1.43	21.68
Tubería 11	90	4.99	0.78	7.17
Tubería 12	90	0.89	0.14	0.33
Tubería 14	90	-4.00	0.63	4.81
Tubería 15	90	-8.89	1.40	20.84
Tubería 16	90	-8.89	1.40	20.84
Tubería 17	90	-13.88	2.18	47.89
Tubería 18	90	-18.86	2.97	85.53
Tubería 19	50	4.10	2.09	90.68
Tubería 20	50	4.10	2.09	90.68
Tubería 21	63	4.10	1.32	28.83
Tubería 22	63	4.10	1.32	28.83
Tubería 23	50	4.10	2.09	90.68
Tubería 24	50	4.89	2.49	126.28
Tubería 25	50	4.89	2.49	126.28
Tubería 26	50	4.99	2.54	130.94
Tubería 27	50	4.99	2.54	130.94
Tubería 13	90	0.89	0.14	0.33
Bomba 1	No Disponible	36.15	0.00	-19.73

Cuadro 57: Velocidades, diámetros y pérdidas de carga del mallado 2



Cuadro 58: Curva característica bomba mallado 2

9.3.2 PÉRDIDAS DE CALOR Y AISLAMIENTO

A continuación se describe el método para el cálculo de los aislamientos en las tuberías enterradas.

PÉRDIDAS DE CALOR EN TUBERÍAS ENTERRADAS

Para minimizar el impacto visual y las pérdidas de calor en distribución, desde la salida de la sala de calderas, las tuberías irán bajo tierra. Estas tuberías irán enterradas a una profundidad (p) de 1 metro bajo tierra, donde la temperatura es más constante durante todo el año.

La tubería de cobre ira cubierta por una capa de fibra de vidrio, que tiene una conductancia lineal muy baja ($k = 0,04 \frac{W}{m \cdot K}$), es decir, que es un gran aislante. Por encima del aislante, cubriendolo, irá una capa de arena, que sirve para asentar la tubería y también como aislante de la propia tierra. Por último, la zanja de tierra se cubrirá con la propia tierra extraída, quedando finalmente tapada. En la figura 28 se muestra el esquema de la canalización.

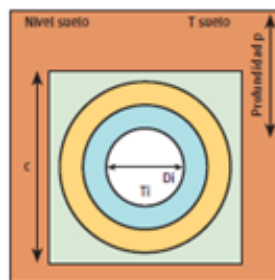


Figura 28: Esquema de la canalización

Para dimensionar el aislamiento y calcular las pérdidas de calor, se va a utilizar el criterio de que las pérdidas con aislamiento deben ser solo el 10% de las pérdidas sin aislamiento. Es decir, se van a calcular las pérdidas de cada tubería desnuda, por metro, y se va a establecer

que con el aislamiento, las pérdidas solo pueden ser el 10 % del valor conseguido. Por lo tanto, sabiendo el diámetro de cada tramo de tubería hay que definir el tamaño de la zanja de arena (c), el espesor del aislante y las pérdidas de calor. Para calcular las pérdidas por metro en una tubería cilíndrica horizontal, la ecuación utilizada es la ecuación 25.

$$q/H = \frac{\Delta T}{R_{conv-cilindrica}} \quad (25)$$

donde ΔT es la diferencia de temperaturas entre el fluido y la tierra $80^{\circ}C$ y $10^{\circ}C$ respectivamente.

$R_{conv-cilindrica}$ es la resistencia lineal para una tubería cilíndrica ($\frac{m \cdot K}{W}$) Para calcular la $R_{conv-cilindrica}$ hay que calcular la resistencia de cada uno de los elementos que aíslan la tubería.

Los elementos que componen la resistencia total son la tubería, el aislante, la arena y la tierra. Formulado de otra forma:

$$R_{conv-cilindrica} = R_{cobre} + R_{aislante} + R_{canal} + R_{terreno} \quad (26)$$

La tubería al ser de cobre y tener una muy alta conductividad térmica y bajo espesor, se va a despreciar su resistencia térmica, $R_{cobre} = 0$. En esta primera parte la tubería está desnuda, por lo que no hay aislante $R_{aislante} = 0$.

Para la resistencia de la capa de arena, se utiliza la fórmula para la canalización por un material, ecuación 27.

$$R_{canal} = \frac{\ln \frac{r_{eq}}{r_{ext}}}{2 \cdot \Pi \cdot k} \quad (27)$$

donde k es la conductancia lineal de la arena, $k = 0,04 \frac{W}{m \cdot K}$

r_{ext} es el radio exterior de la tubería (mm)

r_{eq} es el radio equivalente asignado de la canalización, $r_{eq} = \frac{1,07 \cdot c}{2}$ (mm)

Para la resistencia del terreno, se utiliza la ecuación 28.

$$R_{terreno} = \frac{1}{2 \cdot \Pi \cdot k_{terreno}} \ln \left[\left(\frac{2 \cdot p}{D_{ext}} \right) + \sqrt{\left(\frac{2 \cdot p}{D_{ext}} \right)^2 - 1} \right] \quad (28)$$

donde p es la profundidad (1m)

D_{ext} es el diámetro equivalente de la canalización de arena

$k_{terreno}$ es la conductancia lineal de la arena, ($\frac{W}{m \cdot K}$), que se expresa mediante la fórmula 29

$$k_{terreno} = (\rho_{terreno}^{0,266} - 6,05) \left(1 - \frac{H_{r-terreno} - 10}{10} \right) \quad (29)$$

donde $\rho_{terreno}$ es la densidad del terreno ($\frac{kg}{m^3}$)

$H_{r-terreno}$ es la humedad relativa del terreno (%)

El valor de $\rho_{terreno}$ en terrenos normales oscila entre 1200 y 1800 ($\frac{kg}{m^3}$), por lo que se ha cogido el valor intermedio, 1500 ($\frac{kg}{m^3}$). La humedad relativa del terreno suele andar entre el 10 y el 30 %, escogiendose el valor de 20 %.

Con los valores de todas las resistencias, se consigue finalmente el valor de las pérdidas de

calor por metro, ecuación 25.

Una vez definido este valor, se multiplica por el 10 %, para obtener el valor que se ha decidido, $q/H_{sinaislar} \cdot 0,1 = q/H_{aislado}$.

Ahora, con el valor de la pérdida de calor fijada se hace el proceso inverso, para calcular el valor de $R_{aislante}$, ecuación 30 y posteriormente el espesor.

$$R_{aislamiento} = \frac{\ln \frac{r_{ext}}{r_{int}}}{2 \cdot \Pi \cdot k} \quad (30)$$

donde k es la conductancia lineal de la arena, $k = 0,04 \frac{W}{m \cdot K}$

r_{ext} es el radio exterior del aislamiento (mm)

r_{eq} es el radio interior del aislamiento (mm)

Al ser $R_{aislante}$ y R_{canal} dependientes del espesor del aislante, se debe iterar hasta encontrar la solución.

Cada una de las tuberías debe estudiarse por separado, debido a su diferentes diámetros.

En la tabla 59 se muestran los espesores requeridos para cada diámetro de tubería en distribución.

Diámetro (mm)	espesor(mm)
50	117,7
60	161,02
80	194,3
90	239,1
100	234,5

Cuadro 59: Espesor aislamientos según diámetros

Sabiendo las pérdidas de calor por unidad de longitud y la longitud de las tuberías se pueden calcular las pérdidas de calor en distribución, tabla 60.

Como se aprecia, al poner unas medidas tan restrictivas en cuanto a pérdidas de calor las pérdidas son pequeñas para el gran tamaño del sistema, sumando un total de 5,644 kW.

Diámetro (mm)	Pérdidas (W/m)	Longitud (m)	Pérdidas (W)
50	12,43	142,1	1765,86
60	12,62	52,3	660,11
80	12,88	165,75	2135,39
90	13,01	9,6	124,90
100	13,38	71,64	958,31

Cuadro 60: Pérdidas de calor en tuberías enterradas según diámetros

En el apartado 9.2.1.3 y 9.2.2.3 se calculan las pérdidas de calor de las tuberías en los bloques, que suman un total de 3,85 y 1,976 kW respectivamente. Sumandoles el valor logrado en la última, se consigue un total de 11,47 kW, que habría que tener en cuenta para dimensionar la caldera, aunque al tratarse de una cantidad pequeña comparando con la potencia total no hay necesidad, ya que se dispone de ese margen.

9.4 DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS

En este apartado, se va a justificar cada uno de los equipos de la sala de calderas, excepto las calderas, que ya se han definido en el apartado 9.1.3.

9.4.1 BOMBAS

La función de las bombas es impulsar el agua, para que llegue a cada vivienda. En este proyecto se van a encontrar multitud de bombas y siempre se colocarán 2 iguales en cada punto en paralelo, que sean capaces de mover el caudal que les corresponda a cada una.

Dentro de los bloques, es decir, en el enganche a la vivienda, se van a colocar 4 bombas en cada bloque, 2 en paralelo para calefacción y otras 2 en paralelo para ACS. Dependiendo de la demanda que tenga el edificio y la altura se dimensionan las mismas. Estas bombas deben de ser capaces de conseguir en el punto más desfavorable unas presiones y velocidades adecuadas, como ya se ha calculado en puntos anteriores.

Por otra parte están las bombas para la distribución. En este caso se colocarán 2 en paralelo para el mallado número 1 y otras 2 para el mallado número 2.

A continuación se definen los modelos utilizados para cada situación y sus características técnicas.

ENGANCHE EN LA VIVIENDA

En todos los casos, las bombas utilizadas va a ser la misma marca y el mismo modelo, pero variará donde se situa cada una en la curva característica, por lo que se definirán las curvas de cada una de ellas.

La marca es GRUNDFOS, siendo el modelo en concreto el CM10-1, de velocidad y caudal variables, para adaptarse mejor a cada situación.

FASE 1

De apartados anteriores, se obtienen las necesidades de caudal y presiones para calefacción: $Q=8015,73 \frac{l}{h}$ y $H=5,88$ m.

Para ACS los requerimientos son: $Q=7560 \frac{l}{h}$ y $H=8,84$ m.

A continuación se analizan las curvas características y rendimientos, figura 29 y figura 30.

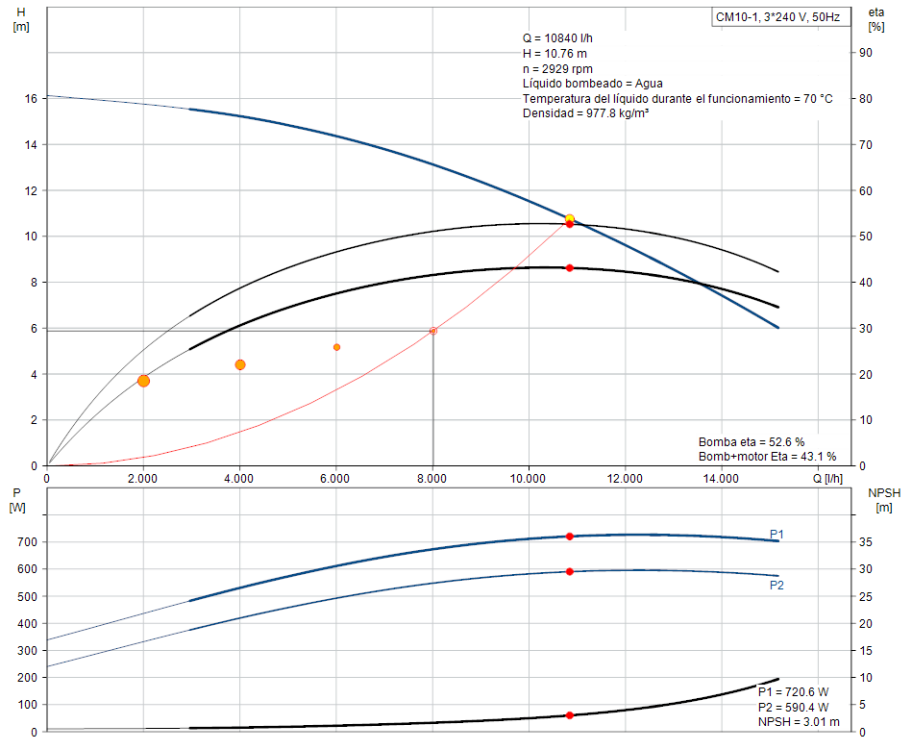


Figura 29: Curva característica Fase 1, calefacción

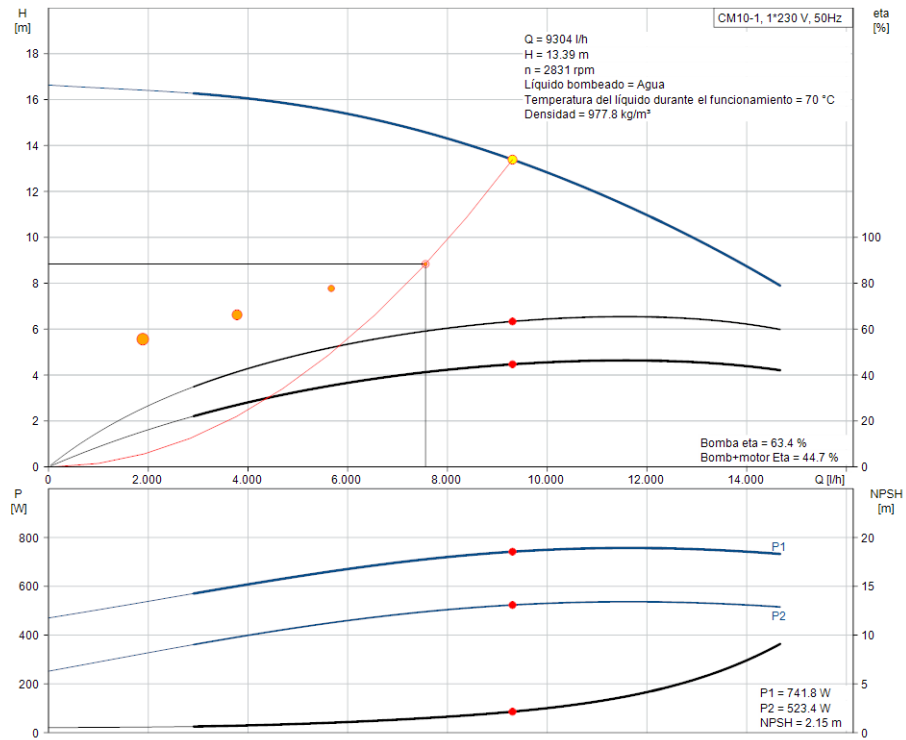


Figura 30: Curva característica Fase 1, ACS

FASE 2

Para calefacción: $Q=7230,4 \frac{l}{h}$ y $H=5,75$ m.

Para ACS: $Q=7560 \frac{l}{h}$ y $H=8,9$ m.

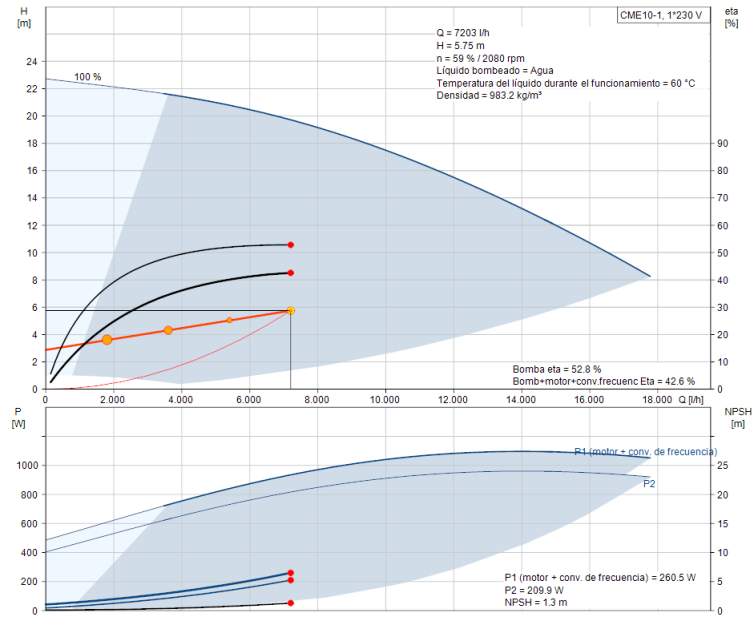


Figura 31: Curva característica Fase 2, calefacción

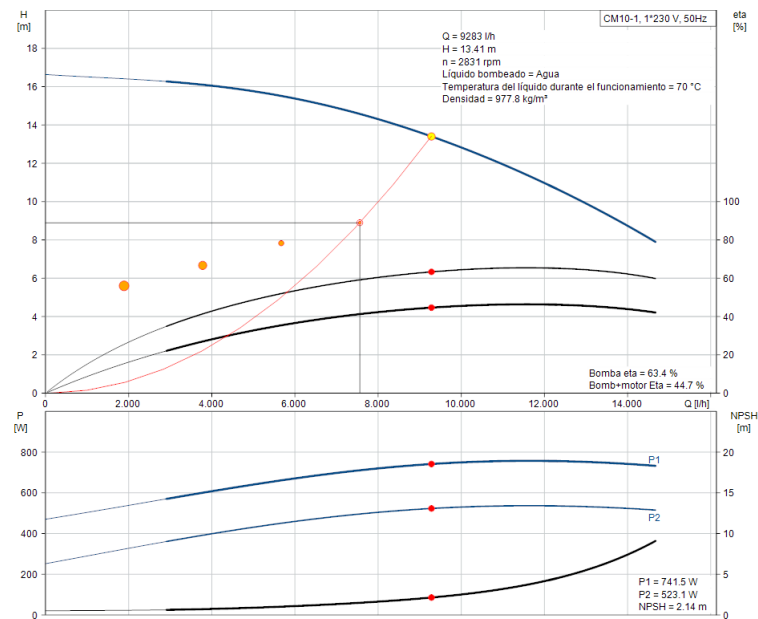


Figura 32: Curva característica Fase 2, ACS

FASE 3, PORTAL A
 Para calefacción: $Q=10529,9 \frac{l}{h}$ y $H=6,6$ m.
 Para ACS: $Q=7416 \frac{l}{h}$ y $H=9,48$ m.

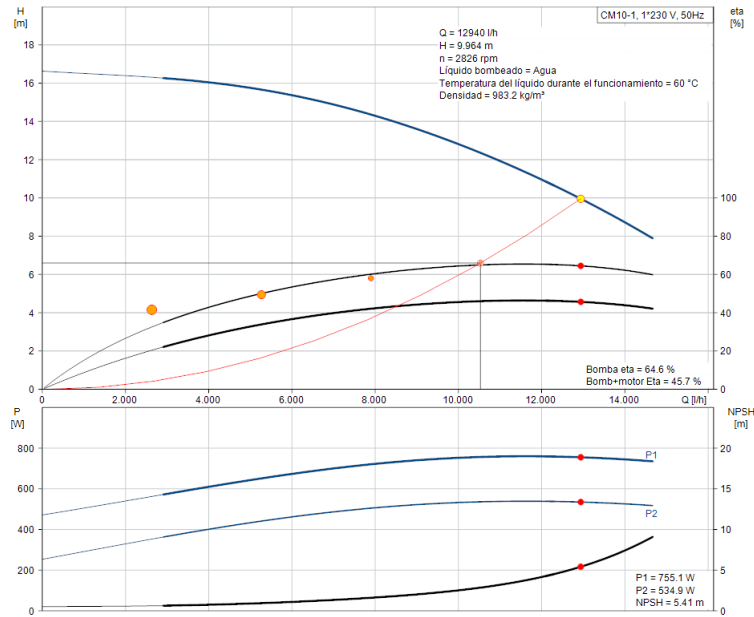


Figura 33: Curva característica Fase 3A, calefacción

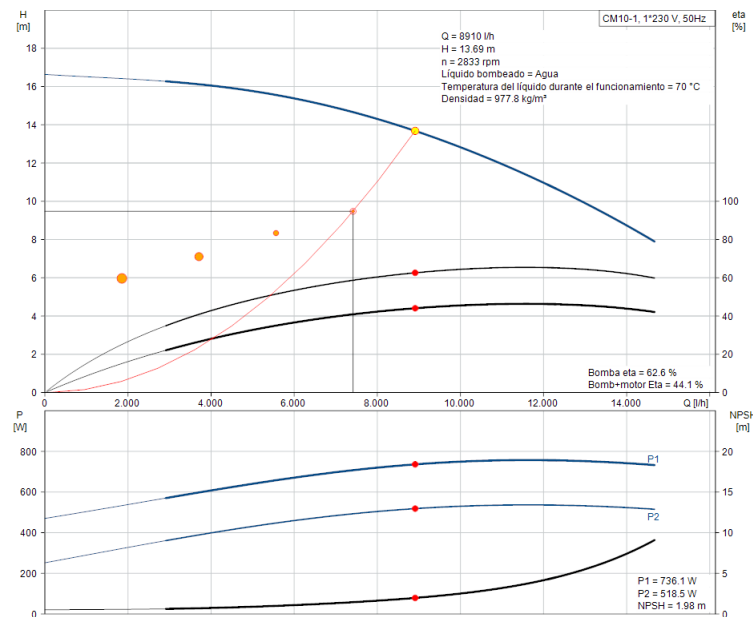


Figura 34: Curva característica Fase 3A, ACS

FASE 3, PORTAL B
 Para calefacción: $Q=10205 \frac{l}{h}$ y $H=5,83$ m.
 Para ACS: $Q=7416 \frac{l}{h}$ y $H=9,48$ m.

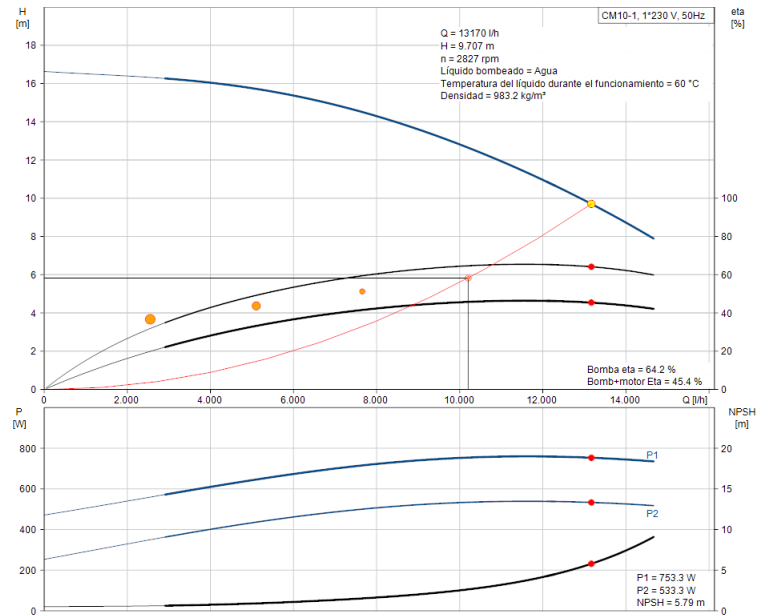


Figura 35: Curva característica Fase 3B, calefacción

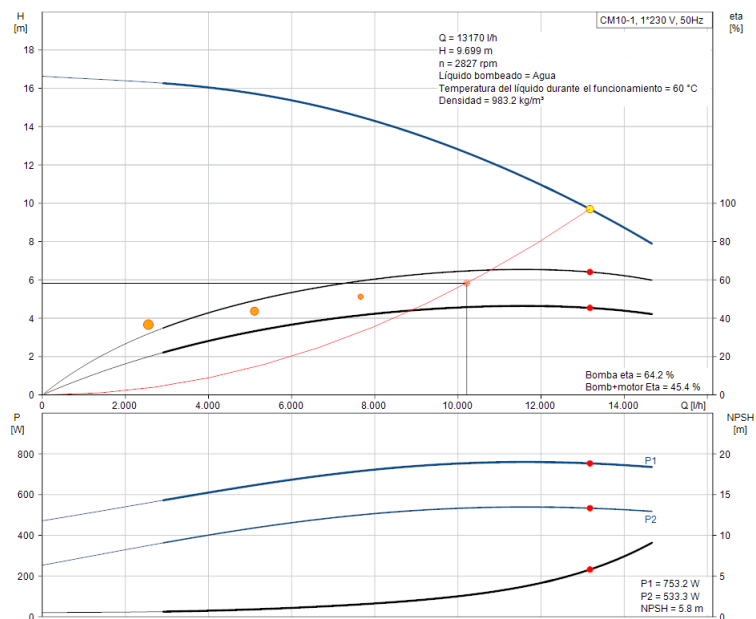


Figura 36: Curva característica Fase 3B, ACS

DISTRIBUCIÓN

En la distribución la marca sigue siendo la misma, pero el modelo varía: NB 40-125/127AF2ABAQE para el anillo 1 y NB 65-160/173AF2ABAQE para el anillo 2. Una vez más es una bomba de caudal variable.

Para el mallado 1: $Q=10 \frac{l}{s}$ y $H=14,5$ m.

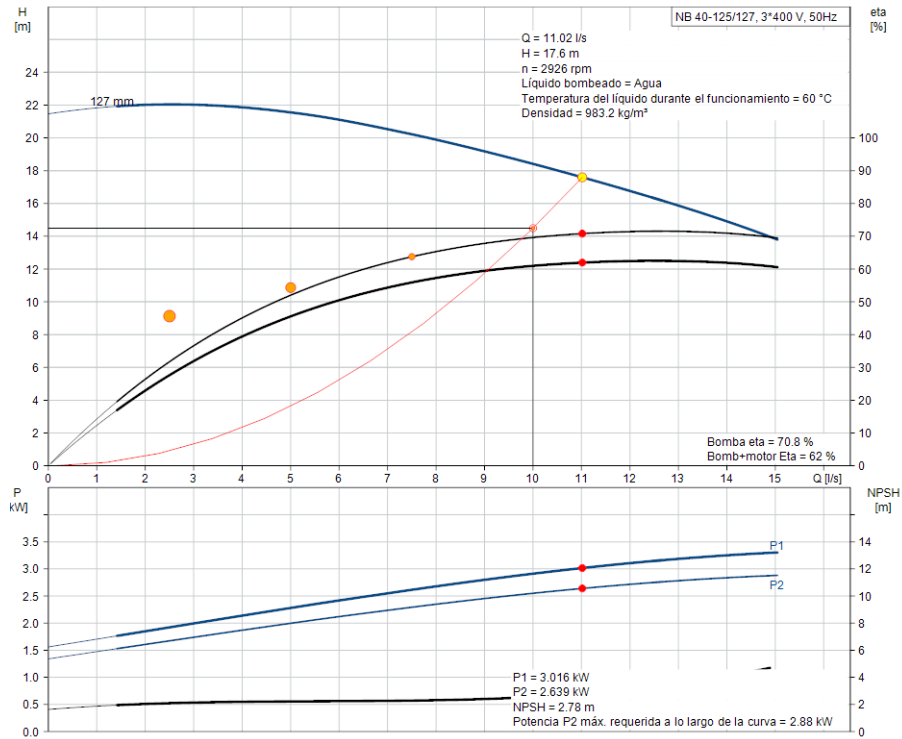


Figura 37: Curva característica anillo1

Para el mallado 2: $Q=25 \frac{l}{s}$ y $H=33$ m.

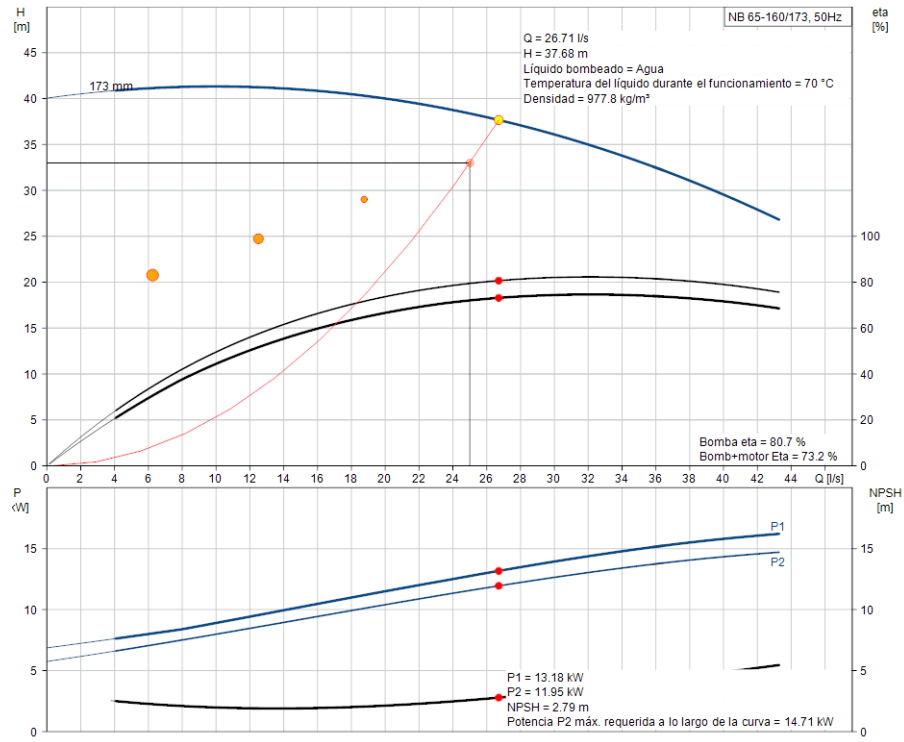


Figura 38: Curva característica anillo1

9.4.2 INTERCAMBIADORES DE CALOR

Para este caso, nuevamente, hay que dimensionar el intercambiador para cada subestación, en este caso cogiendo conjuntamente la demanda máxima de calefacción y ACS.

Hay 4 demandas de caudal para el circuito secundario diferentes. Para los bloques de la fase 1, fase 2 y fase 3 A y B. Con estas demandas de caudal, se escoge el intercambiador apropiado para cada caso, estando cada modelo entre unos rangos.

Los valores de entrada para los caudales del circuito secundario son: $Q_{F1} = 15,768 \frac{l}{h}$; $Q_{F2} = 14,760 \frac{l}{h}$; $Q_{F3A} = 17,964 \frac{l}{h}$; $Q_{F3B} = 17,604 \frac{l}{h}$.

Viendo los valores aceptables para cada modelo, se van a instalar dos modelos diferentes: SUICALSA IC2622B08, para las fases 1 y 2 y SUICALSA IC2623B08 para la fase 3. Se muestra el intercambiador en la figura 39.



Figura 39: Intercambiador de placas

Las características de los dos modelos utilizados se muestran en las tablas 61 y 62.

MARCA	SUICALSA
MODELO	IC2622B08
CAUDAL SECUNDARIO MAX. (l/h)	17.016
SUPERFICIE (m ²)	16,77
PESO (kg)	366

Cuadro 61: Características técnicas SUICALSA IC2622B08

MARCA	SUICALSA
MODELO	IC2623B08
CAUDAL SECUNDARIO MAX. (l/h)	19.411
SUPERFICIE (m ²)	18,38
PESO (kg)	385

Cuadro 62: Características técnicas SUICALSA IC2623B08

9.4.3 VASOS DE EXPANSIÓN

Para la determinación del volumen del vaso de expansión se necesita en primer lugar conocer el volumen de agua dilatada por efecto del calor que se producirá en el circuito cerrado. Por lo tanto se necesita conocer en cada circuito la potencia del mismo, en $\frac{kcal}{h}$. Una vez se tiene la potencia, se calcula el volumen del agua en la instalación, multiplicando por 0,012 el valor anteriormente conseguido. El factor de presión se define como la ecuación 31.

$$F_p = 1 - \frac{P_{ai}}{P_{af}} \quad (31)$$

donde P_{ai} es la presión interior.

P_{af} es la presión de trabajo.

Sabiendo que el valor medio de la temperatura es de 70°C, se conoce el valor del coeficiente de dilatación. $Cd(70^\circ) = 2,27\%$.

Con el valor del coeficiente de dilatación, se obtiene el volumen útil del vaso, multiplicando el volumen de agua anteriormente conseguido por el Cd.

Finalmente dividiendo el volumen útil del vaso entre el factor de presión se obtiene la capacidad teórica del vaso.

Los vasos de expansión se necesitan en cada circuito cerrado, por lo que se ha de colocar uno en cada subestación, uno en el circuito principal y otro en los acumuladores. Por lo tanto, se va a dimensionar para cada tipo de subestación y el esquema principal.

Todos los vasos utilizados son de la marca BAXI, variando el modelo. En todas las subestaciones el modelo utilizado es el VASOFLEX, imagen 40, siendo para la distribución el modelo y acumuladores.



Figura 40: Vaso de expansión BAXI VASOFLEX

Para la fase 1, el volumen final obtenido con el método explicado anteriormente es de 115,95 l. Por lo que se selecciona el modelo VASOFLEX de 140 l, con las características de la tabla 63.

MARCA	BAXI
MODELO	VASOFLEX
CAPACIDAD (l)	140
PESO (kg)	33,5
PRESIÓN MAX. (bar)	6
TEMPERATURA MAX. (bar)	110

Cuadro 63: Características técnicas VASOFLEX 140

Para las subestaciones de la fase 2, el volumen teórico es de 104,70 l, por lo que se selecciona el modelo VASOFLEX de 140 l, 63.

Para las subestaciones de la fase 3A y 3B, se obtienen volúmenes de 152,50 l y 147,80 l, por lo que se selecciona el modelo VASOFLEX 200, con las características técnicas de la tabla 64.

MARCA	BAXI
MODELO	VASOFLEX
CAPACIDAD (l)	200
PESO (kg)	41
PRESIÓN MAX. (bar)	6
TEMPERATURA MAX. (bar)	110

Cuadro 64: Características técnicas VASOFLEX 200

Para el circuito primario de las calderas el volumen obtenido es de 968,29 l, seleccionando el vaso de expansión VASOFLEX M, con capacidad de 1000 l. Las características técnicas se muestran en la tabla 65.

MARCA	BAXI
MODELO	VASOFLEX M
CAPACIDAD (l)	1000
PESO (kg)	300
PRESIÓN MAX. (bar)	10
TEMPERATURA MAX. (bar)	70

Cuadro 65: Características técnicas VASOFLEX M 1000

9.4.4 DEPÓSITOS ACS

En el apartado 9.1.2 se define el tamaño y número de acumuladores requeridos, 2 acumuladores de 6000 l de volumen.

La marca y el modelo seleccionados son LAPESA MVV6000 RB, como el que se muestra en la figura 41.

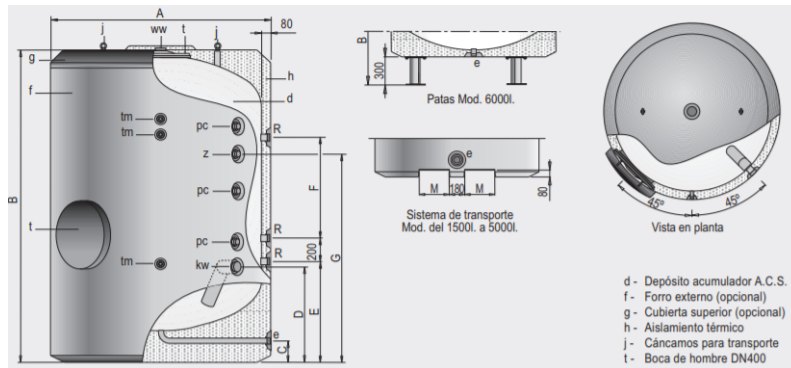


Figura 41: Acumulador LAPESA MVV6000 RB

Las características de los acumuladores son las de la tabla 66.

MARCA	LAPESA
MODELO	MVV6000 RB
CAPACIDAD (l)	6000
TEMPERATURA MAX. (°C)	90
PRESION MAX. (bar)	8
PESO EN VACÍO (kg)	1134
DIAMETRO EXTERIOR (mm)	1910
ALTURA TOTAL (mm)	3210

Cuadro 66: Características técnicas acumulador LAPESA MVV6000 RB

9.4.5 SILO DE BIOMASA

Para dimensionar el silo en primer lugar hay que definir cuanto tiempo se quiere que aguante hasta una nueva recarga. Sabiendo el tiempo que tiene que aguantar se calcula el tamaño para esa autonomía.

Suponiendo que se quiere que la autonomía sea de 2 semanas, se calcula el número de horas que va a estar trabajando el sistema. De esta forma, multiplicando el número de horas por la potencia de la caldera, se calcula la energía requerida para ese tiempo. En este caso, suponiendo una media de 8h durante 2 semanas y con una potencia de 950 kW, se requiere de una cantidad de energía de 106.400 kWh.

La energía almacenada se divide por el poder calorífico del pellet, $4000 \frac{kcal}{kg}$. De esta forma, se obtiene el peso de la materia acumulada.

Con la densidad del pellet, $650 \frac{kg}{m^3}$, se obtiene finalmente el volumen del acumulado. En este caso, se necesitará un silo que de alrededor de $35,19 m^3$.

Con estas características, se instalan 2 silos rectangulares de chapa metálica, figura 42.

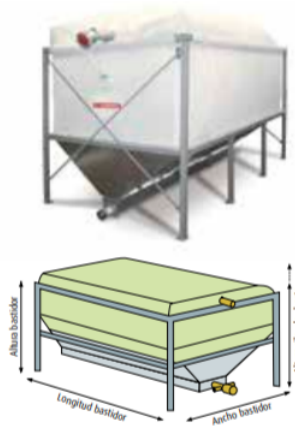


Figura 42: Silo de biomasa LASIAN 525/12

Las características del silo son las de la tabla 67. El volumen total es de $30,24 m^3$, por lo que no durará dos semanas, si no 12 días.

MARCA	LASIAN
MODELO	525/12
LADO x LADO (mm x mm)	525 x 216
ALTURA (m)	2,10
CAPACIDAD (m3)	15,12

Cuadro 67: Características de silo de biomasa LASIAN 525/12

10. ASPECTOS ECONÓMICOS

10.1 PRESUPUESTO

A continuación se exponen los diferentes apartados que componen el presupuesto de la obra.

En primer lugar se van a exponer los costes directos, diferenciados en coste material de la obra, coste material administración y mano de obra.

UDS.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Ud	Caldera de biomasa FERROLI ARES 950. 950 kW	1	72835,00	72835,00
Ud	Caldera de gas FERROLI PREXTHERM RSW N GN-GP25-M. 600 kW	1	30310,00	30310,00
Ud	Bomba enganche viviendas. GRUNDFOS CM 10-1	24	250,00	6000,00
Ud	Bomba distribución mallado 1. GRUNDFOS NB 40-125	2	1178,00	2356,00
Ud	Bomba distribución mallado 2. GRUNDFOS NB 65-160	2	1190,00	2380,00
Ud	Intercambiador de calor fases 1 y 2. SUILCASA IC2622B08	8	5211,00	41688,00
Ud	Intercambiador de calor fase 3. SUILCASA IC2623B09	4	5220,00	20880,00
Ud	Vaso de expansión fases 1 y 2. BAXI VASOFLEX 140	8	316,00	2528,00
Ud	Vaso de expansión fase 3. BAXI VASOFLEX 200	4	407,00	1628,00
Ud	Vaso de expansión circuito principal. BAXI VASOFLEX M 1000	1	3851,00	3851,00
Ud	Depósito ACS LAPESA MVV 6000 RB	2	11462,00	22924,00
Ud	Silo de biomasa LASIA 525/12	2	3574,00	7148,00
Ud	Aguja hidráulica. D=20 cm	1	145,00	145,00
Ud	Colectores. D=18 cm	2	125,00	250,00
m	Tubería calefacción cobre. D=60 mm	32	47,52	1520,64
m	Tubería calefacción cobre. D=52 mm	42	26,00	1092,00
m	Tubería calefacción cobre. D=50 mm	86	26,00	2236,00
m	Tubería calefacción cobre. D=40 mm	36	16,96	610,56
m	Tubería calefacción cobre. D=32 mm	36	13,86	498,82
m	Tubería calefacción cobre. D=25 mm	24	10,48	251,52
m	Tubería termoplástica serie 3.2. ACS. P63	40	13,96	558,40
m	Tubería termoplástica serie 3.2. ACS. P50	88	8,44	742,72
m	Tubería termoplástica serie 3.2. ACS. P40	72	5,56	400,32
m	Tubería termoplástica serie 3.2. ACS. P25	36	2,72	97,92
m	Tubería termoplástica serie 4. Distribución ACS. D=90mm	246,5	28,00	6902,00
m	Tubería termoplástica serie 4. Distribución ACS. D=63mm	34	16,10	547,40
m	Tubería termoplástica serie 4. Distribución ACS. D=50mm	103	10,85	1117,55

Cuadro 68: Coste material de obra.

UDS.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Ud	Valvulería. V. Corte. D=90 mm	38	193,00	7334,00
Ud	Valvulería. V. Corte. D=63 mm	48	121,70	5841,60
Ud	Valvulería. V. Corte. D=60 mm	20	121,70	2434,00
Ud	Valvulería. V. Corte. D=51,6 mm	15	111,50	1672,50
Ud	Valvulería. V. Corte. D=50 mm	77	111,50	8585,50
Ud	Valvulería. V. Corte. D=15 mm	38	7,89	299,82
Ud	Valvulería. V3V.	27	106,20	2867,40
Ud	Valvulería. V. Antirretorno. D=90 mm	6	55,45	332,70
Ud	Valvulería. V. Antirretorno. D=63 mm	17	42,95	730,15
Ud	Valvulería. V. Antirretorno. D=60 mm	8	42,50	340,00
Ud	Valvulería. V. Antirretorno. D=51,6 mm	6	34,30	205,80
Ud	Valvulería. V. Antirretorno. D=50 mm	26	34,30	891,80
Ud	Valvulería. V. Antirretorno. D=15 mm	7	103,00	721,00
Ud	Sala de calderas. Bloques de hormigón.	380	23,77	9032,60
m3	Sala de calderas. Hormigón.	10	50,00	500,00
Ud	Sala de calderas. Puertas	3	100,00	300,00
Ud	Sala de calderas. Rejillas ventilación 250x250 mm	4	16,20	64,80

Cuadro 69: Coste material de obra.

	PRECIO (€)	USO (MESES)	AMORTIZACIÓN (meses)	TOTAL (€)
Ordenador portatil	899	9	60	134,85
Paquete Office	79	9	12	59,25
Autocad	-	-	-	-
Latex	-	-	-	-
Epanet	-	-	-	-
Papelería	100	-	-	100
Internet	20	9	-	180

Cuadro 70: Coste material de administración.

UDS.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
h	Ingeniero junior	300	25	7500
h	Tutor ingeniería	30	50	1500
h	Obra civil. Tubería enterrada.	640	20	12800
h	Obra civil. Instalación tubería enterrada.	320	20	6400
h	Obra civil. Instalación montante/bajante.	320	20	6400
h	Sala de calderas. Obra civil.	240	20	4800
h	Obra civil. Mano de obra instalación	480	20	9600
h	Obra civil. Equipos de instalación	240	20	4800
h	Puesta en marcha	320	20	6400

Cuadro 71: Coste mano de obra.

Una vez definido los costes directos, se definen el margen de beneficio decidido, los costes indirectos y los imprevistos, fijando finalmente los costes finales, tabla 72.

COSTES (€)	
Total materiales	274.126,62
Mano de obra	60.200,00
Beneficio industrial (6%)	20.059,60
Directos	354.386,21
Indirectos (2%)	7.087,72
Subtotal	361.473,94
Imprevistos (5%)	18.073,70
TOTAL	379.547,63

Cuadro 72: Coste final

10.2 ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD

Para analizar la rentabilidad del proyecto, se va a calcular el ahorro energético que corresponde al propio proyecto, comparando el sistema de antiguo de calefacción con el nuevo que se propone.

Por lo tanto, hay que calcular la cantidad de energía requerida en un periodo de tiempo determinado, un año en este caso, con el antiguo sistema y con el nuevo. Para ello, hay que explicar en primer lugar que el sistema actual está compuesto de una caldera de gasoleo que alimenta la fase 1, otra caldera de gasoleo para la fase 2 y gas natural para la fase 3.

Para calderas comunitarias de gasoil de mas de 15-20 años, el rendimiento estimado es del 80 %, mientras que para los sistemas individuales de gas de más de 15 años, el rendimiento se estima en el 75 %. Los rendimientos de la nueva caldera de biomasa y de gas son del 97,4 % y del 94,32 % respectivamente. Para simplificar los cálculos, se va a suponer un rendimiento medio del 96 %.

Sabiendo la demanda de energía y los rendimientos de las calderas se puede calcular el gasto real de energía en cada caso. Con los precios de los combustibles, se puede el precio del consumo.

Para calcular la energía en un año se va a calcular primero la demanda de energía tanto para ACS como para calefacción. Para ello se va a dividir el problema por fases, ya que cada fase se compone de sistemas de calefacción diferentes.

El cálculo de la energía de ACS es el comentado en el apartado 9.1.2, sumando un total de 439.657,1 kWh. Se va a dividir porcentualmente para cada fase, para facilitar el computo total de demanda.

La demanda de energía para calefacción se consigue multiplicando la potencia requerida para calefacción del sistema, obtenida en el apartado 9.1.1, por el tiempo que está funcionando el sistema. En este caso se va a suponer un total de 1440h, que son los meses de invierno funcionando durante 8h diarias.

Sumando la demanda de energía de calefacción y ACS para cada fase se obtiene la demanda total de energía. Aplicando el rendimiento de las calderas, se obtiene el consumo real de energía por fase, tabla 73.

En la tabla 73 se comparan la diferencia de consumos entre el sistema antiguo y el nuevo, quedando claro que al tener un mejor rendimiento el consumo de las nuevas calderas es menor. Anteriormente el consumo total era de 2.762.055,67 kWh, mientras que en el nuevo es de 2.241.595,83 kWh.

	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Demanda (kWh)	508.636,40	777.607,60	865.688,00
Rendimiento (sistema antiguo)	0,80	0,80	0,75
Rendimiento (sistema nuevo)	0,96	0,96	0,96
Consumo sist. antiguo (kWh)	635.795,50	972.009,50	1.154.250,67
Consumo sist. nuevo (kWh)	529.829,58	810.007,92	901.758,33

Cuadro 73: Comparación del consumo de energía en un año.

Con el consumo de energía y el precio de la misma, se puede conseguir el precio energético anual, multiplicando ambos valores.

Los precios actuales aproximados son: biomasa: 0,039€/kWh; gas natural: 0,05€/kWh; gasoil: 0,1€/kWh.

En la tabla 74 se muestra la comparación de los precios anuales por fase y totales.

Precio total	Fase 1	Fase 2	Fase 3	TOTAL
Sistema antiguo (€)	63.579,55	97.200,95	57.712,53	218.493,03
Sistema nuevo (€)	27.503,28	42.047,25	49.930,65	119.481,18

Cuadro 74: Comparación del precio del consumo energético en un año.

Finalmente, con la inversión inicial y el gasto anual se pueden calcular los valores de VAN y TIR, para ver si la inversión resulta viable económicamente.

En la figura 75 se muestran los valores obtenidos para la amortización junto con los anteriormente mencionados.

Inversión inicial (€)	379.547,63
Ahorro anual	99.011,85
Amortización simple (años)	3,83
VAN 5 años	49.121,87
TIR (%)	9,55

Cuadro 75: Valores VAN y TIR.

Con la inversión inicial y las diferencias de precios obtenidas, se consigue la amortización del sistema de manera sencilla. Según la amortización el sistema se amortiza en menos de 4 años, lo que supone un gran ahorro anualmente. De todos modos, hay que estudiar valores como el VAN, que teniendo en cuenta la variación de la moneda es el indicativo que demuestra si la inversión es correcta o no.

Para el cálculo del VAN, se supone una tasa de descuento del 5% en un principio. De esta forma, se obtiene que en 5 años, el valor del VAN es de €. Se trata de un valor positivo y alto, por lo que se puede aceptar el proyecto como viable económicamente.

El cálculo del TIR muestra que el valor de la tasa de descuento que hace la inversión 0 en un plazo de 5 años es de 9,86 %, lo que es un valor bastante elevado. Se trata de una buena inversión económicamente hablando.

11. CONCLUSIONES

En este apartado final, se van a exponer diferentes temas tratados a lo largo del proyecto de manera resumida, para analizarlos. Estas cuestiones van a ser: medioambientales, técnicas, energéticas y económicas.

El ámbito medioambiental está muy ligado al proyecto, ya que se trata de un proyecto de ingeniería del sector energético. En el apartado 5, estado del arte, ya se ha comentado el estado del panorama energético actual y de su evolución, en la que se ve una clara dependencia de las fuentes de energía fósiles. Por ello, la implementación de sistemas de uso de energía renovable, es una política que va a ir en aumento con el transcurso de los años. De ahí, que sistemas como el estudiado se vayan normalizando y mejorando.

La evolución de las políticas de energías renovables es una ventaja que se aplica a todas las fuentes renovables, sin embargo la biomasa representa otras ventajas por sí misma. Ventajas como que se trata de un combustible residual que se genera en el ámbito nacional; tiene unas emisiones contaminantes más bajas que las fuentes de energía tradicionales; y posee una huella de CO₂ neutra.

Económicamente, representa ciertas ventajas e inconvenientes. El mayor inconveniente económicamente hablando es la mayor inversión inicial. Esta inversión resulta mayor debido a que las calderas de biomasa tienen un mayor precio que sus homónimas de otras fuentes.

Por otra parte, se presentan ciertos inconvenientes prácticos, que al final se resume en costo monetario. Por ejemplo la necesidad de acumular el combustible supone tener que comprar los silos y la necesidad de disponer de un espacio para almacenarlo. A esto hay que sumarle el precio del transporte periódico del combustible en su compra, que representa un problema que fuentes como el gas natural no tienen.

Sin embargo, como se ha comprobado en el apartado de viabilidad económica, al tratarse de un combustible con un costo menor, la inversión inicial se amortiza en un periodo menor a 4 años. El valor del VAN en 5 años es positivo, lo que supone que es una inversión económica rentable. Económicamente es proyecto es viable por lo tanto.

Técnicamente, destaca el hecho de que se trata de un sistema con una gran inercia térmica. Eso supone que no es adecuado para arrancar y parar continuamente, por lo tanto es más adecuado para sistemas de gran envergadura, como el estudiado en este proyecto. De la misma manera, tampoco es adecuado para responder a las puntas de demanda, por ello necesita de un sistema complementario que responda rápidamente, como puede ser el gas natural. Es cierto que con la mejora técnica se está adecuando su uso a viviendas privadas, pero junto con la necesidad de una cantidad de espacio considerable y la necesidad de limpieza, no resultan aún muy adecuadas este tipo de calderas para las viviendas comunes.

Energéticamente, es fácil ver una mejora en cuanto al consumo comparandolo con el sistema antiguo, como se ha visto en el apartado 10.2. La mejora de rendimientos de las nuevas

calderas, suponen una gran ventaja con respecto a las antiguas.

Sin embargo, el sistema propuesto no es el más eficiente energéticamente hablando. Los sistemas de calderas individuales de calderas de condensación tienen rendimientos que rondan el 105 %, al aprovechar el calor residual de los gases en la salida. Las calderas utilizadas tienen unos rendimientos de 97,4 % y 94,32 %. Aparte del rendimiento mayor, hay que tener en cuenta que no hay un sistema de distribución externo. Las calderas individuales se colocan en las propias viviendas, por lo que las pérdidas de calor en las tuberías solo se dan dentro de la propia vivienda. Aunque en el proyecto se hayan establecido unos requisitos para el aislamiento muy estrictos, para minimizar las pérdidas energéticas, siempre van a ser menores las pérdidas en los sistemas de calefacción individuales.

Por lo tanto, comparándolo con otros proyectos posibles, como individualizar la calefacción, energéticamente no es justificable, ya que no es tan eficiente. Aunque se puede justificar económicamente y medioambientalmente, dependiendo de la casuística.

Por otra parte, el sistema llevado a cabo en este proyecto, sí se justifica enteramente comparándolo con el antiguo sistema de calefacción del barrio. Suponiendo una mejora energética, una inversión económica favorable y un sistema con un menor impacto ambiental.

Bibliografía

- [1] ATLANTIC CONSULTING, *Huella de carbono del GLP en relación a otros combustibles*. Análisis científico.
- [2] GOBIERNO DE ESPAÑA, *La Energía en España 2016*. Ministerio de energía, turismo y agenda digital.
- [3] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, *World Energy Outlook*. Scenarios.
- [4] IDAE, *Guía técnica. Condiciones climáticas exteriores de proyecto*. Ahorro y eficiencia energética en climatización 12.
- [5] GOBIERNO DE ESPAÑA, *Atlas de radiación solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT*. Agencia Estatal de Meteorología, AEMET.
- [6] GOBIERNO DE ESPAÑA, *GUÍA TÉCNICA AGUA CALIENTE SANITARIA CENTRAL*. Instituto para la diversificación y el ahorro de energía, IDAE.
- [7] SANTIAGO GARCÍA GARRIDO, *CENTRALES TERMOELÉCTRICAS DE BIOMASA*. Editorial Renovetec, ISBN: 978-84-616-1557-5.
- [8] IDAE, *Informe de Precios de la Biomasa para Usos Térmicos*. Dirección de Energías Renovables.
- [9] IDAE, *Guía técnica. Agua caliente sanitaria central*. Ahorro y eficiencia energética en climatización 08.
- [10] IDAE, *Guía técnica. Selección de equipos de transporte de fluidos*. Ahorro y eficiencia energética en climatización 10.
- [11] IDAE, *Guía técnica. Instalación de calefacción individual*. Ahorro y eficiencia energética en climatización 16.
- [12] IDAE, *Guía técnica. Diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones aparatos y equipos*. Ahorro y eficiencia energética en climatización 03.
- [13] IDAE, *Guía técnica. Instalaciones de biomasa térmica en edificios*. Ministerio de industria, turismo y comercio.
- [14] IDAE, *Biomasa. Redes de distribución térmica*. Ministerio de industria, turismo y comercio.

- [15] GENERALITAT DE CATALUÑA, *Guía básica de redes de distrito de calor y de frío*. Asociación de empresas de redes de calor y frío.
- [16] CSIC, *CTE. Código técnico de la edificación* Catálogo de elementos constructivos de la edificación.
- [17] UPV, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA, *EPANET 2.0 en Español. Análisis Hidráulico y de Calidad en Redes de Distribución de Agua*. Catálogo de elementos constructivos de la edificación.

ANEXO

PLANOS Y ESQUEMAS

ΔP PRIMARIAS CALEFACCIÓN, FASE 1

VIVIENDAS

VIVIENDAS	CAUDAL (l/h)	Diámetro (mm)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Tm (°C)	Reynolds	f inicial	f	Δp prim. (mca)
PISO TIPO "A"	400,79	15	0,630	22,46	70	2,30E+04	2,78E-03	0,025022271	0,758
PISO TIPO "B"	400,79	15	0,630	28,02	70	2,30E+04	2,78E-03	0,025022271	0,946
PISO TIPO "A' "	400,79	15	0,630	33,01	70	2,30E+04	2,78E-03	0,025022271	1,114
PISO TIPO "B' "	400,79	15	0,630	34,14	70	2,30E+04	2,78E-03	0,025022271	1,152
ACOMETIDA/MONTANTE 1	8015,73	51,60	1,065	10	80	1,34E+05	4,79E-04	0,025024934	0,280
MONTANTE 1/2	6412,59	50	0,907	3	80	1,10E+05	5,80E-04	0,025024625	0,063
MONTANTE 2/3	4809,44	40	1,063	3	80	1,03E+05	6,19E-04	0,025024523	0,108
MONTANTE 3/4	3206,29	32	1,107	3	80	8,62E+04	7,42E-04	0,025024236	0,147
MONTANTE 4/5	1603,15	25	0,907	3	80	5,52E+04	1,16E-03	0,02502355	0,126

Cuadro 76: Pérdidas de carga primaria en viviendas, fase 1

ΔP PRIMARIAS CALEFACCIÓN, FASE 2

VIVIENDAS

VIVIENDAS	CAUDAL (l/h)	Diámetro (mm)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	T (°C)	Reynolds	f inicial	f	Δp prim. (mca)
PISO TIPO "A"	360,17	15	0,566	37,3	70	2,07E+04	3,10E-03	0,025680479	1,043
PISO TIPO "B"	360,17	15	0,566	37,66	70	2,07E+04	3,10E-03	0,025680479	1,053
PISO TIPO "C"	360,17	15	0,566	41,17	70	2,07E+04	3,10E-03	0,025680479	1,151
PISO TIPO "D"	360,17	15	0,566	43,38	70	2,07E+04	3,10E-03	0,025680479	1,213
ACOMETIDA/MONTANTE 1	7203,40	50	1,019	10	70	1,24E+05	5,16E-04	0,02568344	0,272
MONTANTE 1/2	5762,72	50	0,815	3	70	9,92E+04	6,45E-04	0,025683048	0,052
MONTANTE 2/3	4322,04	40	0,955	3	70	9,30E+04	6,88E-04	0,025682936	0,090
MONTANTE 3/4	2881,36	32	0,995	3	70	7,75E+04	8,26E-04	0,025682622	0,122
MONTANTE 4/5	1440,68	25	0,815	3	70	4,96E+04	1,29E-03	0,025681874	0,104

Cuadro 77: Pérdidas de carga primaria en viviendas, fase 2

ΔP PRIMARIAS CALEFACCIÓN, FASE 3 VIVIENDAS PORTAL A

PORTAL A										
		CAUDAL (l/h)	Diámetro (mm)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	T (°C)	Reynolds	f inicial	f	Δp prim. (mca)
PLANTA BAJA	PISO A	400,66	15	0,629796157	35	70	2,30E+04	2,78E-03	0,025575273	1,206418712
	PISO B	346,72	15	0,545003806	35	70	1,99E+04	3,22E-03	0,025575052	0,903427657
	LOCAL A	309,74	13,4	0,610099873	20	70	1,99E+04	3,22E-03	0,025575052	0,724176776
	LOCAL B	327,21	13,4	0,64451107	20	70	2,10E+04	3,05E-03	0,025575136	0,808174049
PLANTA PRIMERA	PISO A	374,92	15	0,589343734	35	70	2,15E+04	2,98E-03	0,025575171	1,056412839
	PISO B	343,25	15	0,539549618	35	70	1,97E+04	3,25E-03	0,025575037	0,885435297
	LOCAL A	407,61	15	0,64071917	20	70	2,34E+04	2,74E-03	0,025575299	0,713503137
	LOCAL B	403,92	15	0,634927461	20	70	2,32E+04	2,76E-03	0,025575285	0,700661794
PLANTAS 2-4	PISO A	475,67	16,4	0,625498452	40,3	70	2,50E+04	2,56E-03	0,025575399	1,253248212
	PISO B	457,15	16	0,631578068	34,04	70	2,46E+04	2,60E-03	0,025575376	1,106233163
	PISO C	386,04	16	0,533337476	46,63	70	2,08E+04	3,08E-03	0,025575117	1,080608219
	PISO D	382,73	16	0,528766312	53,6	70	2,06E+04	3,11E-03	0,025575104	1,220930023
PLANTA 5	PISO A	683,95	20	0,604746471	40,3	70	2,94E+04	2,17E-03	0,025575654	0,960615277
	PISO B	664,95	20	0,587944941	34,04	70	2,86E+04	2,24E-03	0,025575611	0,766937331
	PISO C	591,90	20	0,523355166	46,63	70	2,55E+04	2,51E-03	0,02557543	0,832438954
	PISO D	570,34	20	0,504292534	53,6	70	2,45E+04	2,61E-03	0,025575373	0,888429242

Cuadro 78: Pérdidas de carga primaria en viviendas, portal A, fase 3

MONTANTE PORTAL A

MONTANTE A	CAUDAL (l/h)	Diámetro (mm)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	T (°C)	Reynolds	f inicial	f	Δp prim. (mca)
ACOMETIDA / MONTANTE 0	10529,97	60	1,034504147	5	80	1,51E+05	4,24E-04	0,025578374	0,116267186
MONTANTE 0/1	9145,64	60	0,898501944	3	80	1,31E+05	4,88E-04	0,025578125	0,052623261
MONTANTE 1/2	7615,93	52	0,996148484	3	80	1,26E+05	5,08E-04	0,025578055	0,074633634
MONTANTE 2/3	5914,34	50	0,836707553	3	80	1,02E+05	6,29E-04	0,025577685	0,054759675
MONTANTE 3/4	4212,74	40	0,931220165	3	80	9,06E+04	7,06E-04	0,025577486	0,084786141
MONTANTE 4/5	2511,14	32	0,867319966	3	80	6,75E+04	9,48E-04	0,025576992	0,091934903

Cuadro 79: Pérdidas de carga primaria en montantes, portal A, fase 3

VIVIENDAS PORTAL B

PORTAL B										
		CAUDAL (l/h)	Diámetro (mm)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	T (°C)	Reynolds	f inicial	f	Δp prim. (mca)
PLANTA BAJA	PISO A	365,30	15	0,574208326	35	70	2,10E+04	3,05E-03	0,025575131	1,002846881
	PISO B	350,38	15	0,550755336	35	70	2,01E+04	3,18E-03	0,025575068	0,922596937
	LOCAL A	308,15	13	0,644888239	20	70	2,04E+04	3,14E-03	0,02557509	0,834014749
	LOCAL B	266,61	13	0,557954445	20	70	1,76E+04	3,63E-03	0,025574872	0,62430755
PLANTA PRIMERA	PISO A	362,00	15	0,569030886	35	70	2,08E+04	3,08E-03	0,025575118	0,984843229
	PISO B	325,33	15	0,511381053	35	70	1,87E+04	3,43E-03	0,025574956	0,795393324
	LOCAL A	395,71	14	0,714044623	20	70	2,43E+04	2,63E-03	0,025575359	0,949457234
	LOCAL B	368,44	14	0,664837441	20	70	2,26E+04	2,83E-03	0,02557525	0,823102233
PLANTAS 2-4	PISO A	434,29	16	0,599994078	40,3	70	2,34E+04	2,74E-03	0,025575297	1,181954277
	PISO B	430,71	16	0,595054814	34,04	70	2,32E+04	2,76E-03	0,025575284	0,981985297
	PISO C	398,18	16	0,550101217	46,63	70	2,14E+04	2,99E-03	0,025575164	1,149608791
	PISO D	402,87	16,4	0,529762823	53,6	70	2,11E+04	3,03E-03	0,025575145	1,19564704
PLANTA 5	PISO A	625,33	20	0,552916081	40,3	70	2,69E+04	2,38E-03	0,025575515	0,803006165
	PISO B	624,28	20	0,55198633	34,04	70	2,69E+04	2,38E-03	0,025575513	0,675991979
	PISO C	614,20	20	0,543069504	46,63	70	2,64E+04	2,42E-03	0,025575487	0,896336673
	PISO D	601,08	20	0,531470847	53,6	70	2,59E+04	2,47E-03	0,025575454	0,986774769

Cuadro 80: Pérdidas de carga primaria en viviendas, portal B, fase 3

MONTANTE PORTAL B

MONTANTE B	CAUDAL (l/h)	Diámetro (mm)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	T (°C)	Reynolds	f inicial	f	Δp prim. (mca)
ACOMETIDA / MONTANTE 0	10204,94	60	1,002571729	53,6	80	1,46E+05	4,37E-04	0,025578319	1,170624039
MONTANTE 0/1	8914,50	60	0,875794718	53,6	80	1,28E+05	5,01E-04	0,025578081	0,893279012
MONTANTE 1/2	7463,03	52	0,976149192	53,6	80	1,24E+05	5,18E-04	0,02557802	1,280447462
MONTANTE 2/3	5796,98	50	0,820105591	53,6	80	9,98E+04	6,41E-04	0,025577651	0,939931012
MONTANTE 3/4	4130,94	40	0,913137838	53,6	80	8,89E+04	7,20E-04	0,025577453	1,45658479
MONTANTE 4/5	2464,89	32	0,851344829	53,6	80	6,63E+04	9,66E-04	0,025576961	1,582616716

Cuadro 81: Pérdidas de carga primaria en montantes, portal B, fase 3

ΔP SECUNDARIAS CALEFACCIÓN, FASE 1

VIVIENDAS

VIVIENDAS	Calefacción			Codos			T			V. corte						Δp secundarias (mca)	
	Δp por calef.(mmca)	Num. Calef.	Δp calefacción (mca)	ΔLeq codos (90°)	Num. codos (90°)	ΔLeq codos	T (ΔLeq)	Num. T	ΔLeq T	V. esférica	Número	V. antirretorno	Número	Electroválvulas	Número		ΔLeq Válvulas
PISO TIPO "A"	200	7	1,4	2,7	4	10,8	0,28	2	0,56	0,24	1					0,24	1,791
PISO TIPO "B"	200	7	1,4	2,7	4	10,8	0,28	2	0,56	0,24	1					0,24	1,791
PISO TIPO "C"	200	7	1,4	2,7	4	10,8	0,28	2	0,56	0,24	1					0,24	1,791
PISO TIPO "D"	200	7	1,4	2,7	4	10,8	0,28	2	0,56	0,24	1					0,24	1,725
MONTANTE				9,5	1	9,5	0,9	3	2,7	0,7	2	0,7	2	0,7	3	4,9	0,479

Cuadro 82: Pérdidas de carga secundaria en viviendas, fase 1

ΔP SECUNDARIAS CALEFACCIÓN, FASE 2

VIVIENDAS

VIVIENDAS	Calefacción			Codos			T			V. corte						Δp secundarias (mca)	
	Δp por calef. (mmca)	Num. Calef.	Δp calefacción (mca)	ΔLeq codos (90°)	Num. codos (90°)	ΔLeq codos	T (ΔLeq)	Num. T	ΔLeq T	V. esférica	Número	V. antirretorno	Número	Electroválvulas	Número		ΔLeq Válvulas
PISO TIPO "A"	200	7	1,4	2,7	4	10,8	0,28	2	0,56	0,24	1					0,24	1,724
PISO TIPO "B"	200	7	1,4	2,7	4	10,8	0,28	2	0,56	0,24	1					0,24	1,724
PISO TIPO "C"	200	7	1,4	2,7	4	10,8	0,28	2	0,56	0,24	1					0,24	1,724
PISO TIPO "D"	200	7	1,4	2,7	4	10,8	0,28	2	0,56	0,24	1					0,24	1,724
MONTANTE				9,5	1	9,5	0,9	3	2,7	0,7	2			0,7	3	3,5	0,427

Cuadro 83: Pérdidas de carga secundarias en viviendas, fase 2

ΔP SECUNDARIAS CALEFACCIÓN, FASE 3 VIVIENDAS PORTAL A

PORTAL B		Calefacción			Codos			T			V. corte						Δp secundarias (mca)	
		Δp por calef.(mmca)	Num. Calef.	Δp calefacción (mca)	ΔLeq codos (90º)	Num. codos (90º)	ΔLeq codos	T (Δleq)	Num. T	ΔLeq T	V. esférica	Número	V. antirretorno	Número	Electroválvulas	Número		ΔLeq Válvulas
PLANTA BAJA	PISO A	200	7	1,4	2,5	4	10	0,2	2	0,4	0,18	1					0,18	1,703
	PISO B	200	7	1,4	2,5	4	10	0,2	2	0,4	0,18	1					0,18	1,679
	LOCAL A	200	2	0,4	2,8	4	11,2	0,25	2	0,5	0,2	1					0,2	0,896
	LOCAL B	200	2	0,4	2,8	4	11,2	0,25	2	0,5	0,2	1					0,2	0,771
PLANTA PRIMERA	PISO A	200	7	1,4	2,5	4	10	0,2	2	0,4	0,18	1					0,18	1,698
	PISO B	200	7	1,4	2,5	4	10	0,2	2	0,4	0,18	1					0,18	1,640
	LOCAL A	200	2	0,4	2,8	4	11,2	0,25	2	0,5	0,2	1					0,2	0,965
	LOCAL B	200	2	0,4	2,8	4	11,2	0,25	2	0,5	0,2	1					0,2	0,890
PLANTAS 2-4	PISO A	200	7	1,4	2,7	4	10,8	0,28	2	0,56	0,2	1					0,2	1,739
	PISO B	200	7	1,4	2,7	4	10,8	0,28	2	0,56	0,2	1					0,2	1,733
	PISO C	200	7	1,4	2,5	4	10	0,2	2	0,4	0,18	1					0,18	1,661
	PISO D	200	7	1,4	2,5	4	10	0,2	2	0,4	0,18	1					0,18	1,636
PLANTA 5	PISO A	200	7	1,4	2,7	4	10,8	0,28	2	0,56	0,24	1					0,24	1,631
	PISO B	200	7	1,4	2,7	4	10,8	0,28	2	0,56	0,24	1					0,24	1,630
	PISO C	200	7	1,4	2,7	4	10,8	0,28	2	0,56	0,24	1					0,24	1,623
	PISO D	200	7	1,4	2,7	4	10,8	0,28	2	0,56	0,24	1					0,24	1,614
COLUMNA MONTANTE				0	9,5	2	19	0,9	3	2,7	0,7	2	0,7	2	0,7	3	4,9	0,705

Cuadro 84: Pérdidas de carga secundarias en viviendas, portal A, fase 3

VIVIENDAS PORTAL B

PORTAL B		Calefacción			Codos			T			V. corte						Δp secundarias (mca)	
		Δp por calef.(mmca)	Num. Calef.	Δp calefacción (mca)	ΔLeq codos (90º)	Num. codos (90º)	ΔLeq codos	T (Δleq)	Num. T	ΔLeq T	V. esférica	Número	V. antirretorno	Número	Electroválvulas	Número		ΔLeq Válvulas
PLANTA BAJA	PISO A	200	7	1,4	2,5	4	10	0,2	2	0,4	0,18	1					0,18	1,703
	PISO B	200	7	1,4	2,5	4	10	0,2	2	0,4	0,18	1					0,18	1,679
	LOCAL A	200	2	0,4	2,8	4	11,2	0,25	2	0,5	0,2	1					0,2	0,896
	LOCAL B	200	2	0,4	2,8	4	11,2	0,25	2	0,5	0,2	1					0,2	0,771
PLANTA PRIMERA	PISO A	200	7	1,4	2,5	4	10	0,2	2	0,4	0,18	1					0,18	1,698
	PISO B	200	7	1,4	2,5	4	10	0,2	2	0,4	0,18	1					0,18	1,640
	LOCAL A	200	2	0,4	2,8	4	11,2	0,25	2	0,5	0,2	1					0,2	0,965
	LOCAL B	200	2	0,4	2,8	4	11,2	0,25	2	0,5	0,2	1					0,2	0,890
PLANTAS 2-4	PISO A	200	7	1,4	2,7	4	10,8	0,28	2	0,56	0,2	1					0,2	1,739
	PISO B	200	7	1,4	2,7	4	10,8	0,28	2	0,56	0,2	1					0,2	1,733
	PISO C	200	7	1,4	2,5	4	10	0,2	2	0,4	0,18	1					0,18	1,661
	PISO D	200	7	1,4	2,5	4	10	0,2	2	0,4	0,18	1					0,18	1,636
PLANTA 5	PISO A	200	7	1,4	2,7	4	10,8	0,28	2	0,56	0,24	1					0,24	1,631
	PISO B	200	7	1,4	2,7	4	10,8	0,28	2	0,56	0,24	1					0,24	1,630
	PISO C	200	7	1,4	2,7	4	10,8	0,28	2	0,56	0,24	1					0,24	1,623
	PISO D	200	7	1,4	2,7	4	10,8	0,28	2	0,56	0,24	1					0,24	1,614
COLUMNA MONTANTE				0	9,5	2	19	0,9	3	2,7	0,7	2	0,7	2	0,7	3	4,9	0,705

Cuadro 85: Pérdidas de carga secundarias en viviendas, portal B, fase 3

CÁLCULO CAUDALES Y TUBERÍAS, ACS

FASE 1

TRAMO BLOQUE	Num. Viviendas	Caudal total (l/s)	A	B	C	Caudal simult. Max. (l/s)	Tubería	Diametro int. (mm)	Velocidad real (m/s)	Pérdidas carga (Pa/m)	Longitud (m)	Pérdidas carga prim.(mca)
Planta -1 - 1	20	16,9	0,628	0,45	-0,14	2,10	P63	46	1,26	500	4,5	0,23
Planta 1 - 2	16	13,52	0,628	0,45	-0,14	1,89	P50	36,4	1,81	800	3	0,24
Planta 2 - 3	12	10,14	0,628	0,45	-0,14	1,64	P50	36,4	1,58	800	3	0,24
Planta 3 - 4	8	6,76	0,628	0,45	-0,14	1,34	P40	29,2	2,01	1400	3	0,43
Planta 4 - 5	4	3,38	0,628	0,45	-0,14	0,95	P40	29,2	1,41	800	3	0,24
Vivienda	1	0,845	0,628	0,45	-0,14	0,44	P25	18,2	1,70	1700	8	1,39

Cuadro 86: Caudales y dimensiones de tuberías de ACS en los bloques, fase 1.

FASE 2

TRAMO BLOQUE	Num. Viviendas	Caudal total (l/s)	A	B	C	Caudal simult. Max. (l/s)	Tubería	Diametro int. (mm)	Velocidad real (m/s)	Pérdidas carga (Pa/m)	Longitud (m)	Pérdidas carga prim.(mca)
Planta -1 - 1	20	16,9	0,628	0,45	-0,14	2,10	P63	46	1,26	500	4,5	0,23
Planta 1 - 2	16	13,52	0,628	0,45	-0,14	1,89	P50	36,4	1,81	800	3	0,24
Planta 2 - 3	12	10,14	0,628	0,45	-0,14	1,64	P50	36,4	1,58	800	3	0,24
Planta 3 - 4	8	6,76	0,628	0,45	-0,14	1,34	P40	29,2	2,01	1400	3	0,43
Planta 4 - 5	4	3,38	0,628	0,45	-0,14	0,95	P40	29,2	1,41	800	3	0,24
Vivienda	1	0,845	0,628	0,45	-0,14	0,44	P25	18,2	1,70	1700	8	1,39

Cuadro 87: Caudales y dimensiones de tuberías de ACS en los bloques, fase 2.

FASE 3

TRAMO BLOQUE	Num. Viviendas	Caudal total (l/s)	A	B	C	Caudal simult. Max. (l/s)	Tubería	Diametro int. (mm)	Velocidad real (m/s)	Pérdidas carga (Pa/m)	Longitud (m)	Pérdidas carga prim.(mca)
Planta 0	2Baj-2Prim-16	16,24	0,628	0,45	-0,14	2,06	P50	36,4	1,98	1100	0,5	0,06
Planta 0 - 1	2Prim- 16	14,88	0,628	0,45	-0,14	1,98	P50	36,4	1,90	800	3	0,24
Planta 1 - 2	16	13,52	0,628	0,45	-0,14	1,89	P50	36,4	1,81	800	3	0,24
Planta 2 - 3	12	10,14	0,628	0,45	-0,14	1,64	P50	36,4	1,58	800	3	0,24
Planta 3 - 4	8	6,76	0,628	0,45	-0,14	1,34	P40	29,2	2,01	1400	3	0,43
Planta 4 - 5	4	3,38	0,628	0,45	-0,14	0,95	P40	29,2	1,41	800	3	0,24
Vivienda	1	0,845	0,628	0,45	-0,14	0,44	P25	18,2	1,70	1700	10	1,73

Cuadro 88: Caudales y dimensiones de tuberías de ACS en los bloques, fase 3.

ΔP PRIMARIAS ACS, FASE 1
VIVIENDAS
METODO 1

BLOQUE	Diámetro (mm)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	T (°C)	Reynolds	f	Δp prim. (mca)
	Planta -1 - 1	46	1,26	4,5	50	1,06E+05	0,0178
Planta 1 - 2	36,4	1,81	3	50	1,20E+05	0,0173	0,2392
Planta 2 - 3	36,4	1,58	3	50	1,05E+05	0,0178	0,1861
Planta 3 - 4	29,2	2,01	3	50	1,07E+05	0,0177	0,3742
Planta 4 - 5	29,2	1,41	3	50	7,53E+04	0,0191	0,1998
Vivienda	18,2	1,70	8	50	5,64E+04	0,0203	1,3163

Cuadro 89: Pérdidas de carga primaria en viviendas, metodo 1, fase 1

METODO 2

BLOQUE	Diámetro (mm)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	T (°C)	Reynolds	f inicial	f	Δp prim. (mca)
	Planta -1 - 1	46	1,26	4,5	50	1,06E+05	6,03E-04	0,0178
Planta 1 - 2	36,4	1,81	3	50	1,20E+05	5,31E-04	0,0173	0,2392
Planta 2 - 3	36,4	1,58	3	50	1,05E+05	6,11E-04	0,0178	0,1861
Planta 3 - 4	29,2	2,01	3	50	1,07E+05	5,98E-04	0,0177	0,3742
Planta 4 - 5	29,2	1,41	3	50	7,53E+04	8,50E-04	0,0191	0,1998
Vivienda	18,2	1,70	8	50	5,64E+04	1,13E-03	0,0203	1,3163

Cuadro 90: Pérdidas de carga primaria en viviendas, metodo 2, fase 1

ΔP PRIMARIAS ACS, FASE 2
VIVIENDAS
METODO 1

BLOQUE	Diámetro (mm)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	T (°C)	Reynolds	f	Δp prim. (mca)
	Planta -1 - 1	46	1,26	4,5	50	1,06E+05	0,0178
Planta 1 - 2	36,4	1,81	3	50	1,20E+05	0,0173	0,2392
Planta 2 - 3	36,4	1,58	3	50	1,05E+05	0,0178	0,1861
Planta 3 - 4	29,2	2,01	3	50	1,07E+05	0,0177	0,3742
Planta 4 - 5	29,2	1,41	3	50	7,53E+04	0,0191	0,1998
Vivienda	18,2	1,70	8	50	5,64E+04	0,0203	1,3163

Cuadro 91: Pérdidas de carga primaria en viviendas, metodo 1, fase 2

METODO 2

BLOQUE	Diámetro (mm)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	T (°C)	Reynolds	f inicial	f	Δp prim. (mca)
	Planta -1 - 1	46	1,26	4,5	50	1,06E+05	6,03E-04	0,0178
Planta 1 - 2	36,4	1,81	3	50	1,20E+05	5,31E-04	0,0173	0,2392
Planta 2 - 3	36,4	1,58	3	50	1,05E+05	6,11E-04	0,0178	0,1861
Planta 3 - 4	29,2	2,01	3	50	1,07E+05	5,98E-04	0,0177	0,3742
Planta 4 - 5	29,2	1,41	3	50	7,53E+04	8,50E-04	0,0191	0,1998
Vivienda	18,2	1,70	8	50	5,64E+04	1,13E-03	0,0203	1,3163

Cuadro 92: Pérdidas de carga primaria en viviendas, metodo 2, fase 2

ΔP PRIMARIAS ACS, FASE 3
VIVIENDAS
METODO 1

BLOQUE	Diámetro (mm)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	T (°C)	Reynolds	f	Δp prim. (mca)
	Planta 0	36,4	1,98	0,5	50	1,32E+05	0,0170
Planta 0 - 1	36,4	1,90	3	50	1,26E+05	0,0171	0,2599
Planta 1 - 2	36,4	1,81	3	50	1,20E+05	0,0173	0,2392
Planta 2 - 3	36,4	1,58	3	50	1,05E+05	0,0178	0,1861
Planta 3 - 4	29,2	2,01	3	50	1,07E+05	0,0177	0,3742
Planta 4 - 5	29,2	1,41	3	50	7,53E+04	0,0191	0,1998
Vivienda	18,2	1,70	10	50	5,64E+04	0,0203	1,6454

Cuadro 93: Pérdidas de carga primaria en viviendas, metodo 1, fase 3

METODO 2

BLOQUE	Diámetro (mm)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	T (°C)	Reynolds	f inicial	f	Δp prim. (mca)
	Planta 0	36,4	1,98	0,5	50	1,32E+05	4,86E-04	0,0170
Planta 0 - 1	36,4	1,90	3	50	1,26E+05	5,07E-04	0,0171	0,2599
Planta 1 - 2	36,4	1,81	3	50	1,20E+05	5,31E-04	0,0173	0,2392
Planta 2 - 3	36,4	1,58	3	50	1,05E+05	6,11E-04	0,0178	0,1861
Planta 3 - 4	29,2	2,01	3	50	1,07E+05	5,98E-04	0,0177	0,3742
Planta 4 - 5	29,2	1,41	3	50	7,53E+04	8,50E-04	0,0191	0,1998
Vivienda	18,2	1,70	10	50	5,64E+04	1,13E-03	0,0203	1,6454

Cuadro 94: Pérdidas de carga primaria en viviendas, metodo 2, fase 3

ΔP SECUNDARIAS ACS, FASE 1

VIVIENDAS

Codos			T			V. corte					Otros			Δp secundarias (mca)	Δp total (m)	
ΔLeq codos (90°)	Num. codos (90°)	ΔLeq codos	T (Δleq)	Num. T	ΔLeq T	V. esférica	Número	V. antirretorno	Número	ΔLeq Válvulas	Contador	Filtro	ΔLeq Otros			
		0	0,8	1	0,8					0				0	0,0252	0,1668
		0	0,6	1	0,6					0				0	0,0478	0,2870
		0	0,6	1	0,6					0				0	0,0372	0,2234
		0	0,45	1	0,45					0				0	0,0561	0,4304
2,7	2	5,4	0,45	1	0,45					0				0	0,3896	0,5894
2,7	4	10,8	0,28	2	0,56	0,24	5	0,24	1	1,44	2,4	5,4	7,8		3,3894	4,7057

Cuadro 95: Pérdidas de carga secundarias en viviendas, fase 1

ΔP SECUNDARIAS ACS, FASE 2

VIVIENDAS

Codos			T			V. corte				Otros			Δp secundarias (mca)	Δp total (m)	
ΔLeq codos (90°)	Num. codos (90°)	ΔLeq codos	T (ΔLeq)	Num. T	ΔLeq T	V. esférica	Número	V. antirretorno	Número	ΔLeq Válvulas	Contador	Filtro			ΔLeq Otros
		0	0,8	1	0,8					0			0	0,0252	0,1668
		0	0,6	1	0,6					0			0	0,0478	0,2870
		0	0,6	1	0,6					0			0	0,0372	0,2234
		0	0,45	1	0,45					0			0	0,0561	0,4304
2,7	2	5,4	0,45	1	0,45					0			0	0,3896	0,5894
2,7	4	10,8	0,28	2	0,56	0,24	5	0,24	1	1,44	2,4	5,4	7,8	3,3894	4,7057

Cuadro 96: Pérdidas de carga secundarias en viviendas, fase 2

ΔP SECUNDARIAS ACS, FASE 3

VIVIENDAS

Codos			T			V. corte					Otros				
ΔLeq codos (90°)	Num. codos (90°)	ΔLeq codos	T (ΔLeq)	Num. T	ΔLeq T	V. esférica	Número	V. antirretorno	Número	ΔLeq Válvulas	Contador	Filtro	ΔLeq Otros	Δp secundarias (mca)	Δp total (m)
		0	0,6	1	0,6					0			0	0,0561	0,1028
		0	0,6	1	0,6					0			0	0,0520	0,3119
		0	0,6	1	0,6					0			0	0,0478	0,2870
		0	0,6	1	0,6					0			0	0,0372	0,2234
		0	0,45	1	0,45					0			0	0,0561	0,4304
2,7	2	5,4	0,45	1	0,45					0			0	0,3896	0,5894
2,7	4	10,8	0,28	2	0,56	0,24	5	0,24	1	1,44	2,4	5,4	7,8	3,3894	5,0348

Cuadro 97: Pérdidas de carga secundarias en viviendas, fase 3

VIVIENDAS PÉRDIDAS DE CALOR ACS, FASE 1

TRAMO BLOQUE	Tubería	Pérdida (W/m)	Longitud (m)	Pérdida (W)
Planta -1 - 1	P63	12	4,5	54
Planta 1 - 2	P50	10	3	30
Planta 2 - 3	P50	10	3	30
Planta 3 - 4	P40	9,5	3	28,5
Planta 4 - 5	P40	9,5	3	28,5

Cuadro 98: Pérdidas de calor en viviendas, ACS fase 1

PÉRDIDAS DE CALOR ACS, FASE 2

TRAMO BLOQUE	Tubería	Pérdida (W/m)	Longitud (m)	Pérdida (W)
Planta -1 - 1	P63	12	4,5	54
Planta 1 - 2	P50	10	3	30
Planta 2 - 3	P50	10	3	30
Planta 3 - 4	P40	9,5	3	28,5
Planta 4 - 5	P40	9,5	3	28,5

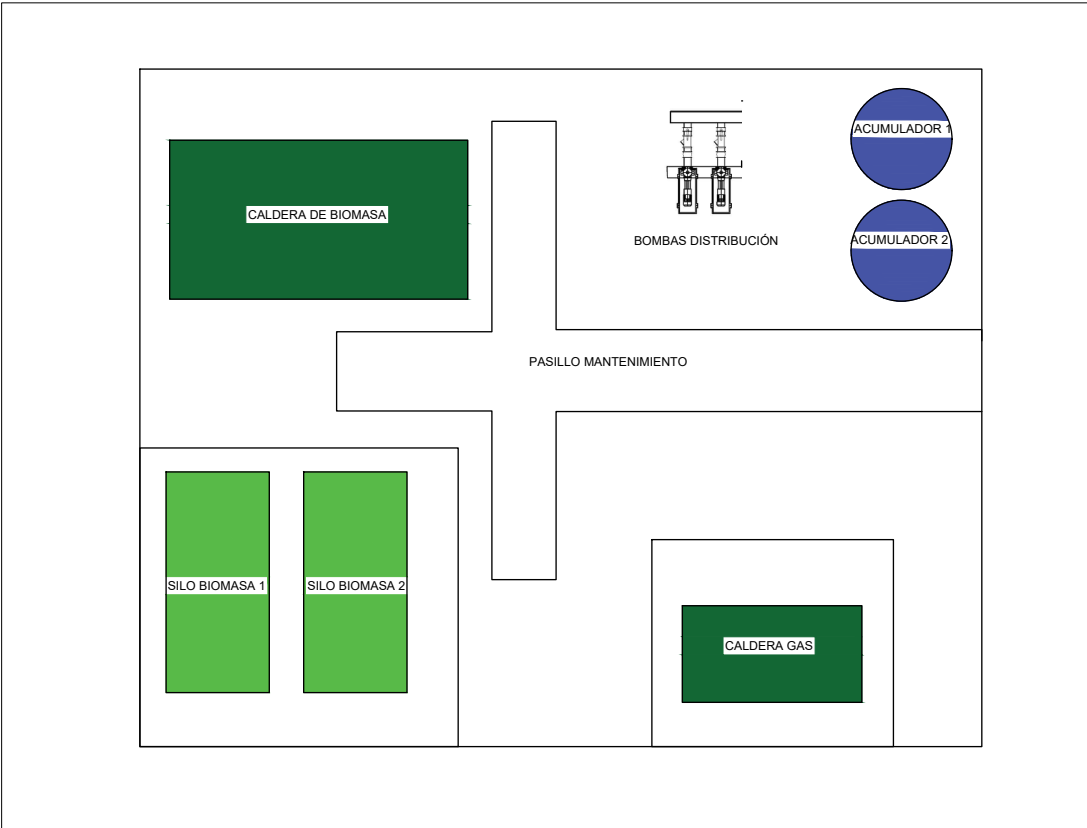
Cuadro 99: Pérdidas de calor en viviendas, ACS fase 2

PÉRDIDAS DE CALOR ACS, FASE 3

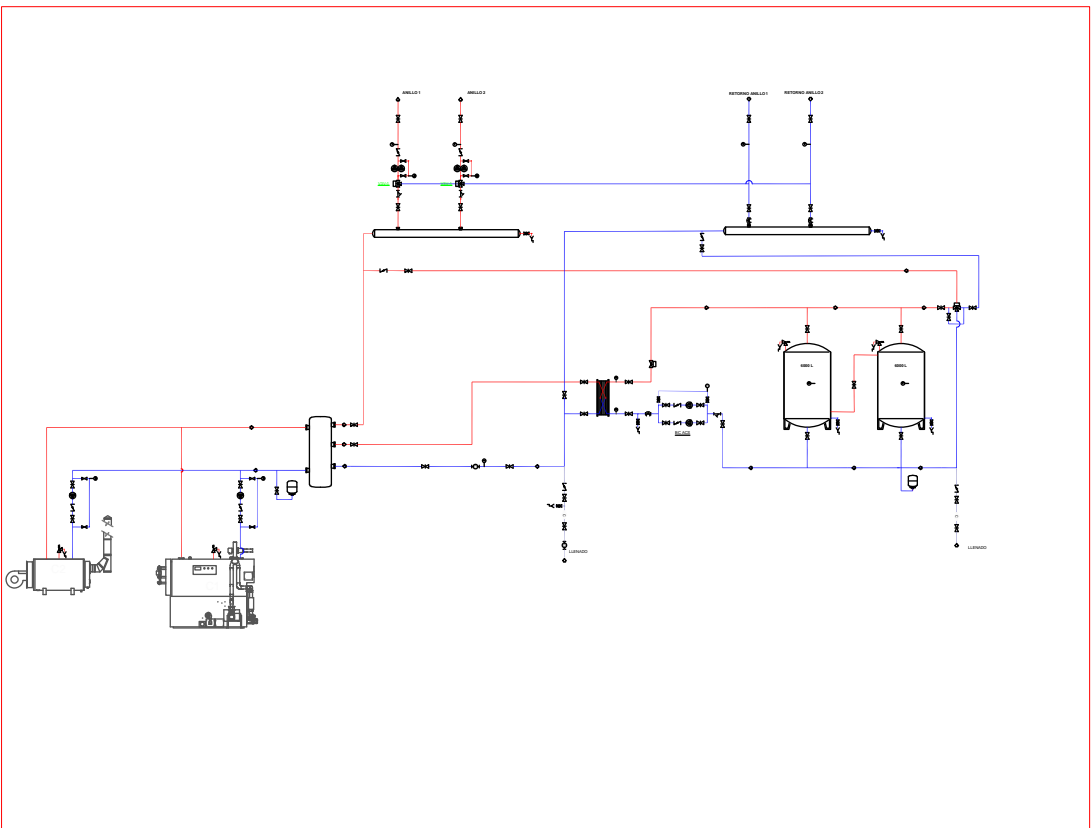
TRAMO BLOQUE	Tubería	Pérdida (W/m)	Longitud (m)	Pérdida (W)
Planta 0	P50	10	0,5	5
Planta 0 - 1	P50	10	3	30
Planta 1 - 2	P50	10	3	30
Planta 2 - 3	P50	10	3	30
Planta 3 - 4	P40	9,5	3	28,5
Planta 4 - 5	P40	9,5	3	28,5

Cuadro 100: Pérdidas de calor en viviendas, ACS fase 3

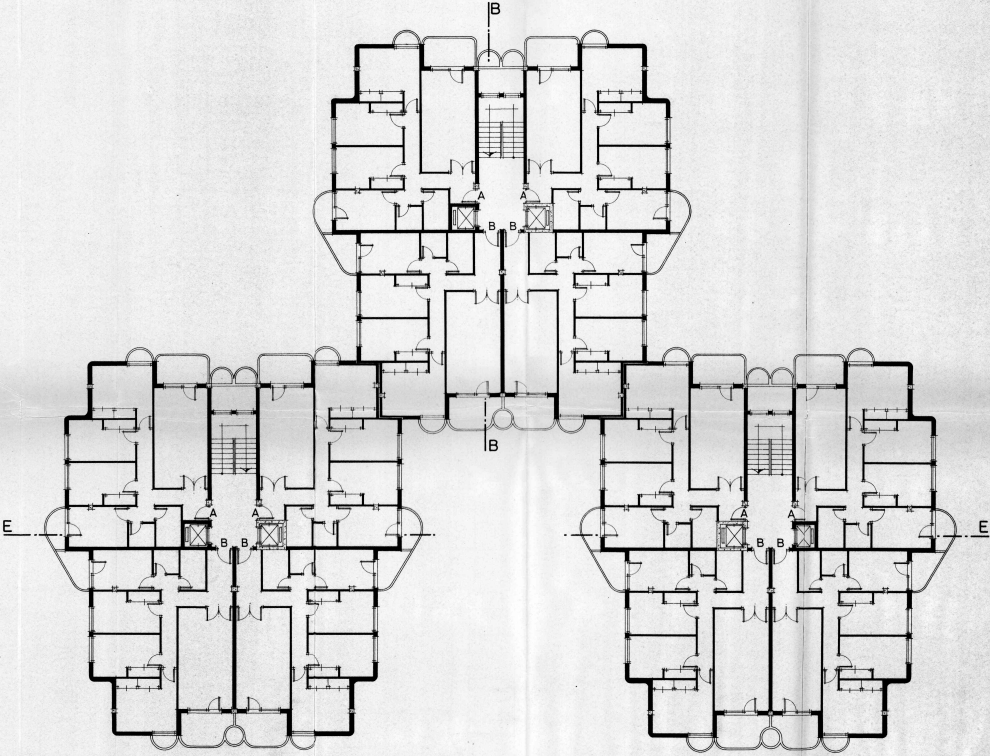
PLANO SALA DE CALDERAS



ESQUEMA DE PRINCIPIO SALA DE CALDERAS



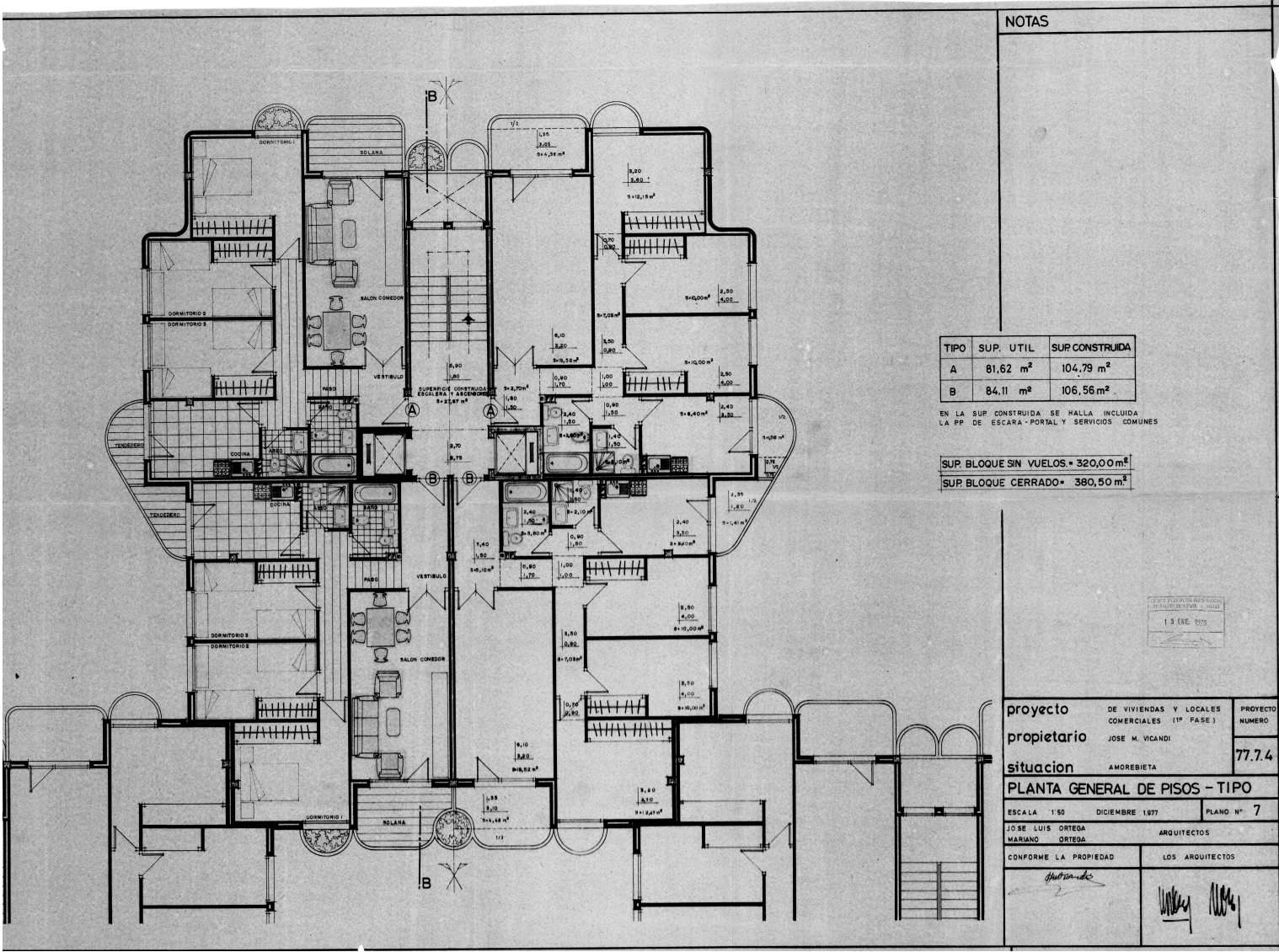
PLANOS VIVIENDAS FASE 1



NOTAS

PROYECTO DE PLAN GENERAL DE LA ZONA DE VIVIENDAS Y LOCALES COMERCIALES (1ª FASE)
 13 ENG. 1979

proyecto DE VIVIENDAS Y LOCALES COMERCIALES (1ª FASE)	PROYECTO NUMERO
propietario JOSE Mª VICIANO	77.74
situación AMOREBIETA (VIZCAYA)	
PLANTA GENERAL PISOS	
ESCALA 1:100	DICIEMBRE 1977
PLANO Nº 6	
JOSE LUIS ORTEGA	ARQUITECTOS
MARIANO ORTEGA	
CONFORME LA PROPIEDAD	LOS ARQUITECTOS
<i>[Signature]</i>	<i>[Signatures]</i>



NOTAS

TIPO	SUP. UTIL	SUP CONSTRUIDA
A	81,62 m ²	104,79 m ²
B	84,11 m ²	106,56 m ²



EN LA SUP CONSTRUIDA SE HALLA INCLUIDA LA PP DE ESCARA - PORTAL Y SERVICIOS COMUNES

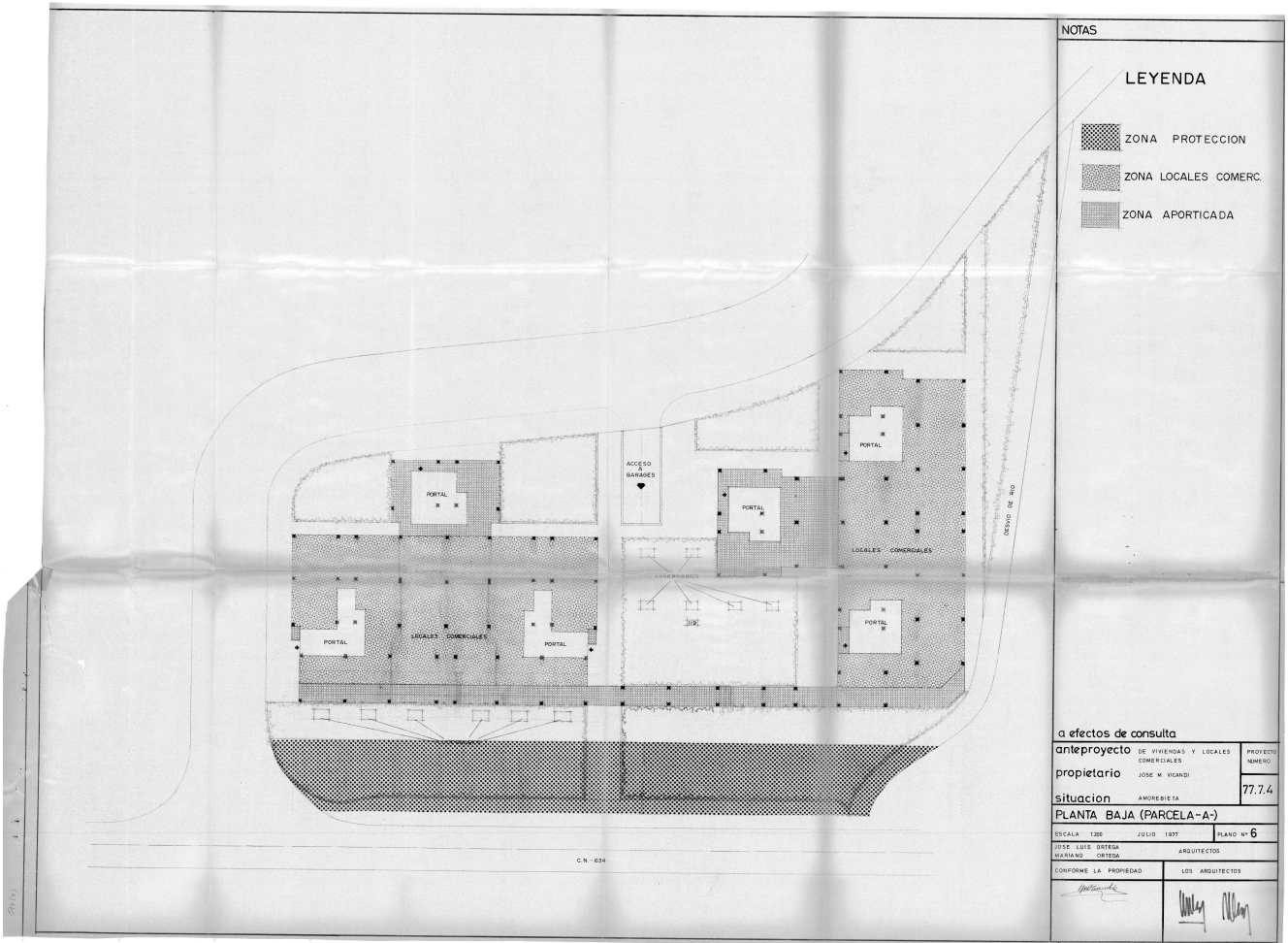
SUP BLOQUE SIN VUELOS = 320,00 m²
 SUP BLOQUE CERRADO = 380,50 m²

1:30
 1 3 ENE. 1977

proyecto	DE VIVIENDAS Y LOCALES COMERCIALES (1ª FASE)	PROYECTO NUMERO
propietario	JOSE M. VICANDI	77.7.4
situacion	AMOREBIETA	
PLANTA GENERAL DE PISOS - TIPO		
ESCALA	1:50	DICIEMBRE 1977
		PLANO N° 7
JOSE LUIS ORTEGA	MARIANO ORTEGA	ARQUITECTOS
CONFORME LA PROPIEDAD	LOS ARQUITECTOS	
<i>Ortega</i>	<i>Ortega</i>	






a efectos de consulta		
anteproyecto	DE VIVIENDAS Y LOCALES COMERCIALES	PROYECTO N° 2002
propietario	JOSE M. VICANDI	77.7.4
situación	AMORBIETA	
PLANTA BAJA (PARCELA-B-)		
ESCALA	1:200	PLANO N° 5
JOSE LUIS ORTEGA	ARQUITECTOS	
MARIANO BERRA		
CONFORME LA PROPIEDAD	LOS INGENIEROS	
		



NOTAS

LEYENDA

-  ZONA PROTECCION
-  ZONA LOCALES COMERC.
-  ZONA APORTICADA

a efectos de consulta

anteproyecto DE VIVIENDAS Y LOCALES COMERCIALES PROYECTO NUMERO:

propietario JOSE W. RICARDI 77.7.4


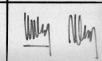
situación AMOROSITA

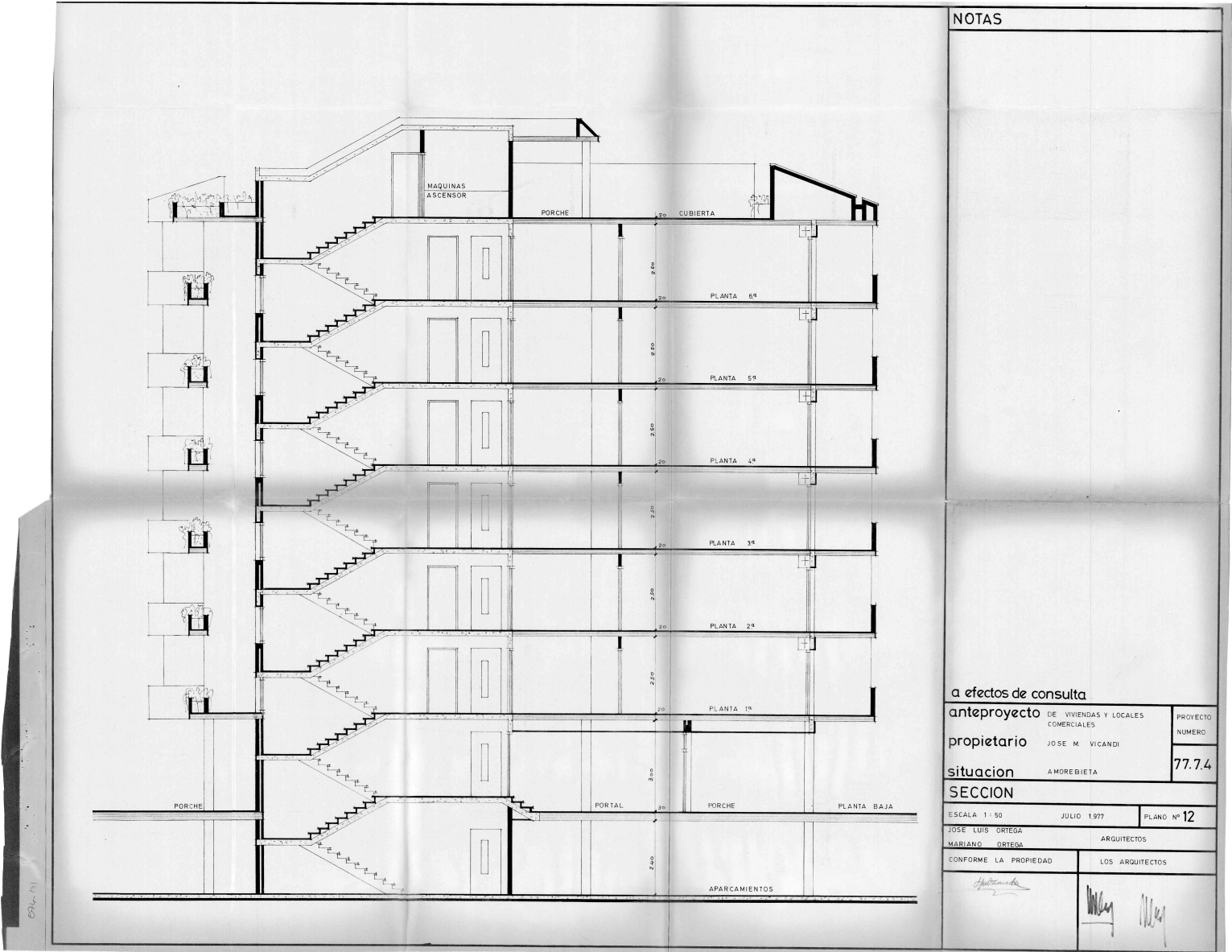
PLANTA BAJA (PARCELA-A)

ESCALA 1:200 JULIO 1977 PLANO N° 6

JOSE LOPE DORTCH ARQUITECTOS

CONFORME LA PROPIEDAD LOS ARQUITECTOS

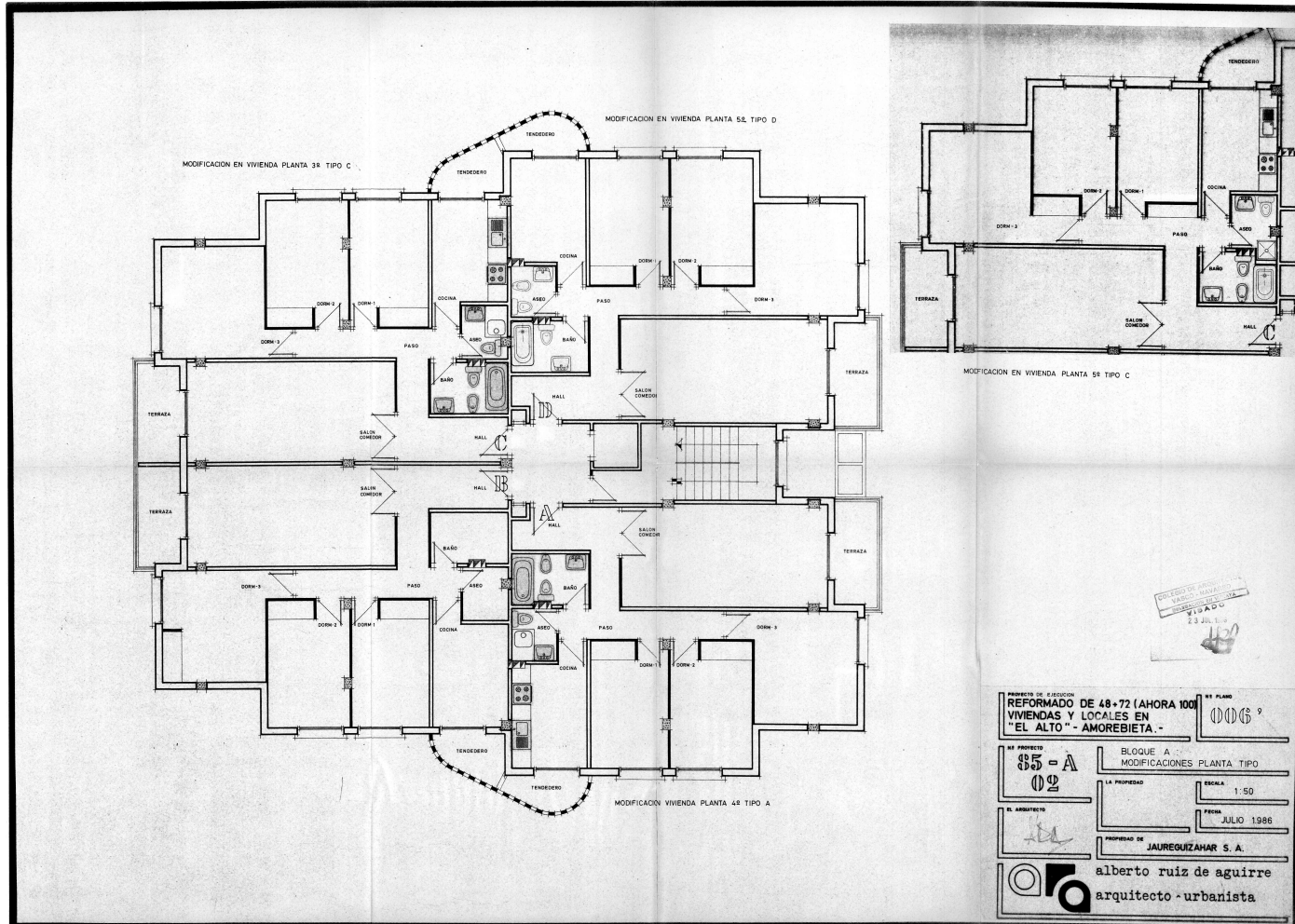





NOTAS

<i>a efectos de consulta</i>		PROYECTO
anteproyecto	DE VIVIENDAS Y LOCALES COMERCIALES	NUMERO
propietario	JOSE M. VICANDI	77.74
situacion	AMOREBIETA	
SECCION		
ESCALA 1:50	JULIO 1977	PLANO Nº 12
JOSE LUIS ORTEGA	ARQUITECTOS	
MARIANO ORTEGA		
CONFORME LA PROPIEDAD	LOS ARQUITECTOS	
<i>Jose Luis Ortega</i>	<i>Mariano Ortega</i>	

PLANOS VIVIENDAS FASE 2



DOCUMENTO DE ARCHIVO
 VIVIENDA MANANTALES
 VIVIENDA TIPO C
 23 JUL 1986

PROYECTO DE REFORMA:
REFORMADO DE 48-72 (AHORA 100)
VIVIENDAS Y LOCALES EN
"EL ALTO" - AMOREBIETA. -

Nº PROYECTO: **48-72**
 Nº PLANO: **006**

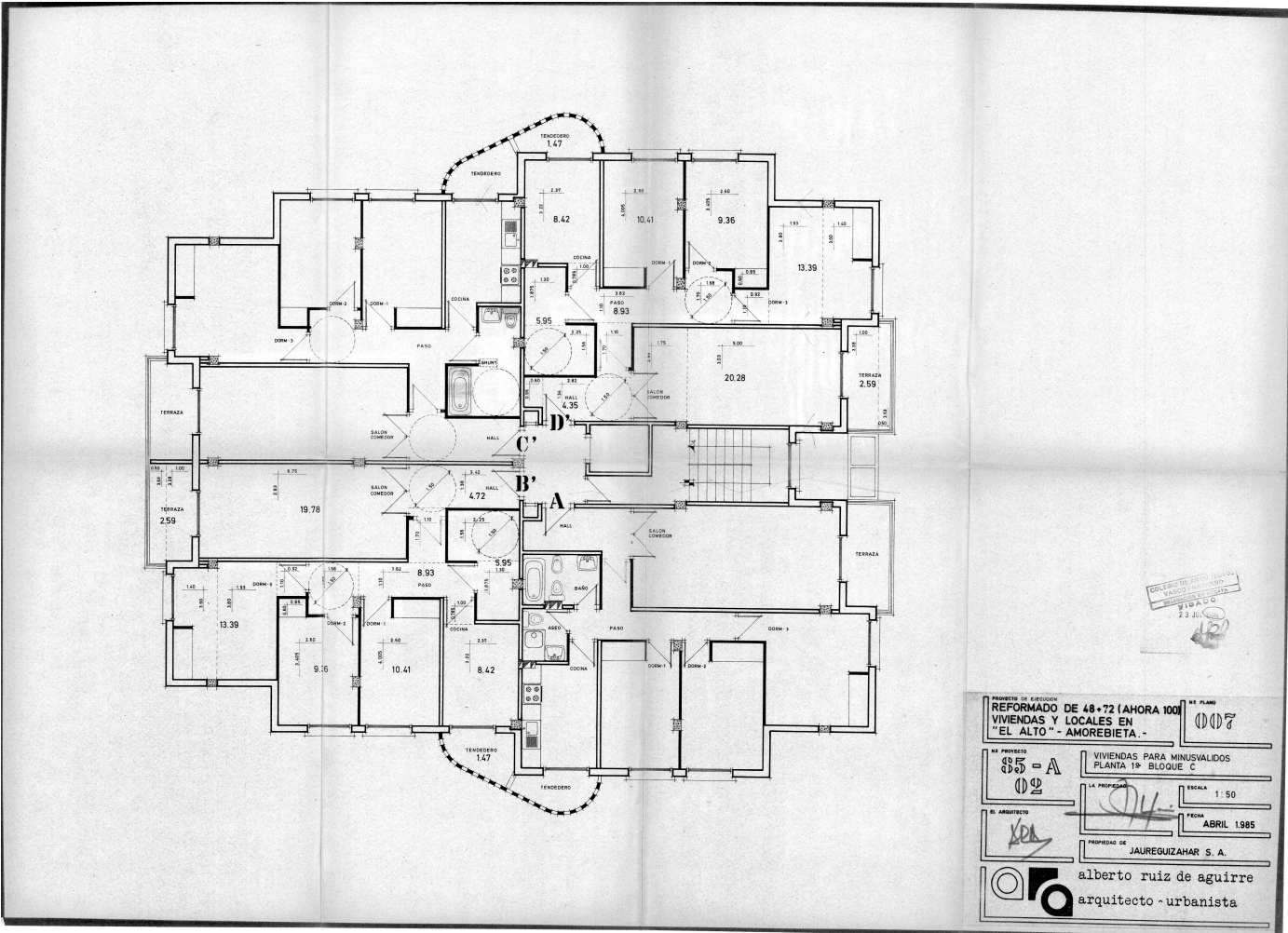
BLOQUE: **A**
 MODIFICACIONES PLANTA TIPO

LA PROPIEDAD: _____ ESCALA: **1:50**

EL ARQUITECTO: _____ FECHA: **JULIO 1986**

PROPIEDAD DE: **JAUREGUIZAHAR S. A.**

alberto ruiz de aguirre
 arquitecto - urbanista

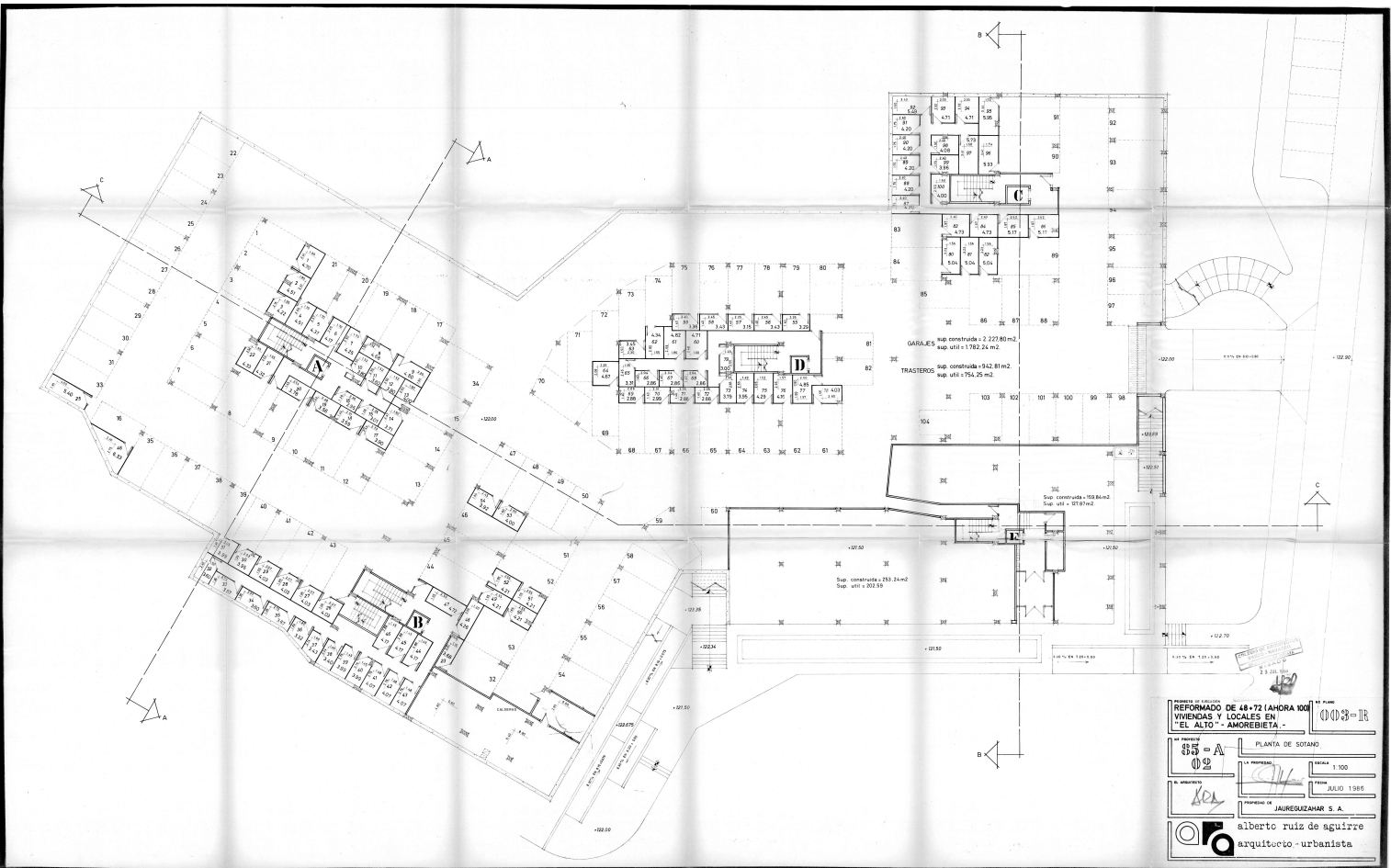


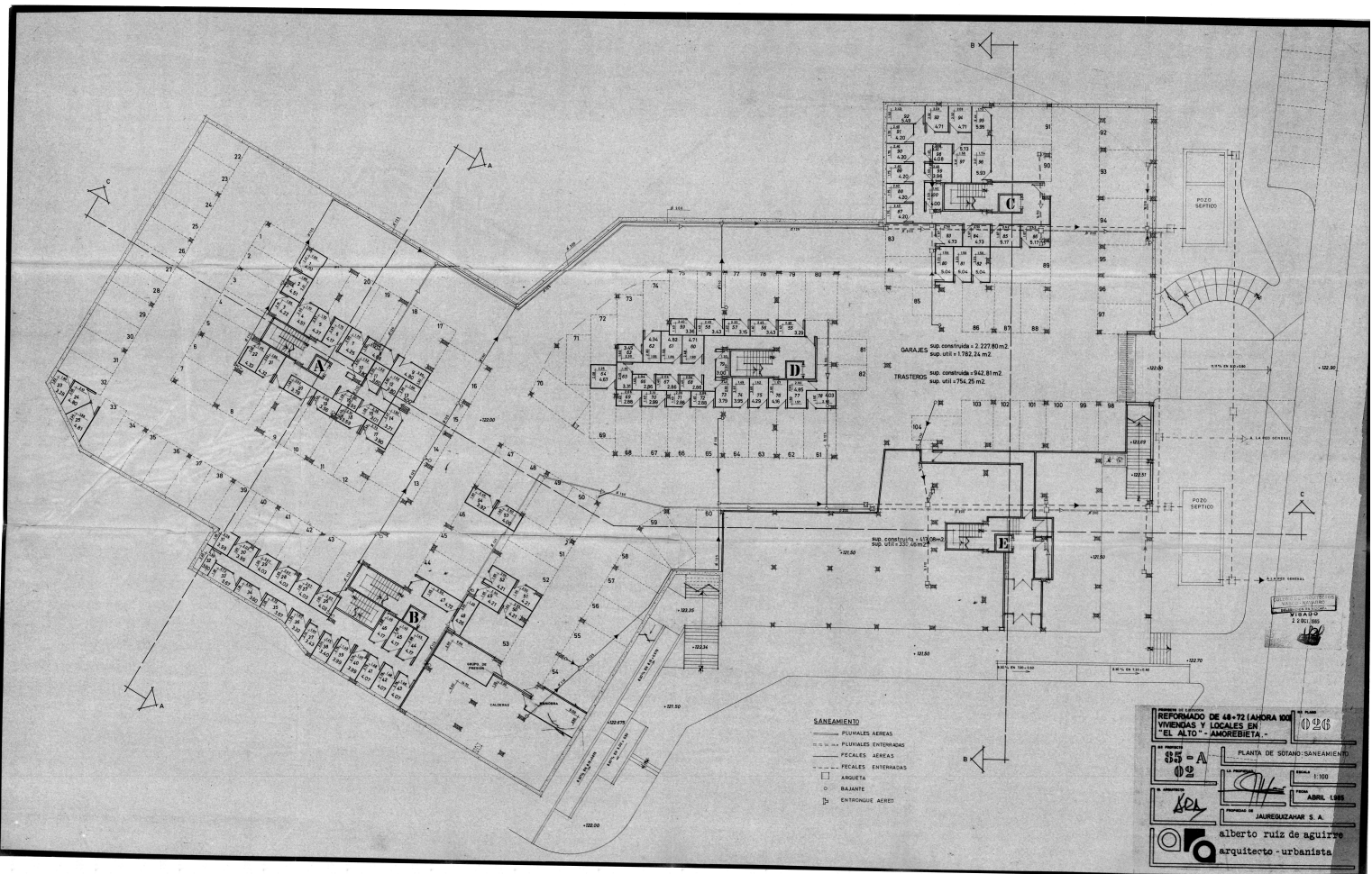
PROYECTO DE EJECUCION
REFORMADO DE 48-72 (AHORA 100) **Nº PLANO**
VIVIENDAS Y LOCALES EN **007**
"EL ALTO" - AMOREBIETA -

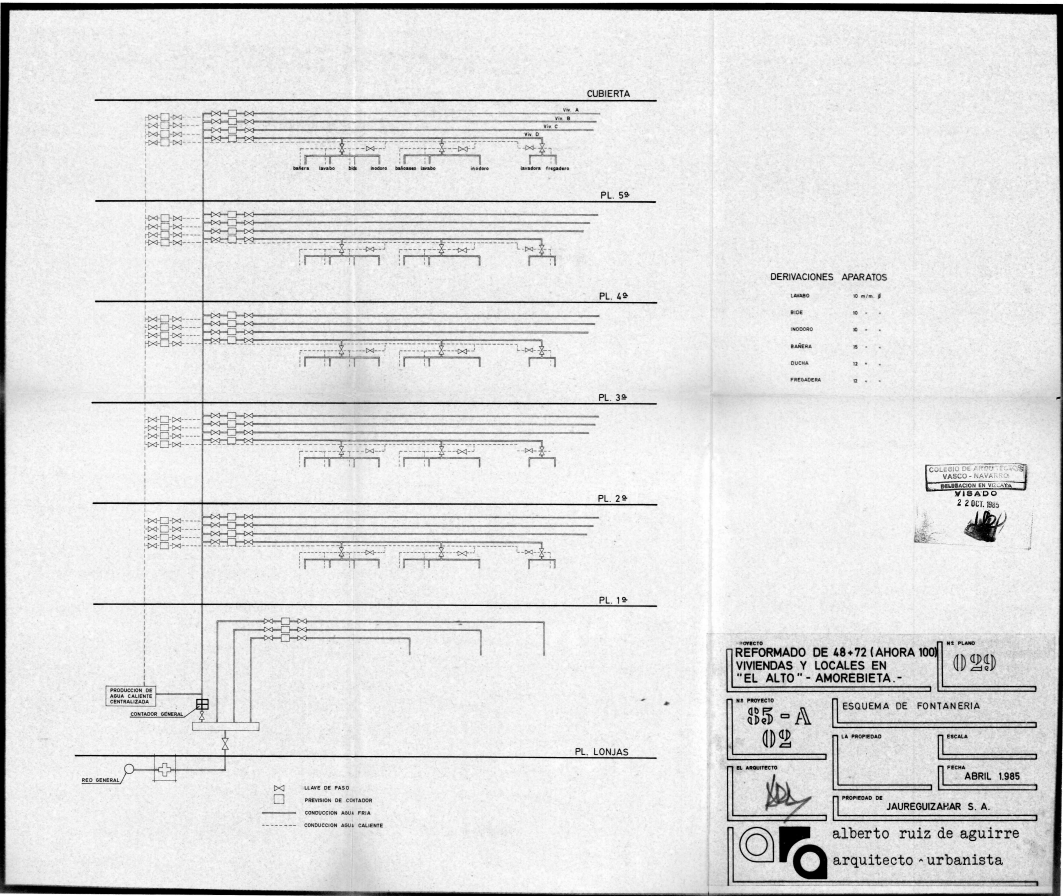
Nº PROYECTO **485 = A**
 Nº PLANO **02**
 VIVIENDAS PARA MINUSVALIDOS
 PLANTA 1ª BLOQUE C

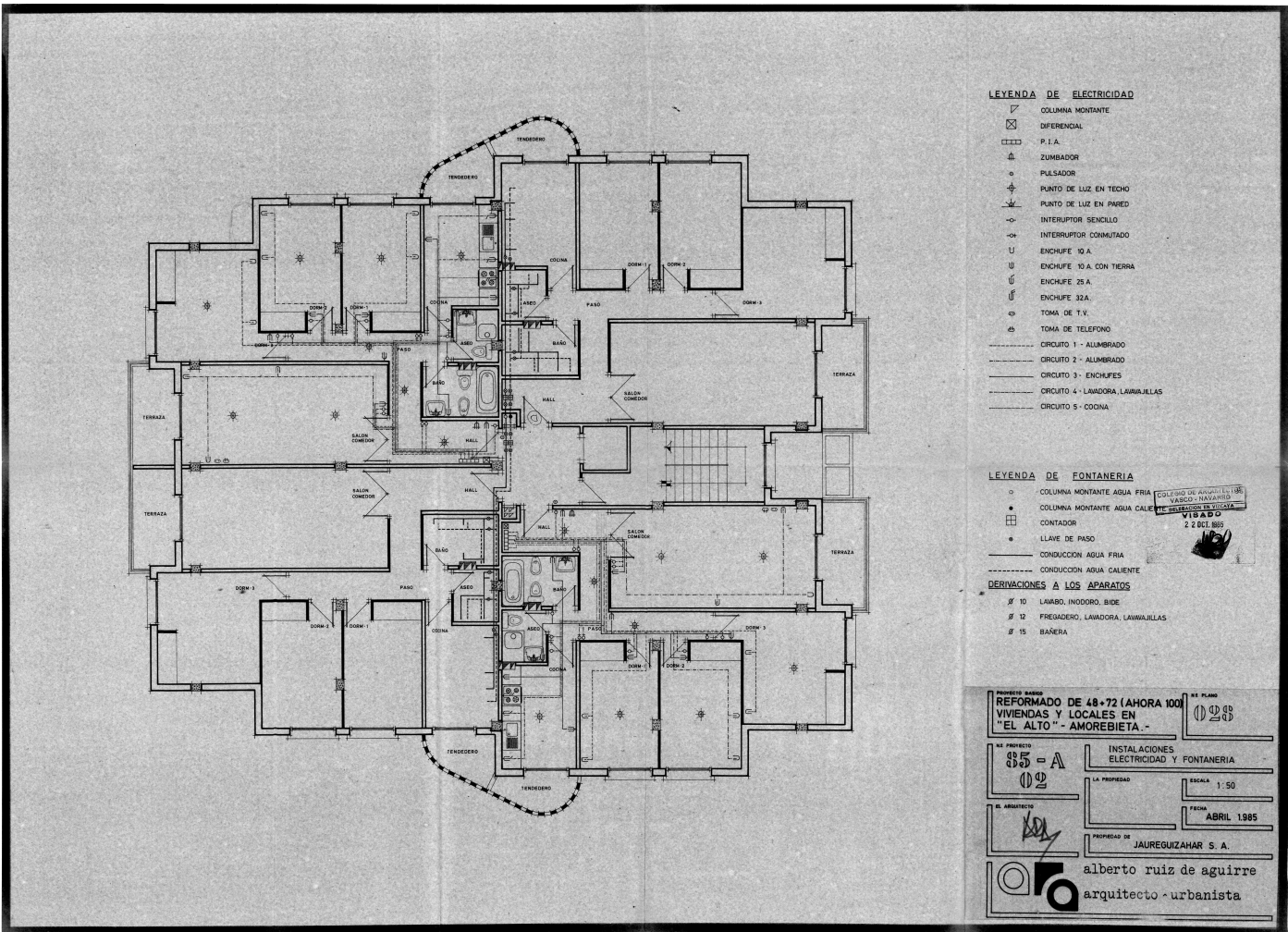
LA PROYECTA **[Signature]** ESCALA 1:50
 EL ARQUITECTO **[Signature]** FECHA **ABRIL 1985**

PROPIEDAD DE **JAUREGIZAHAR S. A.**
alberto ruiz de aguirre
 arquitecto - urbanista










LEYENDA DE ELECTRICIDAD

- COLUMNA MONTANTE
- ⊠ DIFERENCIAL
- P.I.A.
- ⚡ ZUMBADOR
- PULSADOR
- ⊕ PUNTO DE LUZ EN TECHO
- ⊖ PUNTO DE LUZ EN PARED
- ⊖ INTERRUPCIÓN SENCILLO
- ⊖ INTERRUPCIÓN CONJUNTADO
- U ENCHUFE 10 A
- W ENCHUFE 10 A CON TIERRA
- U ENCHUFE 25 A
- U ENCHUFE 32 A
- ⊕ TOMA DE T.V.
- ⊕ TOMA DE TELEFONO
- CIRCUITO 1 - ALUMBRADO
- CIRCUITO 2 - ALUMBRADO
- CIRCUITO 3 - ENCHUFES
- CIRCUITO 4 - LAVADORA, LAWAJILLAS
- CIRCUITO 5 - COCINA

LEYENDA DE FONTANERIA

- COLUMNA MONTANTE AGUA FRIA
 - ⊠ COLUMNA MONTANTE AGUA CALIENTE
 - ⊠ CONTADOR
 - LLAVE DE PASO
 - CONDUCCIÓN AGUA FRIA
 - CONDUCCIÓN AGUA CALIENTE
- DERIVACIONES A LOS APARATOS**
- ⊘ 10 LAVABO, INODORO, BIDE
 - ⊘ 12 FREGADERO, LAVADORA, LAWAJILLAS
 - ⊘ 15 BAÑERA

PROYECTO BASE
REFORMADO DE 48x72 (AHORA 100x100)
VIVIENDAS Y LOCALES EN
"EL ALTO" - AMOREBIETA -

DE PROYECTO: 

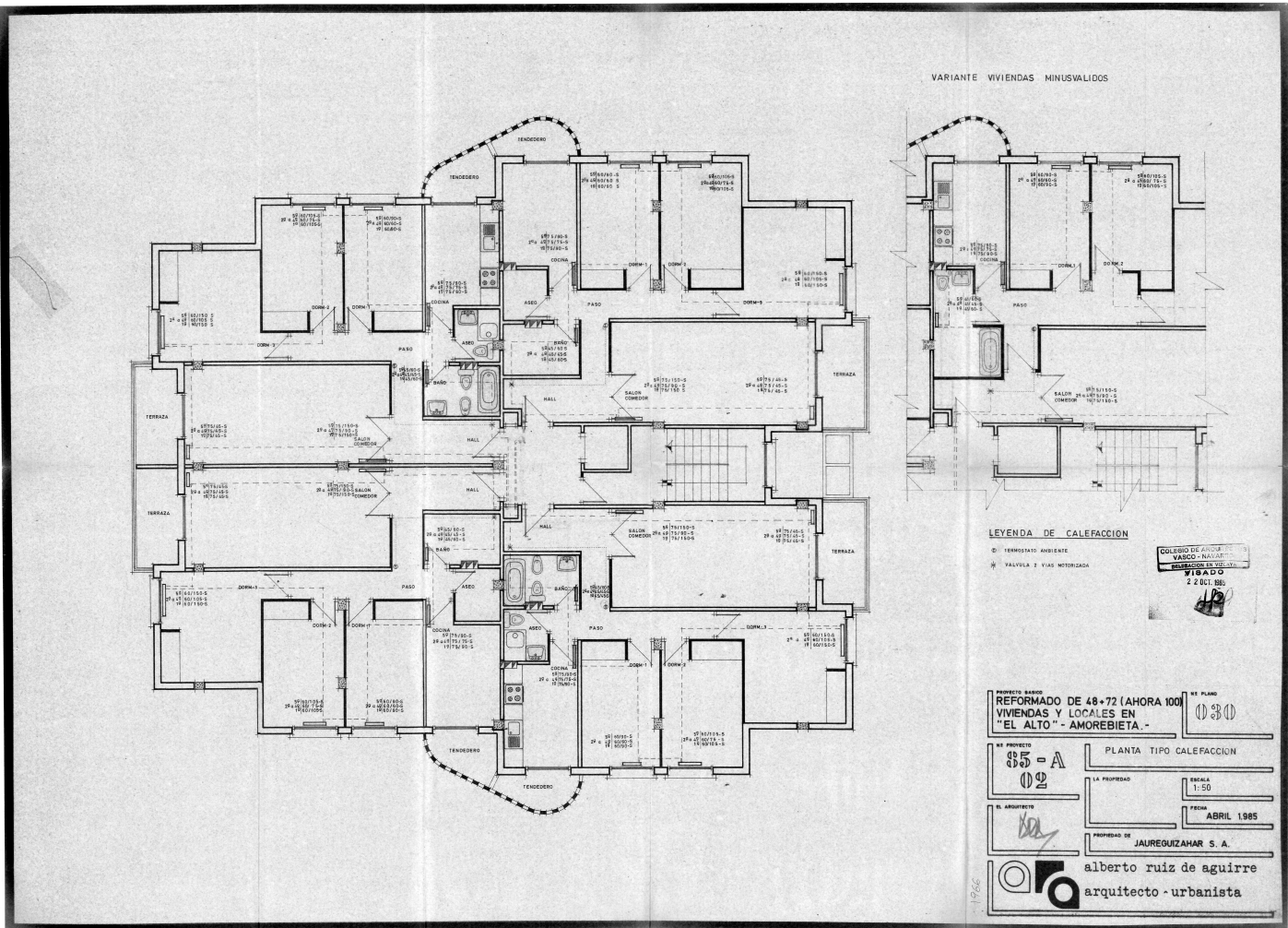
EL ARQUITECTO: 

PROPIEDAD DE: **JAUREQUIZAHAR S. A.**

alberto ruiz de aguirre
arquitecto - urbanista

INSTALACIONES
 ELECTRICIDAD Y FONTANERIA

LA PROPIEDAD: **ESCALA 1:50**
FECHA ABRIL 1985



PLANOS VIVIENDAS FASE 3

ESQUEMA

NOTA - EL DIAMETRO DEL TUBO ASCENDENTE O MONTANTE SE DA CON DOS DIMENSIONES EN FUNCION DE LA COTA ENTRE LA ACOMETIDA Y LA ENTRADA DE LA DERIVACION DE SUMINISTRO.
 # PARA COTA = 15m. Y PARA COTA > 15m.

APARATO	ABREVIATURA	CAUDAL l/s	# DERIVACION DE APARATO EN P.M.H. (PAREDES LISAS)	ELEVACION EN M.H.M.
BAÑERA	Ba	0.30	15	40
BIDET	Bi	0.10	10	40
CALENTADOR	Ca	0.30	SI MODELO	—
DUCHA	D	0.20	12	40
FREGADERO	F	0.20	12	40
MOEDRO	L	0.10	10	100
LAVADO	L	0.20	12	40
LAVADORA	Ld	0.20	12	40
LAVAVAJILLAS	Lv	0.20	12	40
PUNTO DE AGUA	P	0.20	12	—

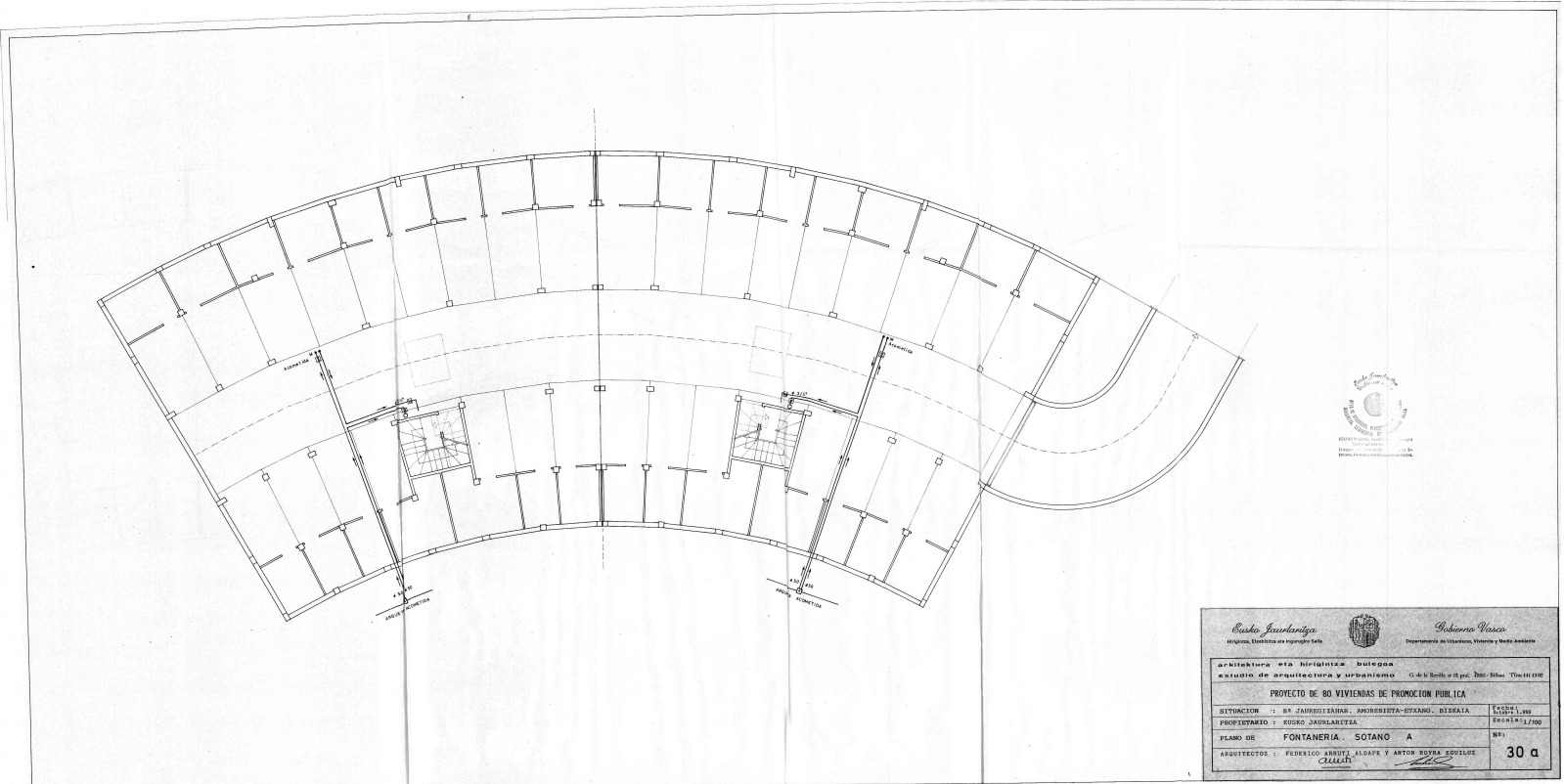
Casco Incestru
 Ingeniería, Estructuras y Topografía S.A.S.

Wilsono Vasco
 Departamento de Urbanismo, Vivienda y Medio Ambiente

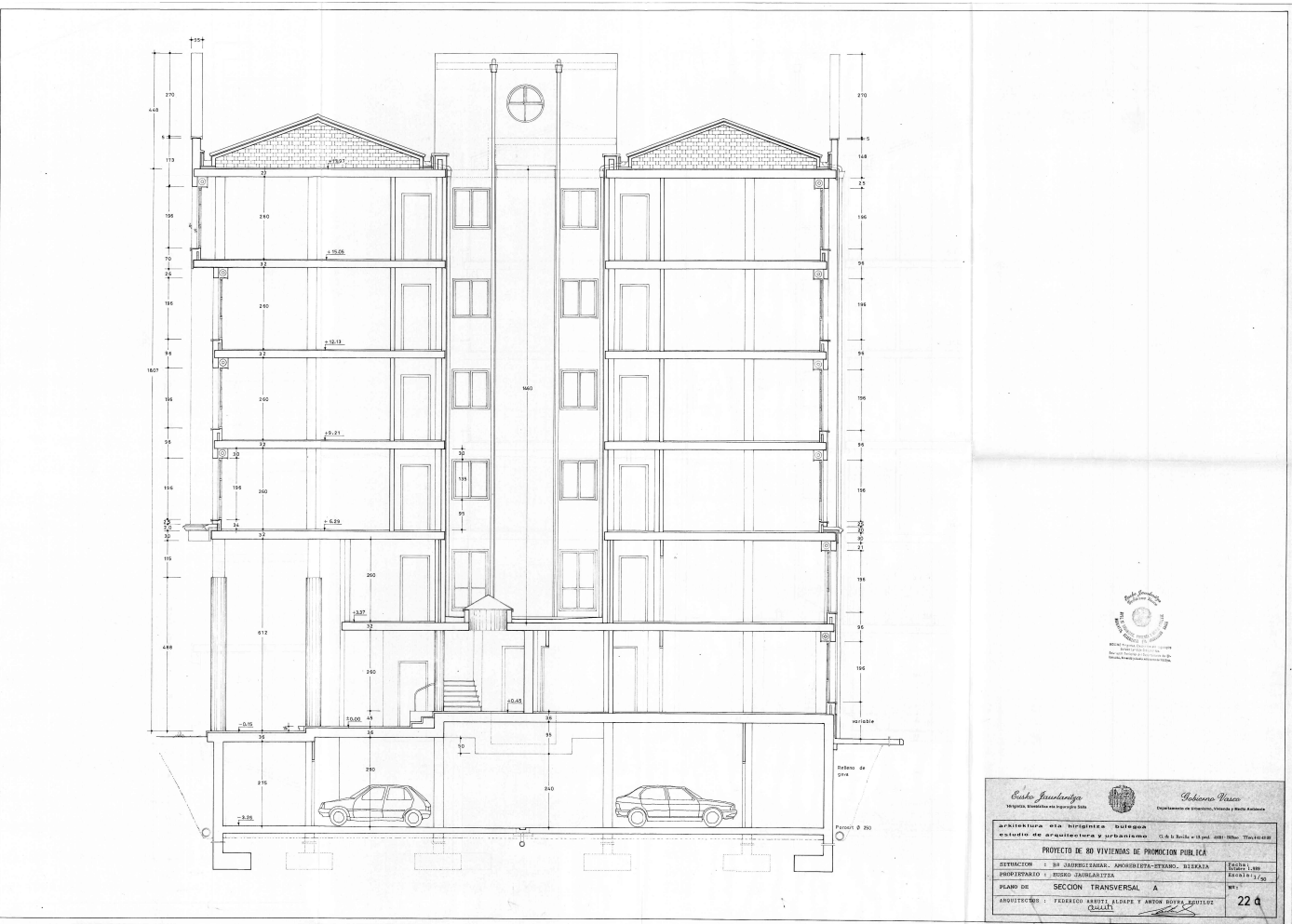
arquitectura y/o topografía
estudio de arquitectura y urbanismo C. de la Rocha # 18, pred. 1080-33ha. Tolu. 410100

PROYECTO DE 80 VIVIENDAS DE PROMOCION PUBLICA

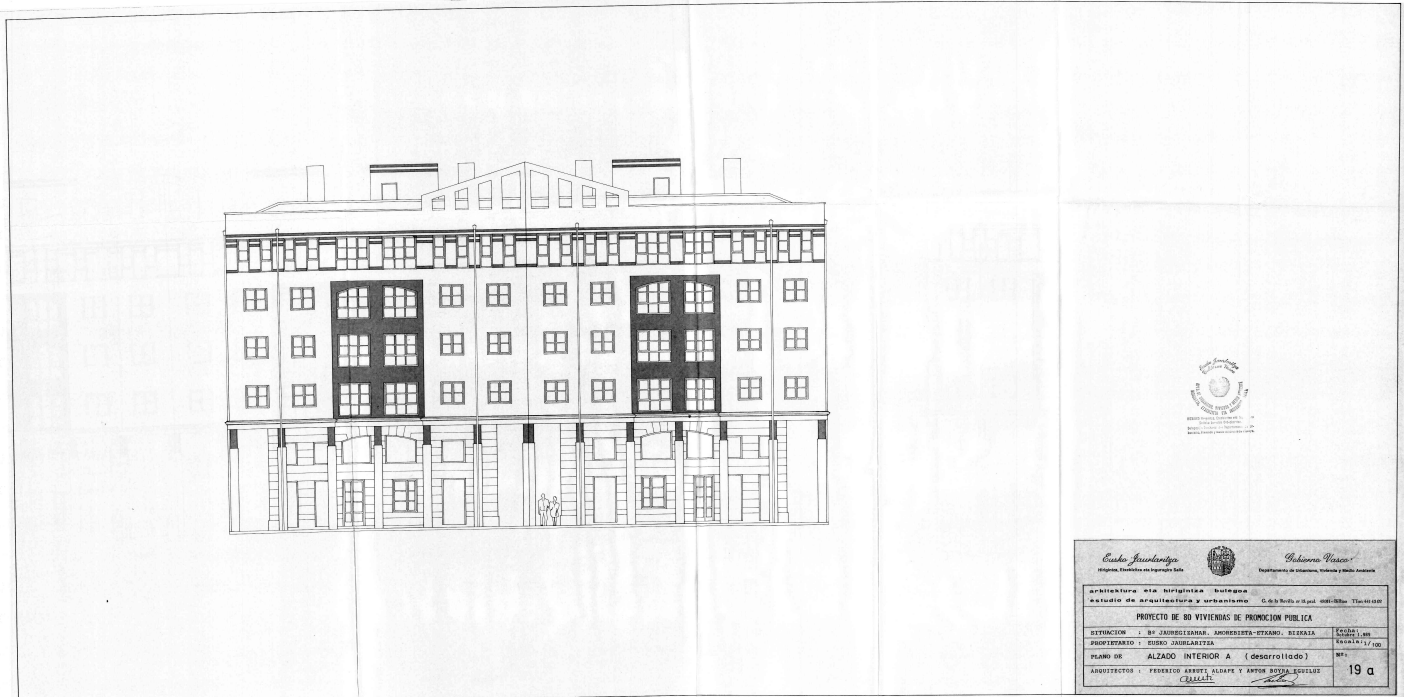
SITUACION : D.F. JARDINES/BOYBA, AMORDETEA-BOYBA, BARRIALA **Plan 1**
 PROPIETARIO : EDECO ZARIBARITZA **Plan 1**
PLANO DE FONTANERIA PLANTA BAJA A Nº 1
 ARQUITECTOS : FEDERICO ABRUZI, ALDAPE Y ANTON BOYBA GUILLOZ **31 a**



<i>Eusebio Jauregizar</i>		<i>Roberto Vasco</i>	
<small>Ingeniero, Colegiado en el Registro de Euzkadi</small>		<small>Departamento de Urbanismo, Vivienda y Medio Ambiente</small>	
arquitectura eta hirigintza bulegoa		<small>C/ de la Basilla, nº 11, prof. Dpto. Euzkadi 48940 LEIOA</small>	
estudio de arquitectura y urbanismo			
PROYECTO DE 80 VIVIENDAS DE PROMOCION PUBLICA			
DIRECCION : Sr. JAUREGIZAR, AMORREBETA-ESPANO, BILBAO		<small>Escala: 1/200</small>	
PROPIETARIO : MUNDO JAUREGIZARZA		<small>Escala: 1/100</small>	
PLANO DE FONTANERIA. SOTANO A		Nº 1	
ARQUITECTOS : FEDERICO ARDIT, ALSAPE Y ANTON SUÑER SUÑER		30 a	
<small>CELESTIN</small>			



<i>Federico Aspillaga</i> <small>Ingeniero, Registrado en el Colegio de Arquitectos del Perú</small>		 <i>Chelena Vasco</i> <small>Departamento de Ingeniería, Construcción y Obras Públicas</small>	
Arquitectura e Ingeniería Diseño Estudio de arquitectura y urbanismo C. de la Calle N° 11 por 400 y 405 - Lima 1800			
PROYECTO DE 80 VIVIENDAS DE PROMOCIÓN PÚBLICA			
DISTRICCIÓN : 3ª DE JARAUQUILLA - JARAUQUILLA - SECTOR - BARRIO	PLANO N° : 1.000	ESCALA : 1/50	
PROFESIONAL : FEDERICO ASPILLAGA	FECHA : 11/12/99		
PLANO DE : SECCIÓN TRANSVERSAL A	N° :	22 a	
ARQUITECTO : FEDERICO ASPILLAGA Y ANTON ROYAL ESPINOZA <small>CHILLAN</small>			

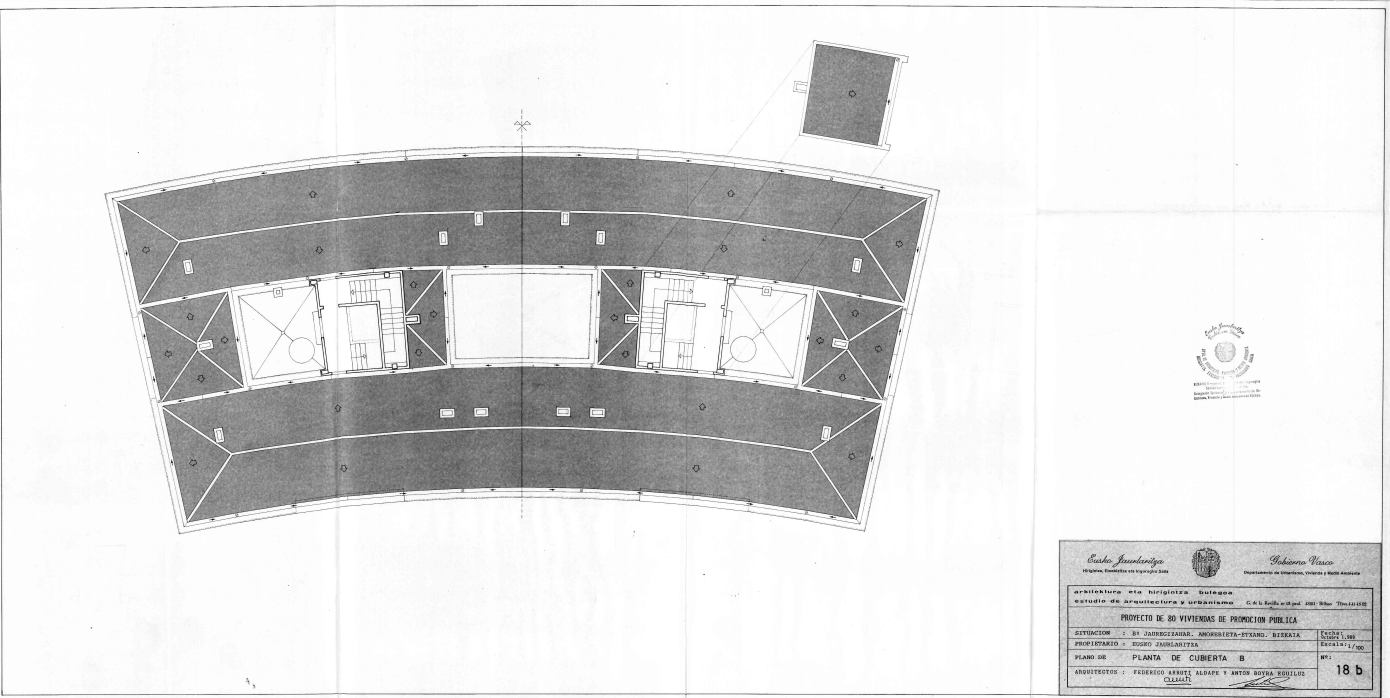


Cuba Fuentes  *Roberto Posso*
Arquitecto y Diseñador de Interiores Profesores de Arquitectura, Urbanismo y Diseño Industrial

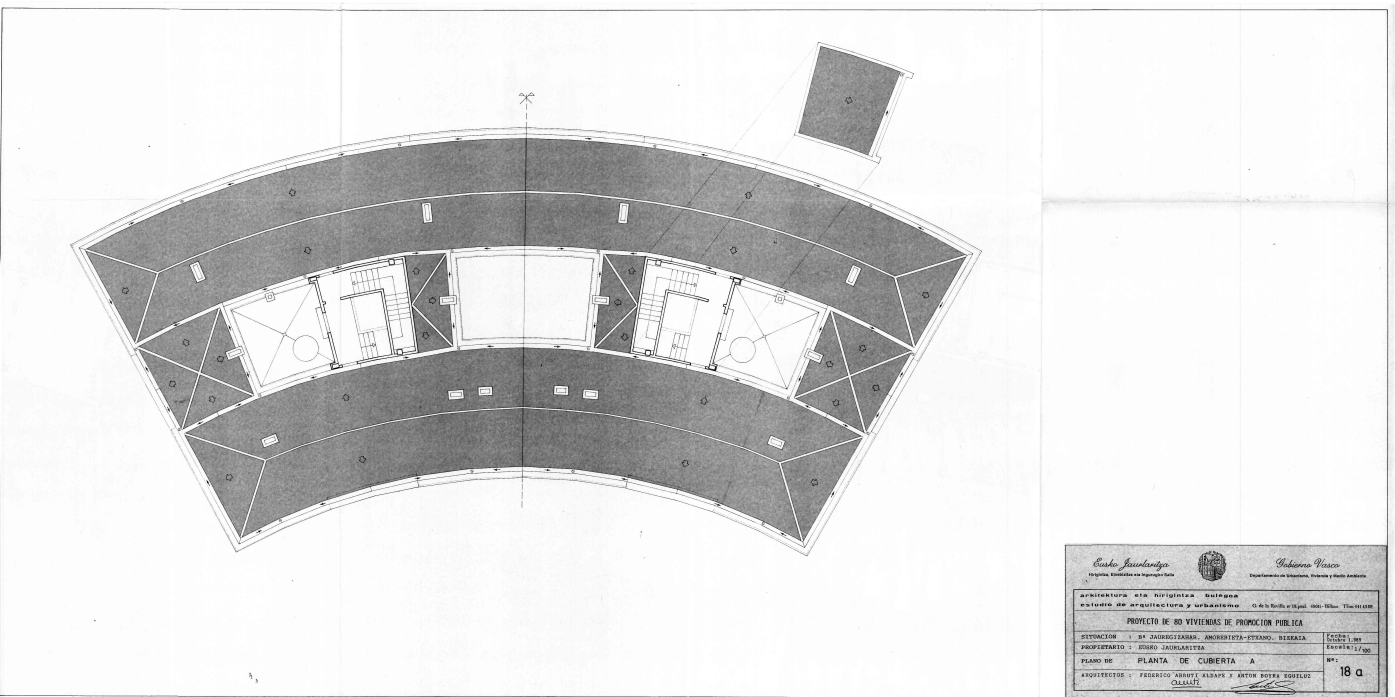
PROYECTO DE 40 VIVIENDAS DE PROMOCION PUBLICA

ARQUITECTURA Y DISEÑO DE INTERIORES		CARRERA DE ARQUITECTURA Y DISEÑO DE INTERIORES		CARRERA DE ARQUITECTURA Y DISEÑO DE INTERIORES	
ESTADÍSTICA DE INGENIERÍA Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA Y MECÁNICA	
PROYECTO DE 40 VIVIENDAS DE PROMOCION PUBLICA					
ESTACION :	DE JARDINES DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	SECCION :	PLAN	ESCALA :	1:100
PROPIETARIO :	MUNICIPIO DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	PROYECTO :	PROYECTO DE 40 VIVIENDAS DE PROMOCION PUBLICA	FECHA :	1980
PLANO DE :	ALZADO INTERIOR A (desarrollado)	NO. :			
ARQUITECTOS :	FEDERICO ARRIAGA ALFARO Y ANTONIO ESCOBAR				
	GUATEMALA				

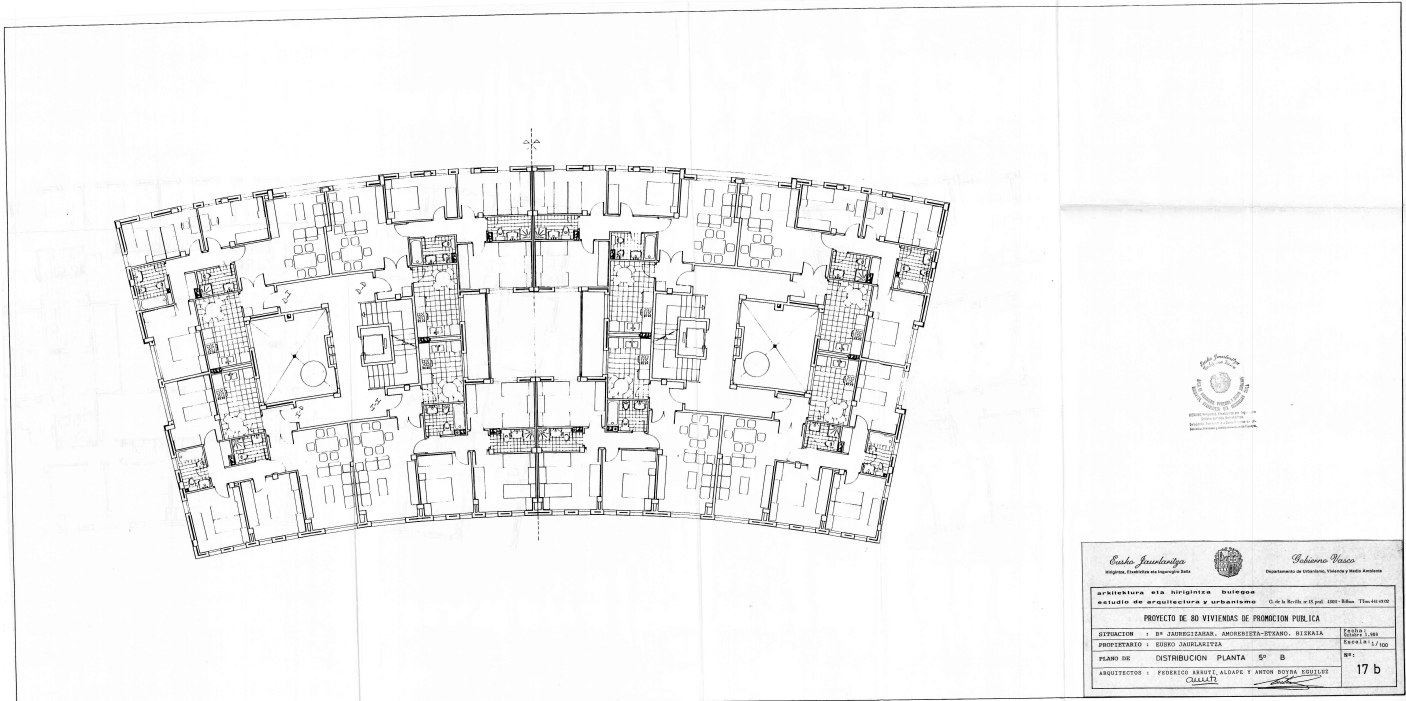
19 a



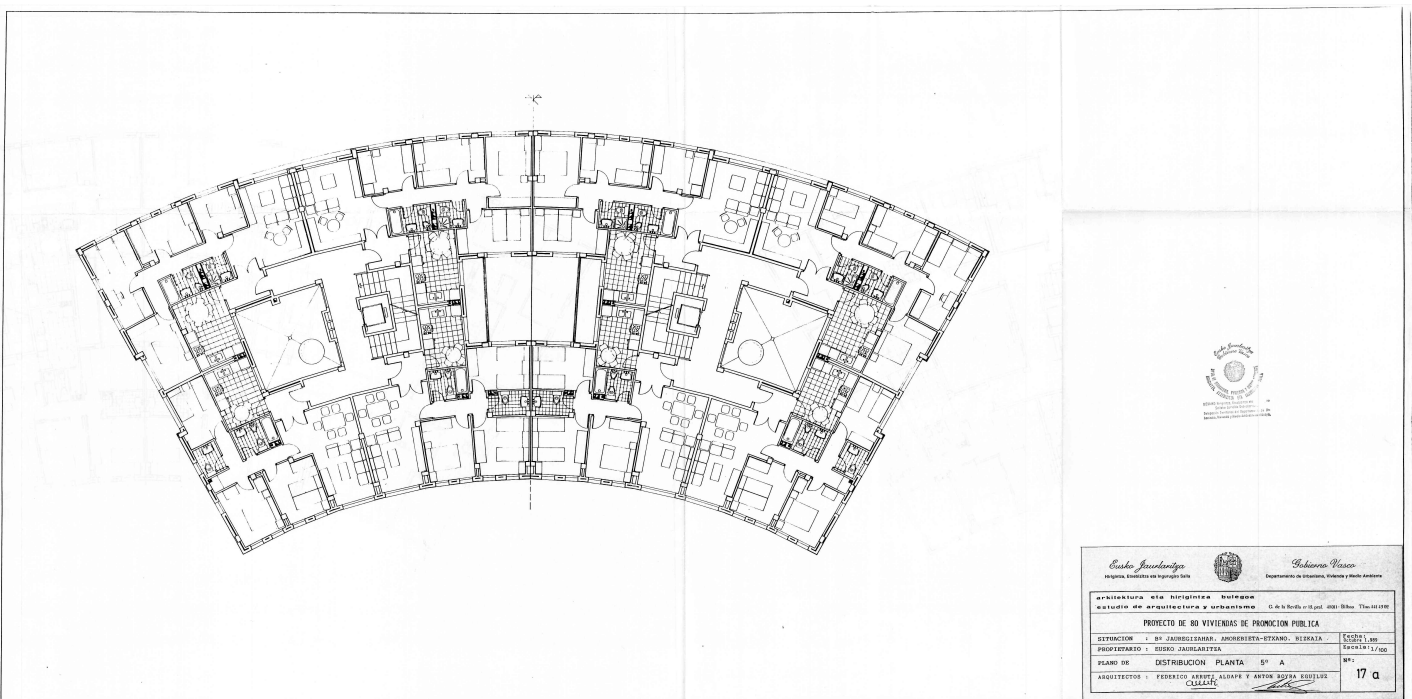
<i>Eusebio Jaurrienaiztegui</i> <small>Ingeniero Arquitecto nº 1399 (1923) Euzkadi</small>				<i>Sebastiano Vasco</i> <small>Arquitecto de Obras Particulares, Urbanista y Arquitecto</small>	
<small>ARQUITECTURA Y/O INGENIERIA CIVIL</small>					
<small>RECTOR DEL INSTITUTO VASCO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS Y TECNICAS</small>					
PROYECTO DE 80 VIVIENDAS DE PROMOCION PUBLICA					
<small>ESTUBACION : EN URBANIZACION. MONDRAIZETA-ETXANO. BIZKAIA</small>				<small>ESCALA : 1/500</small>	
<small>PROPONENTE : EUSEBIO JAURRIENAIZTEGUI</small>				<small>ESCALA : 1/500</small>	
<small>PLANO DE PLANTA DE CUBIERTA B</small>				<small>Nº: 18 b</small>	
<small>ARQUITECTOS : FEDERICO ARMITI ALDAREY Y ANTON BARRIO EGUILUZ</small> <small>COLABORAN:</small>					

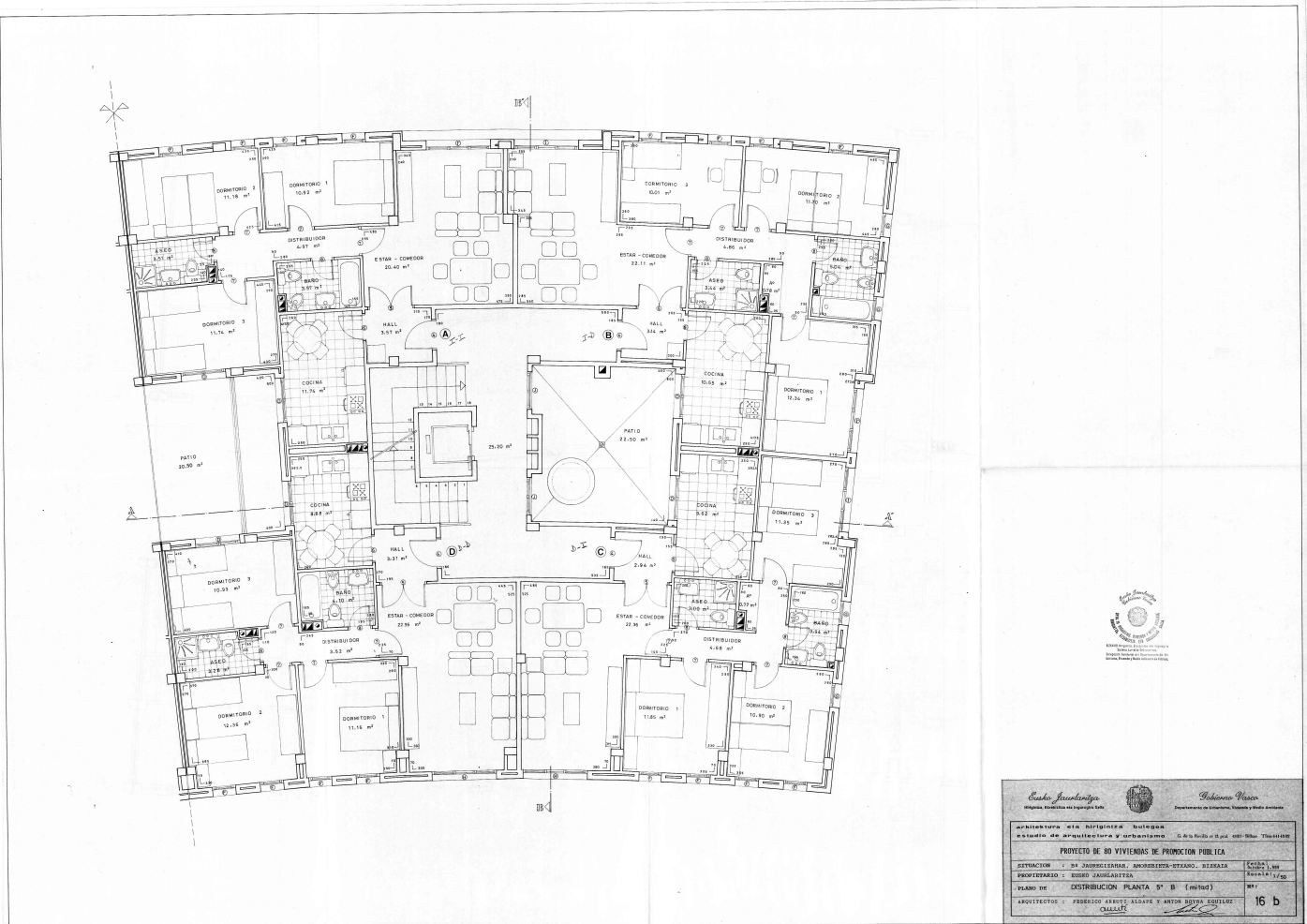


<i>Carlos Jaimes-Lugo</i> <small>Ingeniero, Registrado con el No. 1000</small>		<i>Antonio Velez</i> <small>Ingeniero en Arquitectura, Urbanismo y Obras Públicas</small>	
ARQUITECTURA		ESTRUCTURAS	
PROYECTO DE SO VIVIENDAS DE PROMOCION PUBLICA		PLANO DE CUBIERTA	
SITUACION : 24 JARDINES DE ANTONIO VENEZUELA		ESCALA : 1/100	
PROPIETARIO : ROSA JAIMES-LUGO		FECHA : 1/1/00	
PLANO DE PLANTA DE CUBIERTA A		NO. : 18 a	
ARQUITECTOS : FEDERICO ALBERT ALBAÑE Y ANTON ROSA JAIMES-LUGO CALLE 15			

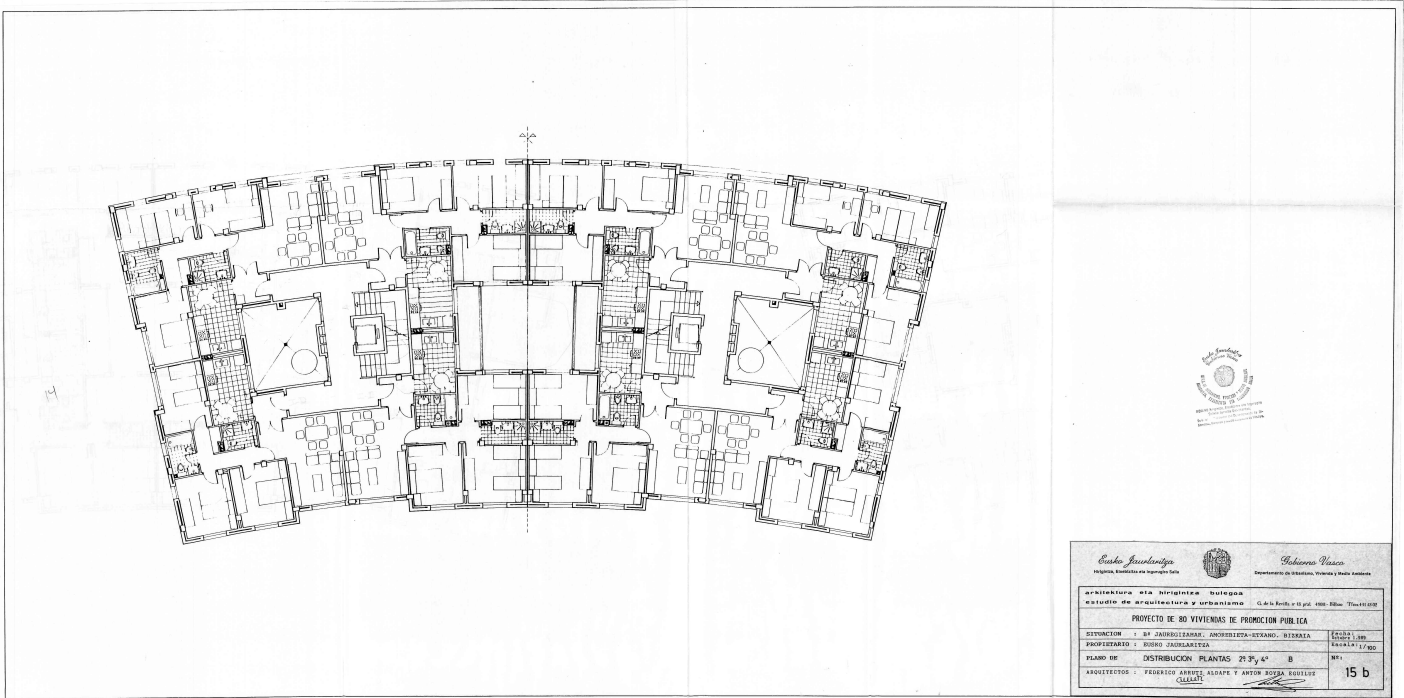


<i>Basque Government</i> <small>Basque Government</small>		<i>Basque Government</i> <small>Basque Government</small>	
PROYECTO DE 80 VIVIENDAS DE PROMOCION PUBLICA			
DISTRIBUCION : 80 DISTRIBUCIONES, AUTONOMA-DISTRIBUCION, BILBAO	ESCALA : 1/100		
PROPIETARIO : EUSKO JAURLARITZA	ESCALA : 1/100		
PLANO DE DISTRIBUCION PLANTA 5ª B	Nº1:	17 b	
ARQUITECTOS : FEDERICO ARRIETA, ALDARE Y ANTON BOYRA EDUJAN <small>OSAKAITZ</small>			

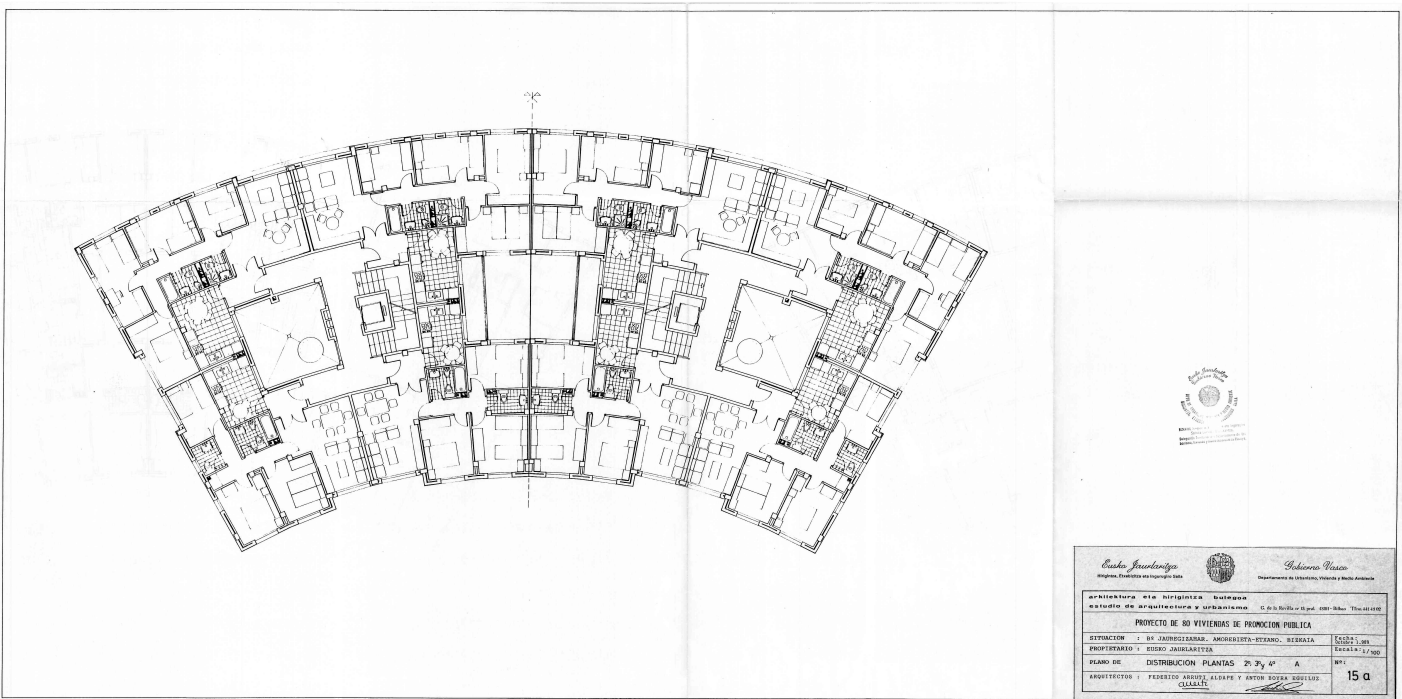


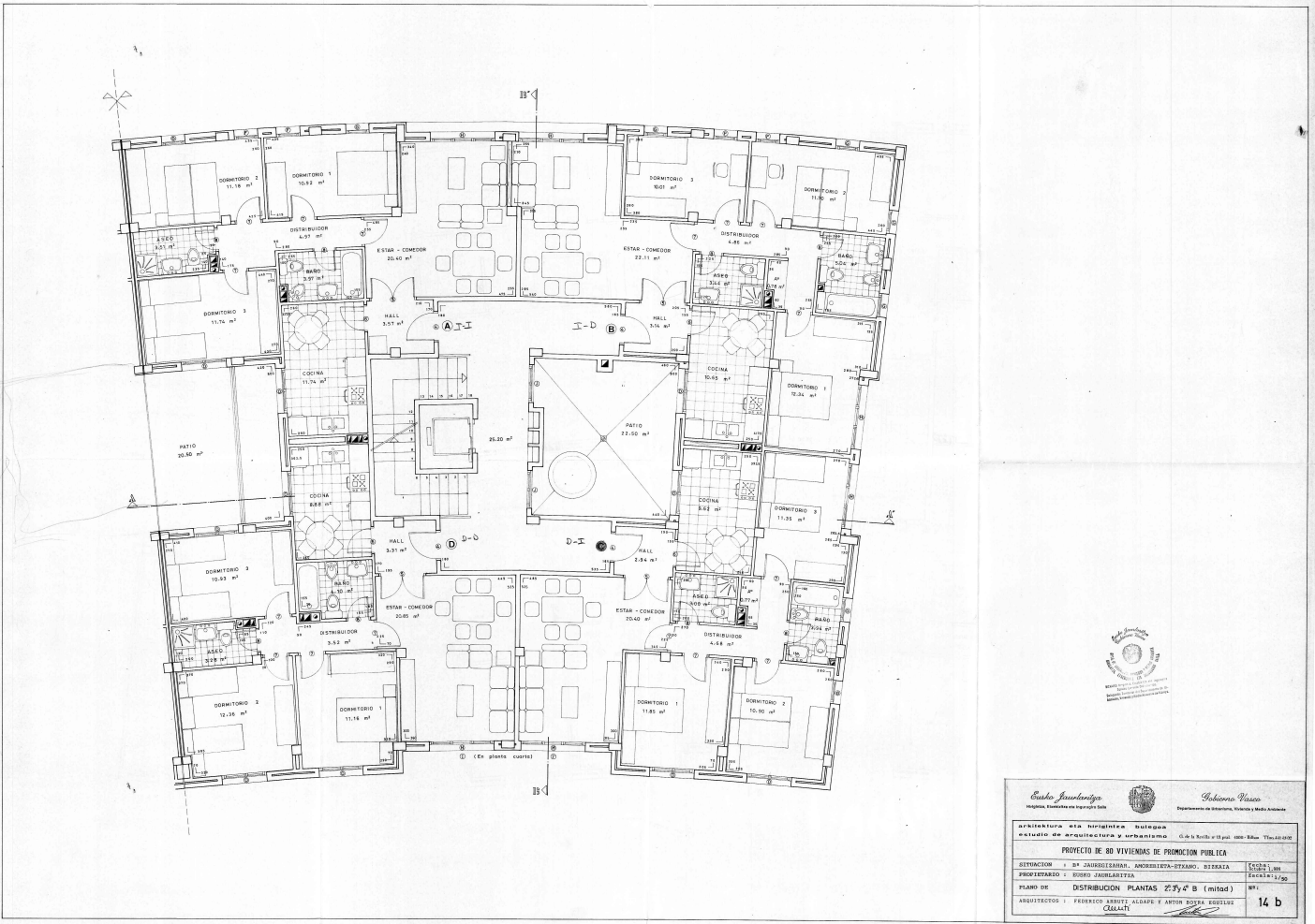


<i>Federico Alcaide</i> <small>Ingeniero, Registrado en Ingeniería Civil</small>		<i>Roberto Pizarro</i> <small>Ingeniero en Edificación, Topografía y Obras de Arte</small>	
PROYECTO DE 80 VIVIENDAS DE PROMOCION PUBLICA			
DESTINACION : 8ª JURISDICCION, ANEXO 27-A, BARRIO, BARRIO	LOCALIDAD :	ESCALA :	FECHA :
PROYECTADO Y DISEÑO : FEDERICO ALCAIDE	DISTRIBUCION :	PLANO DE :	Nº :
ARQUITECTOS : FEDERICO ALCAIDE Y ANTON SOTO COLLADO	CALLES :	16	b

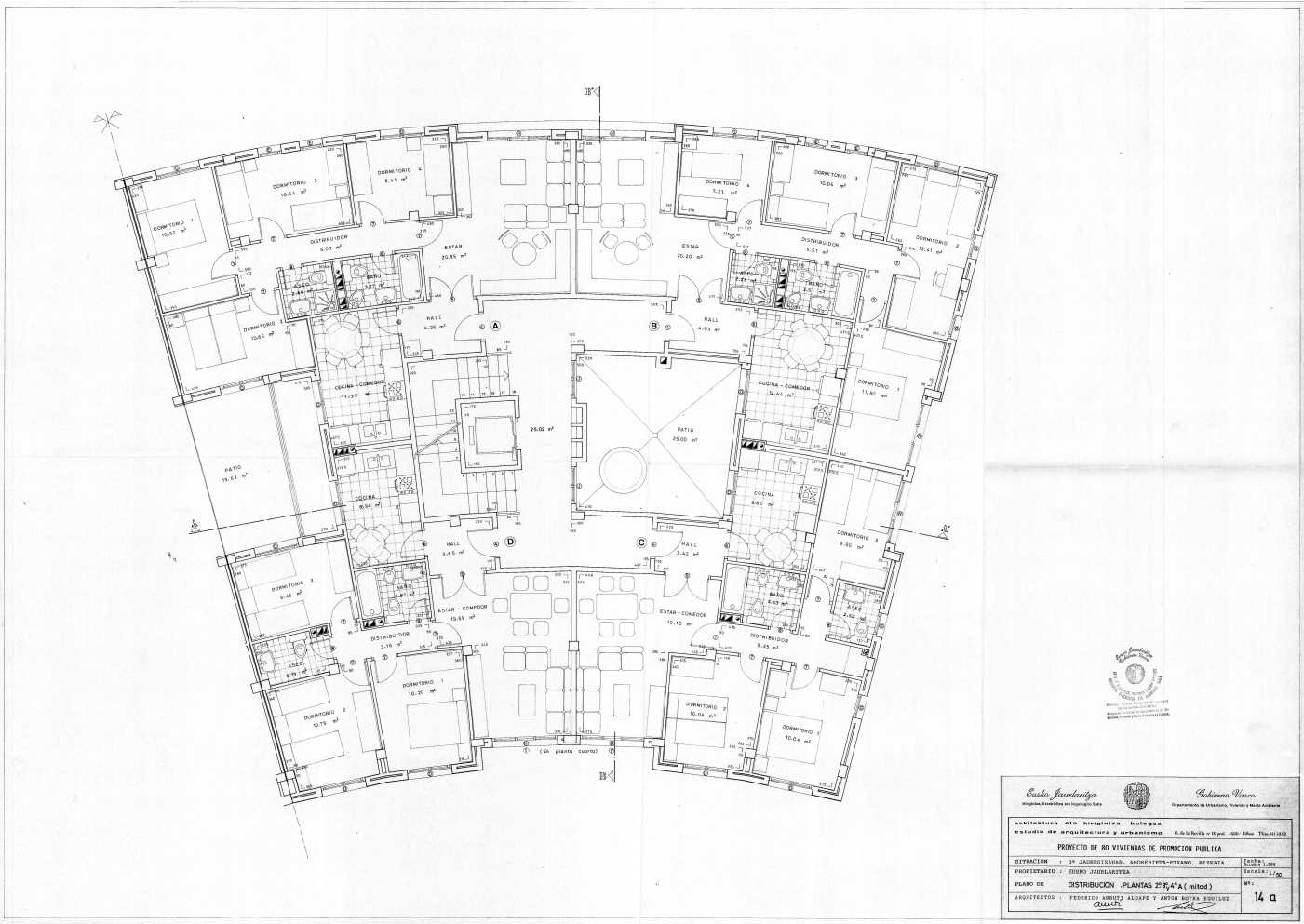


 Escuela Superior de Ingeniería <small>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</small>	
Proyecto de 30 Viviendas de Promoción Pública	
AUTORIZADO POR: INGENIERIA <small>Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura</small>	C.A. No. 10.000.000.000.000.000.000.000
SITUACION : 34 JARDINES DE PROMOCION PUBLICA, BARRIO	
PROPIETARIO : BOBO ZAGARRATEA	ESCALA : 1/500 FECHA : 17/00
PLANO DE : DISTRIBUCION PLANTAS 23, 24, 25	Nº : 15 b
ARQUITECTOS : FEDERICO ABRAHAM ALBADELLA Y ANTON JOSE RUIZ <small>CIENAFUE</small>	

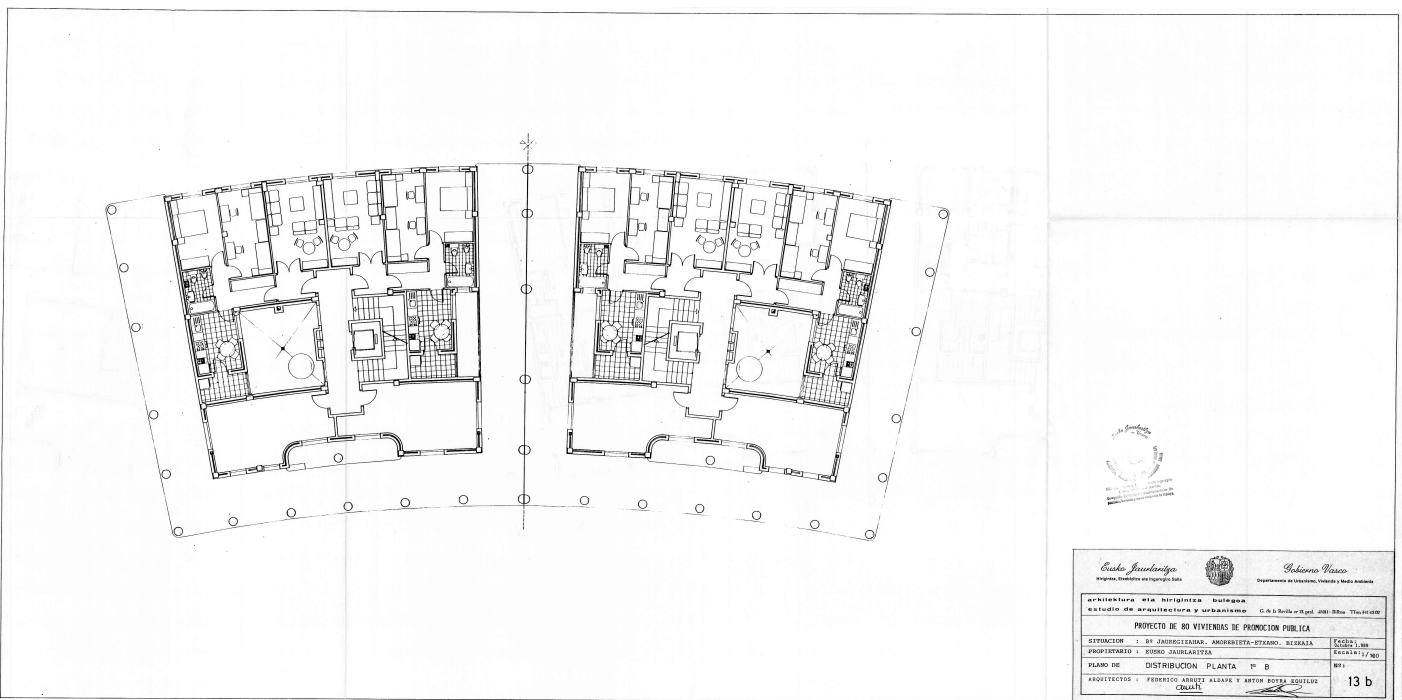




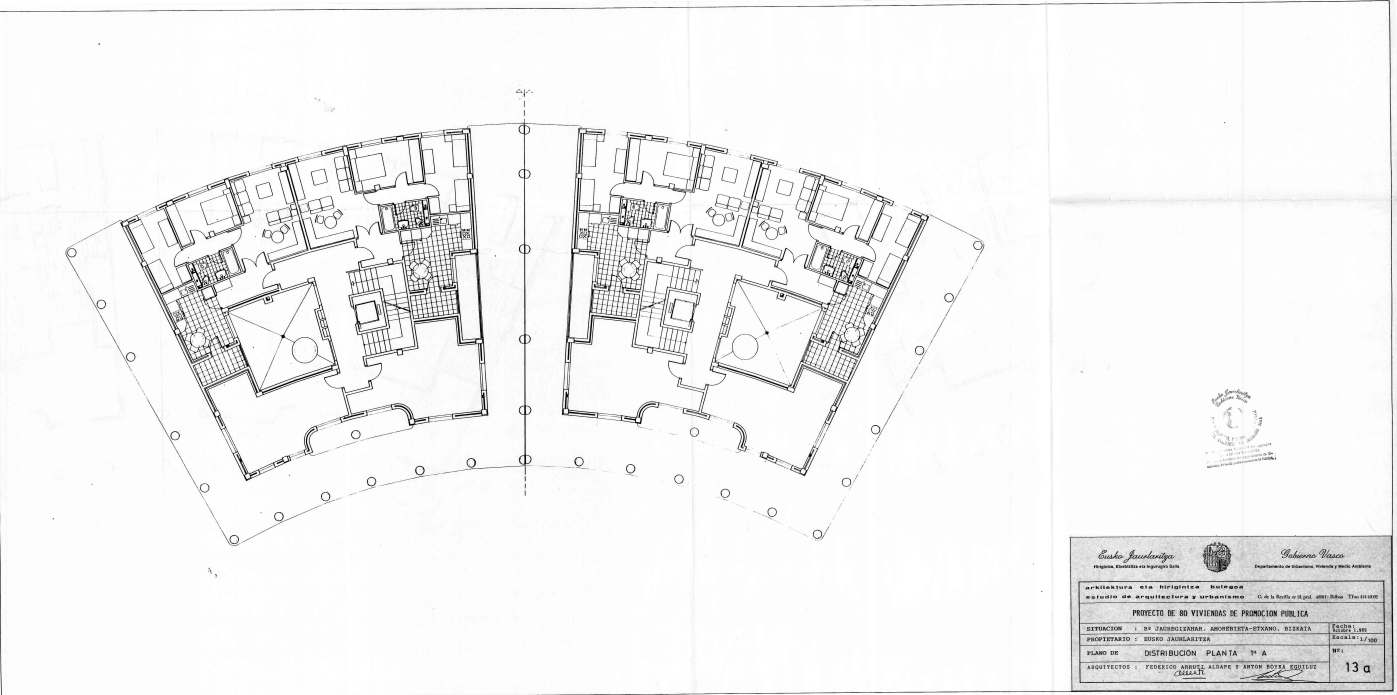
<i>César González</i> <small>INGENIERO, Especialista en Tránsito y Transporte</small>		 <i>Roberto Viquez</i> <small>Departamento de Educación, Cultura y Deportes</small>	
arquitectura e ingeniería sulpas estudio de arquitectura y urbanismo G.C. 11, Av. 18, P.O. Box 1000, San Juan, P.R. 00912			
PROYECTO DE 80 VIVIENDAS DE PROMOCION PUBLICA			
SITUACION	8ª JURISDICCION, AMORRETTA-ESPINO, SINDIALA	ESCALA	1:500
PROYECTADO	RODOLFO CARRETERA	FECHA	12/17/99
PLANO DE	DISTRIBUCION PLANTAS 2ª y 4ª B (mitad)	Nº	
ARQUITECTOS	FEDERICO ALCAZAR Y ANTON ROSA RODRIGUEZ		14 b
	CGLALTY		

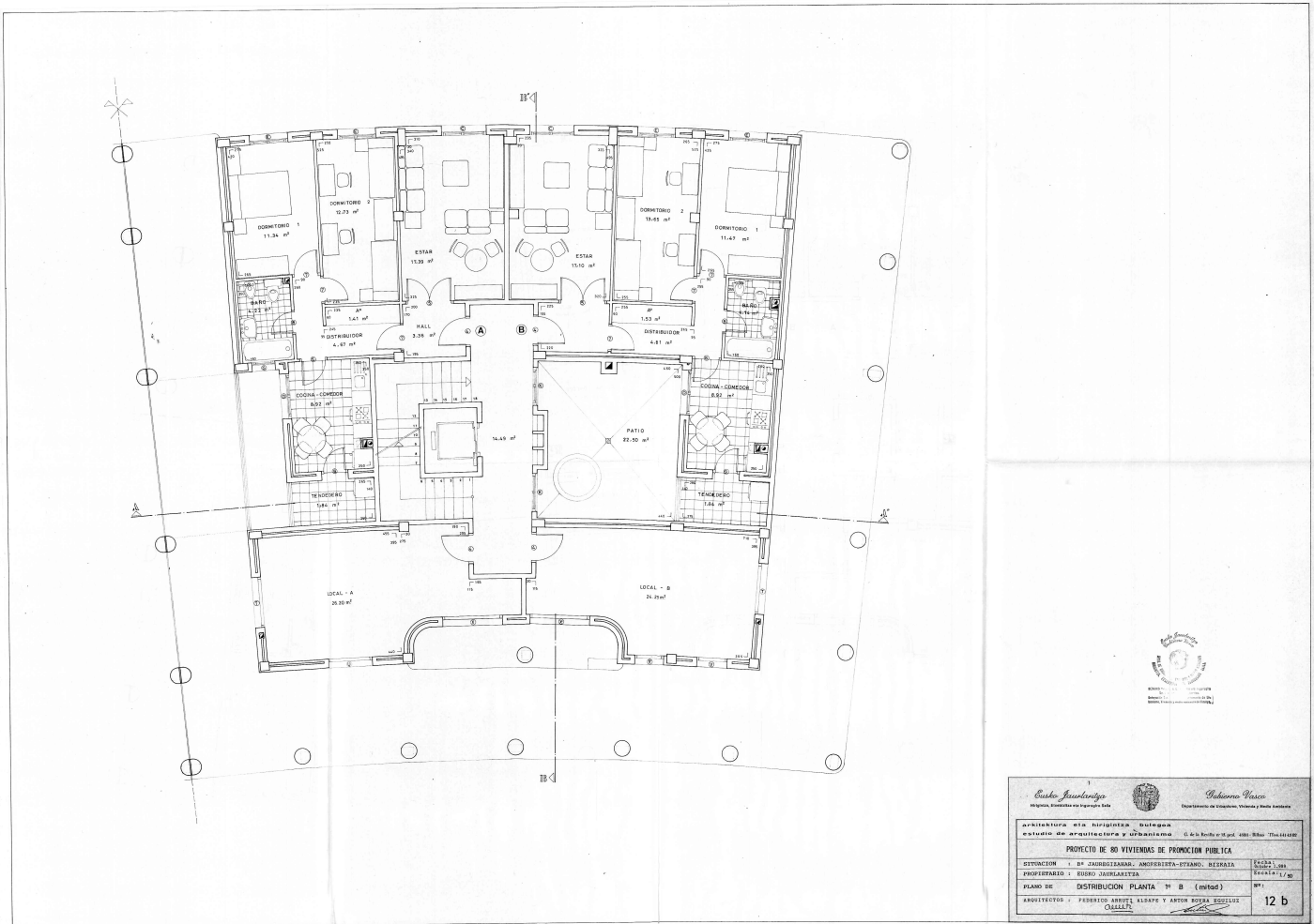


<i>Federico Aizpuru</i> <small>Ingeniero, Traductor del Idioma Español</small>		 <i>Antonio Vasco</i> <small>Departamento de Operación, Prácticas y Medio Ambiente</small>	
PROYECTO DE 80 VIVIENDAS DE PRODUCCIÓN PÚBLICA <small>Estudio de arquitectura y urbanismo. C. de la Basca s/n. p.º 400. Edif. 150-01-010</small>			
DIRECCIÓN: DE ADMINISTRACIÓN, MONTAÑA-ESTADO, BARRATA		ESCALA: 1/200	
PROYECTANTE: BUREAU JUANLARRREA		FECHA: 21/1/89	
PLANO DE DISTRIBUCIÓN PLANTAS 2º y 4º A (mód. 1)		Nº: 14 a	
ARQUITECTOS: FEDERICO AIZPURU, AIZPURU Y ANTON SUÑEA ESQUIELAS <small>CUATRO</small>			

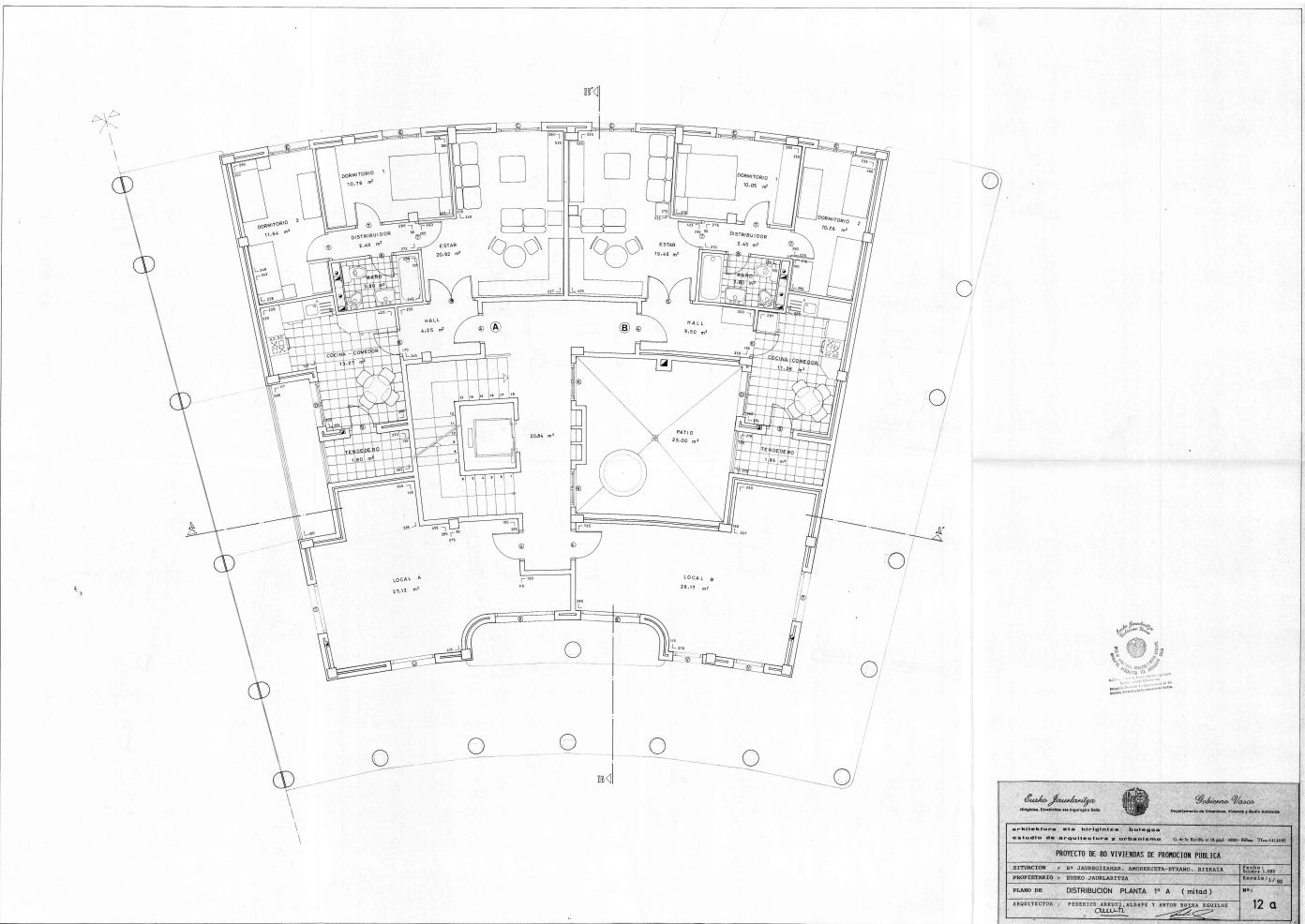


<i>Escuela Interamericana</i> <small>Escuela Interamericana de Ingenieros</small>		<i>Soborno Vasco</i> <small>Escuela Interamericana de Ingenieros</small>	
PROYECTO DE 80 VIVIENDAS DE PROMOCION PUBLICA			
SITUACION : 8ª JARRILIZABUR, AMORRETTA-ETXANO, BILBAO		ESCALA: 1/500	
PROPIETARIO : EUSKO JAURLARITZA		ESCALA: 1/1000	
PLANO DE DISTRIBUCION PLANTA 1º B		Nº:	
ARQUITECTOS : FEDERICO ALZATE Y ANTON ESKER ESKILDE		13 b	

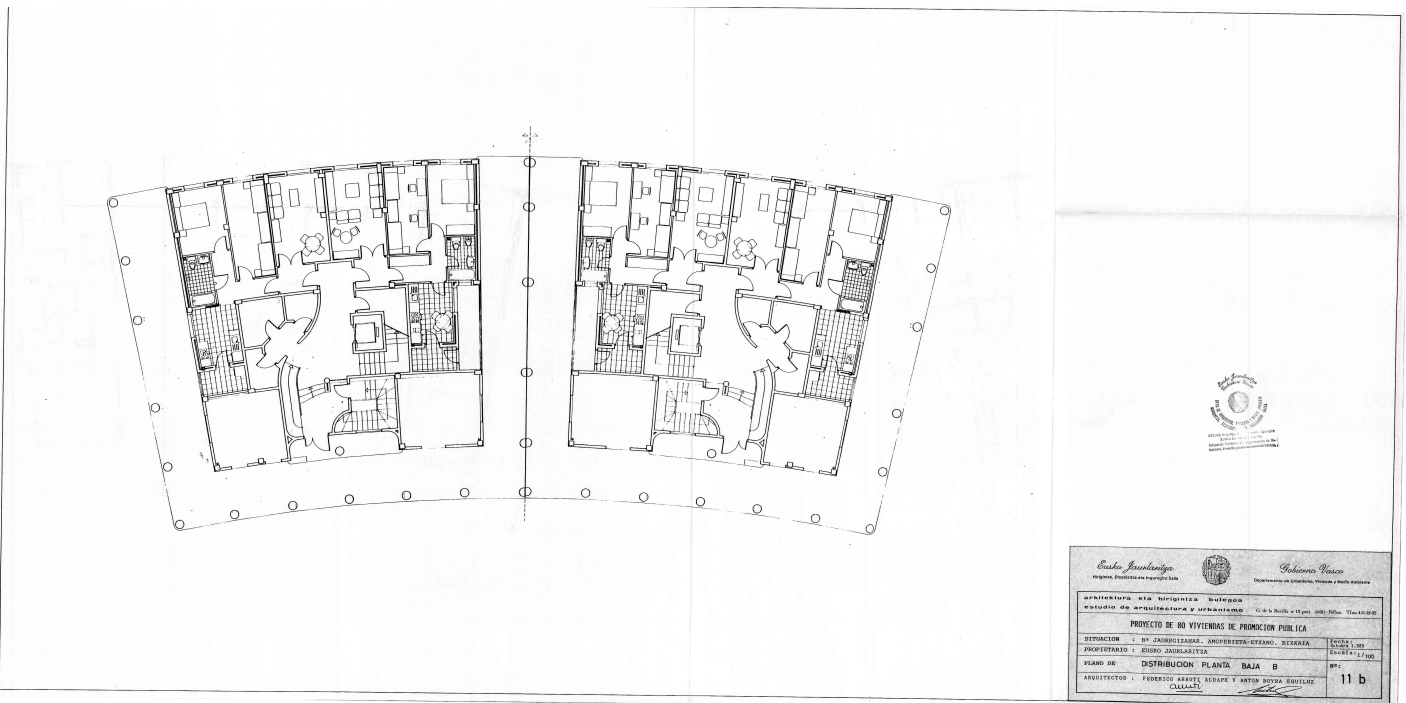


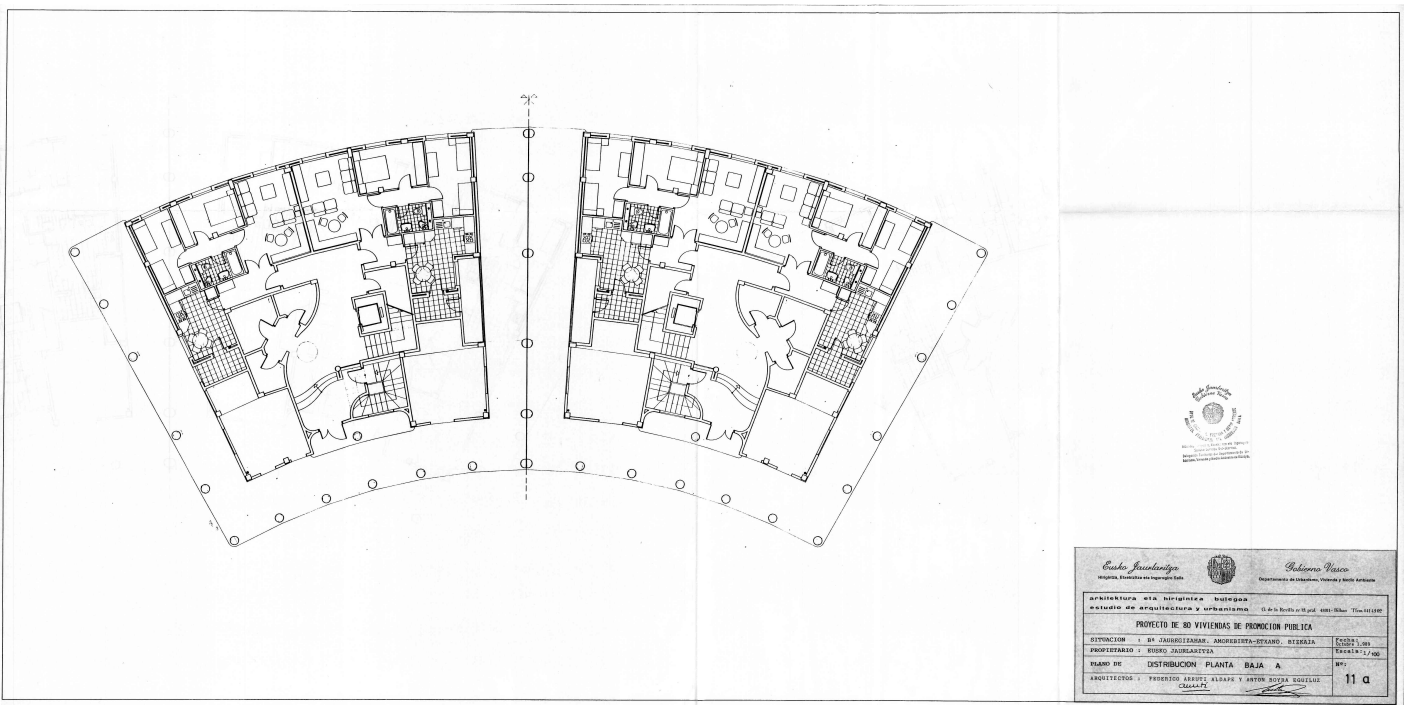


			
PROYECTO DE 80 VIVIENDAS DE PROMOCIÓN PÚBLICA			
SITUACIÓN: I. DE JARDINES DE LA UNIVERSIDAD - ESTADIA		ESCALA: 1/50	FECHA: 1968
PROPIETARIO: ESCUELA JARDINES DE LA UNIVERSIDAD		ESCALA: 1/50	FECHA: 1968
PLANO DE DISTRIBUCIÓN PLANTA 1ª B (mitad)		Nº: 12 b	
ARQUITECTOS: FEDERICO ARRIETA ALARZA Y ANTON ROSA ESCOBAR CHILE			

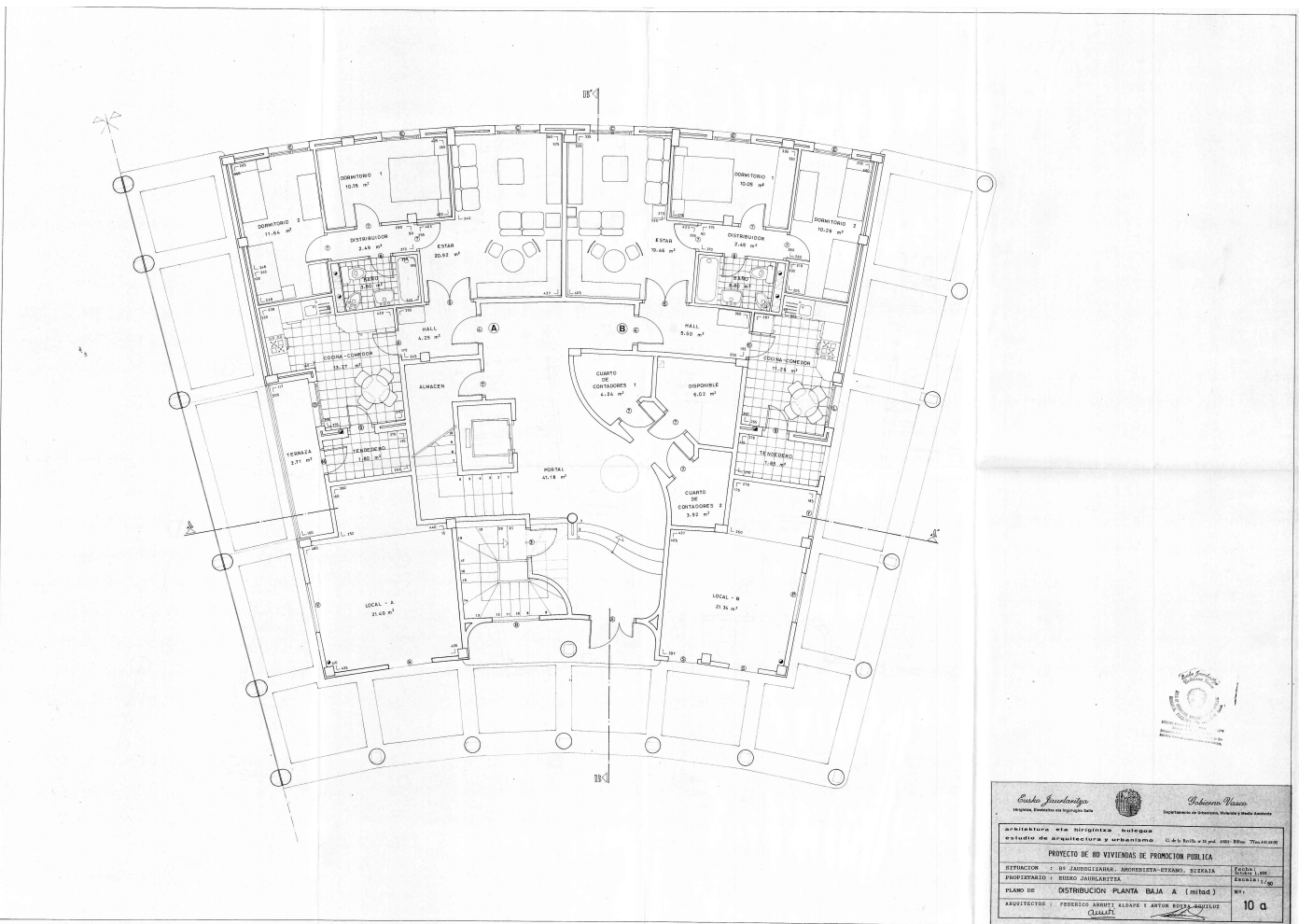


<i>Estudio Juan Antonio</i>  <i>Arquitectos</i>	
Edificios. Instalaciones. Equipamiento.	
ARQUITECTURA DE INTERIORES Y EQUIPAMIENTO	
PROYECTO DE 80 VIVIENDAS DE PROMOCION PUBLICA	
ESTACION / DE JARDINES/BAÑOS/ESTERNO/RETIRO/BIENESTAR	LOCAL 1.000
PROYECTO DE BARRIO ZARZALETA	FOLIO 12 a
PLANO DE DISTRIBUCION PLANTA 1ª A (mieg)	Nº:
ARQUITECTOS / PEDERICO ARRIET, ALBAPE Y ANTON SODIA EGUILUZ COLABOR.	12 a





<i>César Fernández</i> <small>INGENIERO EN INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD</small>		<i>Delvino Vasco</i> <small>INGENIERO EN INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD</small>	
PROYECTO DE 30 VIVIENDAS DE PRODUCCIÓN PÚBLICA			
SITUACION : EN JARDINETANAN, MOYBAYTA-SEJANO, DEGRADA		Escala: 1/500	
PROPIETARIO : BURO ZABRALASTVA		Escala: 1/500	
TITULO DE : DISTRIBUCION PLANTA BAJA A		Nº:	
ARCHITECTOS : FREDERICO ALBERTI, ALBAPE Y ANTON SUJKA BOJELIC <small>CHICLAPE</small>		Nº: 11 a	



<i>César Jaramilla</i> <small>Ingeniero, Profesor de Ingeniería Civil</small>		 <i>Antonio Vasco</i> <small>Profesor Titular de Ingeniería, Profesor y Profesor Asistente</small>	
PROYECTO DE UN VIVERAS DE PROMOCIÓN PÚBLICA			
DISTRIBUCIÓN DE UN VIVERAS DE PROMOCIÓN PÚBLICA <small>ESTUDIO DE REQUISITOS Y PLANTEAMIENTO</small>		<small>Escala: 1:100</small>	
DISTRIBUCIÓN DE UN VIVERAS DE PROMOCIÓN PÚBLICA <small>PROYECTO DE UN VIVERAS DE PROMOCIÓN PÚBLICA</small>		<small>Escala: 1:100</small>	
PLANO DE DISTRIBUCIÓN PLANTA BAJA A (mitad)		Nº:	
ARQUITECTOS: FERRICHO ARROYO, ALBAVE Y ANTON ROSA-SOLÍS <small>CLAMAT</small>		10 a	

