



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUOLA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

Curso Académico:

RESUMEN

El objetivo del presente proyecto radica en un análisis de viabilidad técnico-económica de diferentes tipos de instalaciones capaces de cubrir las necesidades energéticas de un centro de distribución de productos alimenticios aprovechando la disponibilidad de diferentes tipos de biomasa.

La idea nace de una empresa dedicada a la recolección, transporte y almacenamiento de aceite vegetal usado que actualmente es empleado para la fabricación de biodiésel. Analizando su poder calorífico y la cantidad disponible, se llegó a la conclusión de que sería un buen combustible para utilizar directamente en una caldera de biomasa. Gracias a sus buenos resultados, se plantea la posibilidad de utilizar posos de café para el mismo fin.

Conocidas las características de ambos residuos para su utilización como combustibles residuales, se procede al estudio de distintas instalaciones que puedan cubrir las demandas energéticas del centro de distribución: entorno al 90- 95% del consumo eléctrico se debe a las necesidades de frío del negocio (generado actualmente con máquinas de compresión de amoníaco), ocasionándose el resto por los usos generales del centro.

El objetivo es proporcionar la cantidad de frío óptima, para lo que se empleará una caldera de biomasa junto a una máquina de absorción que produzca frío aprovechando como fuente de calor la caldera.

Se estudiarán diferentes alternativas para el tratamiento del aceite y café usados comparándolas con otras oportunidades disponibles en el mercado. Se concluirá seleccionando la opción más viable desde un punto de vista técnico y económico.

La pretensión del trabajo es la mínima afectación posible al medioambiente implementando un ciclo cerrado, en el que además de utilizar el aceite o café como alimentos se puedan emplear como fuente de energía una vez usados.

Se finaliza mostrando la vinculación del presente TFM con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.

Palabras clave: Máquina de absorción; Biomasa; Ahorro energético; Economía circular; Objetivos de Desarrollo Sostenible.

RESUM

L'objectiu del present projecte radica en una anàlisi de viabilitat tecnicoeconòmica de diferents tipus d'instal·lacions capaces de cobrir les necessitats energètiques d'un centre de distribució de productes alimentaris aprofitant la disponibilitat de diferents tipus de biomassa.

La idea naix d'una empresa dedicada a la recol·lecció, transport i emmagatzemament d'oli vegetal usat que actualment és empleat per a la fabricació de biodièsel. Analitzant el seu poder calorífic i la quantitat disponible, es va arribar a la conclusió que seria un bon combustible per a utilitzar directament en una caldera de biomassa. Gràcies als seus bons resultats, es planteja la possibilitat d'utilitzar solatges de café per al mateix fi.

Conegudes les característiques d'ambdós residus per a la seua utilització com a combustibles residuals, es procedix a l'estudi de distintes instal·lacions que puguen cobrir les demandes energètiques del centre de distribució: entorn al 90- 95% del consum elèctric es deu a les necessitats de fred del negoci (generat actualment amb màquines de compressió d'amoníac) , ocasionant-se la resta pels usos generals del centre.

L'objectiu és proporcionar la quantitat de fred òptima, per al que s'emprarà una caldera de biomassa junt amb una màquina d'absorció que produïska fred aprofitant com a font de calor la caldera.

S'estudiaran diferents alternatives per al tractament de l'oli i café usats comparant-les amb altres oportunitats disponibles en el mercat. Es conclourà seleccionant l'opció més viable des d'un punt de vista tècnic i econòmic.

La pretensió del treball és la mínima afectació possible al medioambiente implementant un cicle tancat, en el que a més d'utilitzar l'oli o café com a aliments es puguen emprar com a font d'energia una vegada usats.

Es finalitza mostrant la vinculació del present TFM amb els Objectivos de Desarrollo Sostenible de l'Agenda 2030.

Paraules clau: Màquina d'absorció; Biomassa; Estalvi energètic; Economia circular; Objectivos de Desarrollo Sostenible.

ABSTRACT

The aim of this project is to analyse the technical and economic viability of different types of installations capable of covering the energy demands of a food product distribution centre by taking advantage of the availability of different types of biomass.

The idea was born from a business dedicated to the collecting, transport and storage of used vegetable oil that is currently used for the production of biodiesel. Analyzing its calorific value and the quantity available, it was concluded that it would be a great fuel to use directly in a biomass boiler. Thanks to its positive results, the possibility of using coffee grounds for the same purpose is being considered.

Knowing the characteristics of both wastes to be used as residual fuels, a study is made of different facilities that could cover the energy demands of the distribution centre: around 90-95% of the electricity consumption is due to the cooling needs of the business (currently generated with ammonia compression machines), with the rest being caused by the general uses of the centre.

The aim is to provide the optimum amount of cooling, for which a biomass boiler will be used together with an absorption machine that produces cooling using the boiler as a heat source.

Different alternatives for the treatment of used oil and coffee will be studied by comparing them with other opportunities available on the market. It will be concluded by selecting the most viable option from a technical and economic point of view.

The aim of the work is to have the least possible effect on the environment by implementing a closed cycle, in which, in addition to using the oil or coffee as food, it can also be used as a source of energy once used.

It ends by showing the link between this TFM and the Sustainable Development Objectives of the 2030 Agenda.

Keywords: Absorption chiller; Biomass; Energy savings; Circular economy; Sustainable Development Objectives.

ÍNDICE GENERAL DEL TFM

DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFM

A. MEMORIA

B. PRESUPUESTO

C. ANEJOS

A. MEMORIA

ÍNDICE DE LA MEMORIA

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 2. OBJETO Y ALCANCE	3
CAPÍTULO 3. CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS	4
CAPÍTULO 4. SITUACIÓN ACTUAL	5
4.1. EQUIPOS ACTUALES	5
4.2. CONSUMOS ELÉCTRICOS ACTUALES	9
4.3. DEMANDA DE FRÍO	14
CAPÍTULO 5. BIOMASA	16
5.1. RESUMEN GENERAL DE LA BIOMASA.....	16
5.2. PROCESO DE COMBUSTIÓN DE LA CALDERA DE BIOMASA.....	18
5.3. EFECTOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS EN LA COMBUSTIÓN DE LA BIOMASA.....	19
CAPÍTULO 6. OPORTUNIDAD: USO DE COMBUSTIBLES RESIDUALES	22
6.1. ECONOMÍA CIRCULAR.....	22
6.2. ACEITE	24
6.3. CAFÉ	25
CAPÍTULO 7. LA MÁQUINA DE ABSORCIÓN	29
CAPÍTULO 8. METODOLOGÍA DE CÁLCULO EMPLEADA	33
CAPÍTULO 9. ALTERNATIVA I: POSOS DE CAFÉ	39
9.1. FUNCIONAMIENTO Y EQUIPOS.....	39
9.2. RESULTADOS ENERGÉTICOS	43
9.3. RESULTADOS ECONÓMICOS	43
CAPÍTULO 10. ALTERNATIVA II: ACEITE USADO	47
10.1. FUNCIONAMIENTO Y EQUIPOS.....	47
10.2. RESULTADOS ENERGÉTICOS	50
10.3. RESULTADOS ECONÓMICOS	51
CAPÍTULO 11. COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS	54
CAPÍTULO 12. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA	56
CAPÍTULO 13. USO DE COMBUSTIBLES RESIDUALES PARA MITIGAR LA POBREZA ENERGÉTICA	62
CAPÍTULO 14. VINCULACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE	66
CAPÍTULO 15. CONCLUSIONES	69
BIBLIOGRAFÍA	71

ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 1. CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS ALIMENTICOS. FUENTE: AXIONLOG	4
IMAGEN 2. MÁQUINA DE COMPRESIÓN DE AMONIACO ACTUAL. FUENTE: MYCOM.....	5
IMAGEN 3. CONDENSADOR ACTUAL. FUENTE: FRIO-RAF	6
IMAGEN 4. BOMBAS AMONIACO ACTUALES. FUENTE: BOMBADUR	7
IMAGEN 5. EVAPORADORES ACTUALES. FUENTE: THERMOFIN	8
IMAGEN 6. CICLO DE LA BIOMASA. FUENTE: OPEX ENERGY	16
IMAGEN 7. COMBUSTIÓN DE LA BIOMASA. FUENTE: SLIDESHARE	18
IMAGEN 8. PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA EN UNA CALDERA	19
IMAGEN 9. DIFERENTES TIPOS DE COMBUSTIBLES DE BIOMASA. FUENTE: GRUPO CPG.....	21
IMAGEN 10. ECONOMÍA CIRCULAR. FUENTE: PARLAMENTO EUROPEO.....	22
IMAGEN 11. ECONOMÍA CIRCULAR PARA EL PRESENTE TRABAJO	23
IMAGEN 12. CONTENEDOR DE ACEITE USADO. FUENTE: GREENSIDE.....	24
IMAGEN 13. POSOS DE CAFÉ SECADOS PARA SU USO DIRECTO EN CALDERA DE BIOMASA. FUENTE: ENERGÍAS-RENOVABLES..	25
IMAGEN 14. PELLETS DE POSOS DE CAFÉ. FUENTE: ECOINVENTOS	26
IMAGEN 15. MÁQUINA DE ABSORCIÓN. FUENTE: APUNTES DE LA ASIGNATURA COGENERACIÓN	29
IMAGEN 16. ESQUEMA CICLO DE ABSORCIÓN DE SIMPLE EFECTO. FUENTE: APUNTES DE LA ASIGNATURA COGENERACIÓN...	30
IMAGEN 17. CICLO DE ABSORCIÓN DE SIMPLE EFECTO. FUENTE: APUNTES DE LA ASIGNATURA COGENERACIÓN	31
IMAGEN 18. ESQUEMA CICLO DE ABSORCIÓN DE DOBLE EFECTO. FUENTE: APUNTES DE LA ASIGNATURA COGENERACIÓN	32
IMAGEN 19. CATÁLOGO CALDERA DE BIOMASA FERROLI ARES A. FUENTE: FERROLI	40
IMAGEN 20. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MÁQUINA DE ABSORCIÓN "AGO CONGELO". FUENTE: AGO ENERGIE+ANLAGEN...	42
IMAGEN 21. MÁQUINA DE ABSORCIÓN "AGO CONGELO". FUENTE: AGO ENERGIE+ANLAGEN	42
IMAGEN 22. CATÁLOGO CALDERAS PREXTHERM RSH N . FUENTE: FERROLI	48
IMAGEN 23. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA CALDERA PREXTHERM RSH 1300.....	49
IMAGEN 24. COCINA SOBRE TRES PIEDRAS. FUENTE: DW.....	63
IMAGEN 25. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE. FUENTE: ONU.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. PODERES CALORÍFICOS INFERIORES DE LA BIOMASA. FUENTE: IDAE	27
TABLA 2. EVOLUCIÓN DEL PRECIO MEDIO DE LA BIOMASA. FUENTE: IDAE	28
TABLA 3. CONSUMOS ELÉCTRICOS MENSUALES TOTALES.....	33
TABLA 4. CONSUMO ELÉCTRICO MENSUAL DEDICADO A USOS GENERALES	33
TABLA 5. CONSUMO ELÉCTRICO MENSUAL DEDICADO A LA PRODUCCIÓN DE FRÍO ACTUALMENTE	33
TABLA 6. DEMANDA MENSUAL DE FRÍO DEL CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	34
TABLA 7. PRECIO DE LA ELECTRICIDAD TARIFA ACCESO 3.1A. FUENTE: ASIGNATURA DE COGENERACIÓN	36
TABLA 8. TONELADAS DE POSOS DE CAFÉ DEMANDADAS MENSUALMENTE	41
TABLA 9. PRODUCCIÓN MENSUAL DE FRÍO CON POSOS DE CAFÉ	43
TABLA 10. BALANCE ENERGÉTICO DE LA ALTERNATIVA I.....	43
TABLA 11. RESUMEN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD ACTUAL.	44
TABLA 12. COSTE ACTUAL DE LA COMPRA DE ELECTRICIDAD	44
TABLA 13. GASTOS DERIVADOS DE LOS POSOS DE CAFÉ	44
TABLA 14. RESUMEN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD DE LA ALTERNATIVA I.....	44
TABLA 15. COSTE DE LA ELECTRICIDAD PARA LA ALTERNATIVA I.....	44
TABLA 16. COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA ALTERNATIVA I.....	45
TABLA 17. BALANCE ECONÓMICO ALTERNATIVA I.....	45
TABLA 18. MODO DE TRABAJO DE LA CALDERA DE ACEITE USADO.....	49
TABLA 19. CALOR MENSUAL GENERADO POR LA CALDERA DE ACEITE USADO.....	49
TABLA 20. POTENCIA DE ACEITE USADO DEMANDA MENSUALMENTE	49
TABLA 21. TONELADAS DE ACEITE DEMANDADAS MENSUALMENTE.....	50
TABLA 22. BALANCE ENERGÉTICO DE LA ALTERNATIVA II.....	50
TABLA 23. RESUMEN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD CON ACEITE USADO	51
TABLA 24. COSTE DE LA ELECTRICIDAD PARA LA ALTERNATIVA II.....	51
TABLA 25. GASTOS DERIVADOS DEL ACEITE USADO	51
TABLA 26. COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA ALTERNATIVA II	52
TABLA 27. BALANCE ECONÓMICO ALTERNATIVA II.....	52
TABLA 28. HIPÓTESIS DE PARTIDA PARA EL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	56
TABLA 29. ANÁLISIS DE LA TASA DE VARIACIÓN DEL IPC	57
TABLA 30. ANÁLISIS DE LA TASA DE VARIACIÓN DEL PRECIO DE LOS POSOS DE CAFÉ.....	57
TABLA 31. VARIACIONES DE LOS PARÁMETROS MÁS INFLUYENTES EN EL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD I	57
TABLA 32. VARIACIONES DE LOS PARÁMETROS MÁS INFLUYENTES EN EL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD II	59
TABLA 33. ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL PRECIO DE LOS POSOS DEL CAFÉ	59
TABLA 34. ANÁLISIS VARIACIÓN DEL IMPORTE DE LA INVERSIÓN	60
TABLA 35. ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL PRECIO DE LA TARIFA DE ELECTRICIDAD	60
TABLA 36. VALORES LÍMITES PARA LOS PARÁMETROS MÁS INFLUYENTES I.....	60
TABLA 37. PRECIOS LÍMITES PARA LA TARIFA ELÉCTRICA.....	61

ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA 1. CONSUMOS ELÉCTRICOS DIARIOS ENERO	10
GRÁFICA 2. CONSUMOS ELÉCTRICOS DIARIOS FEBRERO.....	10
GRÁFICA 3. CONSUMOS ELÉCTRICOS DIARIOS MARZO.....	10
GRÁFICA 4. CONSUMOS ELÉCTRICOS DIARIOS ABRIL	11
GRÁFICA 5. CONSUMOS ELÉCTRICOS DIARIOS MAYO	11
GRÁFICA 6. CONSUMOS ELÉCTRICOS DIARIOS JUNIO	11
GRÁFICA 7. CONSUMOS ELÉCTRICOS DIARIOS JULIO	12
GRÁFICA 8. CONSUMOS ELÉCTRICOS DIARIOS AGOSTO	12
GRÁFICA 9. CONSUMOS ELÉCTRICOS DIARIOS SEPTIEMBRE	12
GRÁFICA 10. CONSUMOS ELÉCTRICOS DIARIOS OCTUBRE	13
GRÁFICA 11. CONSUMOS ELÉCTRICOS DIARIOS NOVIEMBRE	13
GRÁFICA 12. CONSUMOS ELÉCTRICOS DIARIOS DICIEMBRE.....	13
GRÁFICA 13. DEMANDA MENSUAL PARA LA PRODUCCIÓN DE FRÍO.	14
GRÁFICA 14. DEMANDA MEDIA DIARIA DE FRÍO AL MES.....	15
GRÁFICA 15. CURVA MONÓTONA DE DEMANDA DE FRÍO	15
GRÁFICA 16. EVOLUCIÓN DEL PRECIO MEDIO DE LA BIOMASA. FUENTE: IDAE.....	27
GRÁFICA 17. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL TIR PARA LA ALTERNATIVA I	46
GRÁFICA 18. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL VAN PARA LA ALTERNATIVA I.....	46
GRÁFICA 19. CURVA MONÓTONA DE DEMANDA DE CALOR VIRTUAL DE LA MÁQUINA DE ABSORCIÓN	48

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1. PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA EN UNA CALDERA.....	19
ECUACIÓN 2. DEMANDA DE FRÍO	33
ECUACIÓN 3. DEMANDA DE CALOR DE LA MÁQUINA DE ABSORCIÓN.....	34
ECUACIÓN 4. FRÍO GENERADO POR LA MÁQUINA DE ABSORCIÓN	35
ECUACIÓN 5. POTENCIA DE COMBUSTIBLE	35
ECUACIÓN 6. CANTIDAD DE COMBUSTIBLE.....	35
ECUACIÓN 7. PERÍODO DE RETORNO.....	36
ECUACIÓN 8. BENEFICIO ANUAL NETO.....	36
ECUACIÓN 9. TASA DE RENTABILIDAD ARITMÉTICA.....	36
ECUACIÓN 10. CÁLCULO DEL TIR. FUENTE: APUNTES DE LA ASIGNATURA DE COGENERACIÓN.	37
ECUACIÓN 11. RELACIÓN VAN-TIR.....	37
ECUACIÓN 12. CÁLCULO DEL VAN. FUENTE: APUNTES DE LA ASIGNATURA DE COGENERACIÓN	37
ECUACIÓN 13. ENERGÍA MENSUAL DISPONIBLE EN LOS POSOS DE CAFÉ.....	39
ECUACIÓN 14. ESTIMACIÓN CALOR MENSUAL OBTENIDO DE LA CALDERA DE BIOMASA PARA LOS POSOS DE CAFÉ.....	39
ECUACIÓN 15. ESTIMACIÓN FRÍO MENSUAL PRODUCIDO POR LA MÁQUINA DE ABSORCIÓN PARA LOS POSOS DE CAFÉ.....	39
ECUACIÓN 16. ESTIMACIÓN POTENCIA TÉRMICA DE LA CALDERA DE BIOMASA	39
ECUACIÓN 17. CONSUMO HORARIO DE POSOS DE CAFÉ.....	41
ECUACIÓN 18. CANTIDAD DE CAFÉ CONSUMIDO POR HORA.....	41
ECUACIÓN 19. ENERGÍA MENSUAL DISPONIBLE EN EL ACEITE USADO.....	47
ECUACIÓN 20. ESTIMACIÓN CALOR MENSUAL OBTENIDO DE LA CALDERA DE BIOMASA PARA EL ACEITE USADO	47
ECUACIÓN 21. ESTIMACIÓN FRÍO MENSUAL PRODUCIDO POR LA MÁQUINA DE ABSORCIÓN PARA EL ACEITE USADO.....	47
ECUACIÓN 22. PRECIO MEDIO ELECTRICIDAD COMPRADA	54
ECUACIÓN 23. PRECIO MWH DE FRÍO CON MÁQUINAS DE COMPRESIÓN ACTUALES.....	54
ECUACIÓN 24. PRECIO MWH DE CALOR CON LOS POSOS DE CAFÉ.....	54
ECUACIÓN 26. PRECIO MWH DE FRÍO CON LOS POSOS DE CAFÉ.....	55
ECUACIÓN 27. PRECIO MWH DE CALOR CON EL ACEITE USADO	55
ECUACIÓN 28. PRECIO MWH DE FRÍO CON EL ACEITE USADO.....	55
ECUACIÓN 29. CANTIDAD DE COMBUSTIBLE (KG) NECESARIA PARA CONSEGUIR 1 MWH DE FRÍO	55

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal del presente proyecto radica en la realización de un análisis de viabilidad técnico-económico de diferentes tipos de instalaciones que sean capaces de cubrir las necesidades energéticas de un centro de distribución de productos alimenticios, aprovechando la disponibilidad de diversos combustibles residuales recolectados por la empresa internacional GreenSide Solutions, con el fin de conseguir un ahorro energético y el consecuente ahorro económico para el centro de distribución.

La idea de dicho proyecto nace a partir del trabajo realizado por GreenSide en varios países recolectando, transportando y almacenando aceite vegetal usado en diferentes negocios, dedicados la gran mayoría a la hostelería, con la finalidad de utilizarlo en diferentes actividades que no perjudiquen ni a la sociedad ni al medioambiente, como ha venido sucediendo tradicionalmente.

En la actualidad, dicho aceite vegetal usado es empleado en diferentes actividades industriales, destacando principalmente su venta para la producción de biodiésel, pero siempre se ha estado planteando la idea de optimizar aún más la utilización del residuo. A raíz del estudio de sus características, se llegó a la conclusión de que sería un combustible ideal debido a su buen poder calorífico (39 MJ/kg) y la gran cantidad disponible.

Por otro lado, la empresa se planteó simultanear la recolección del aceite usado con los restos de café usado en estos establecimientos hosteleros con los que tenía dicho acuerdo de colaboración. La idea era la misma: emplear los restos de café como combustible, obteniéndose 56.000 kg mensuales de borra de café seca que presenta un poder calorífico de 25 MJ/kg.

Una vez conocidas las buenas características de ambos residuos para ser empleados como combustibles, se procede al estudio de diferentes instalaciones que puedan hacer frente a la mayor parte de las demandas energéticas generadas por el centro de distribución, del que se dispone de sus consumos de electricidad por horas de los últimos dos años.

A partir del análisis detallado de los datos aportados, se deduce que la mayor parte del referido consumo eléctrico, entorno al 90-95%, se debe a las necesidades de frío de las instalaciones del centro, generado a día de hoy con máquinas de compresión de amoníaco, ya que precisa un constante funcionamiento de sus cámaras de refrigeración y congeladores para el almacenamiento de los alimentos. El resto del consumo eléctrico es ocasionado por los usos generales del centro debido a los diferentes equipos informáticos, iluminación, etc.

Por lo tanto, el objetivo principal de la nueva instalación se encuentra en proporcionar la cantidad de frío óptima, por lo que será imprescindible emplear una caldera de biomasa para trabajar con los combustibles residuales previamente descritos, junto a una máquina de absorción que pueda producir el frío aprovechando como fuente de calor la caldera de biomasa.

A lo largo del proyecto se estudiarán diferentes alternativas de uso de las materias referidas para estimar su viabilidad dependiendo de su coste de oportunidad, con el fin de encontrar la opción más eficiente. Una vez analizadas las distintas casuísticas, se concluirá cuál de ellas es la más viable técnica y económicamente con el fin de conseguir el mayor ahorro energético posible, disminuyendo las emisiones de CO₂ al trabajar con combustibles residuales, y el consecuente ahorro económico.

Otro de los objetivos básicos del proyecto es reducir el impacto ambiental de las actividades desarrolladas por las empresas implicadas. Se busca el desarrollo de un ciclo circular, en el que además de utilizar el aceite o el café en su aplicación tradicional de la alimentación se pueda emplear como fuente de energía una vez han sido ya usados.

Por último, se va a realizar un análisis de cómo puede ayudar la utilización de combustibles residuales en calderas de biomasa a mejorar el acceso a la energía en comunidades que se encuentran más aisladas y disponen de escasos recursos tanto económicos como energéticos. El desarrollo de esta última parte busca reforzar la vinculación del uso de la energía de una manera sostenible con diferentes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030.

CAPÍTULO 2. OBJETO Y ALCANCE

El objeto de este Trabajo Fin de Máster es la realización de un estudio técnico-económico de viabilidad de la utilización de combustibles residuales (aceite y/o café) para cubrir la demanda de frío generada por las necesidades de almacenamiento de alimentos de un centro de distribución de productos alimenticios.

Por un lado, el estudio técnico de viabilidad consiste en investigar y encontrar los equipos adecuados que permitan la generación de frío a partir del uso de los combustibles residuales disponibles. Para ello se precisa una caldera de biomasa que permita obtener calor a partir del aceite y/o el café con el fin de aprovechar este calor en una máquina de absorción que sea capaz de producir la cantidad de frío deseada.

Por otro lado, el estudio económico de viabilidad se centra en el cálculo del ahorro económico que conseguiría el centro de distribución sustituyendo la actual forma de producción de frío mediante máquinas de compresión que consumen electricidad, por la instalación de caldera de biomasa y máquina de absorción. A la hora de realizar este análisis se han de tener en cuenta los costes de oportunidad en que incurre la empresa al dedicar el aceite y el café a este nuevo uso frente a su venta en bruto con el fin de que sea lo más realista posible. El ahorro económico va a estar estrechamente ligado al ahorro energético derivado del cambio del consumo eléctrico por el uso de combustibles residuales, lo que también aporta importantes beneficios medioambientales al implementar un circuito circular con la utilización de los residuos. Para la realización de este análisis habrá de tenerse en cuenta el importe de la inversión y nos serviremos de herramientas como el cálculo del VAN y TIR del proyecto, cálculo de período de retorno de la inversión y ahorro económico anual.

En cuanto al alcance del estudio de viabilidad se van a examinar detalladamente dos alternativas con distintas combinaciones de utilización de in-put para el aprovechamiento de los residuos, a fin de seleccionar la solución óptima para el centro de distribución:

- Producción de frío a través de los posos del café.
- Producción de frío a través del aceite usado.

Una vez seleccionada la opción más rentable se indagará profundamente en ella y quedará concluido el estudio de viabilidad, objetivo principal del trabajo.

Con el fin de complementar el alcance del TFM desde un punto de vista social, se realizará una investigación acerca de cómo el uso de combustibles residuales ayudan a luchar contra la pobreza energética gracias a calderas de biomasa y su vinculación con los ODS.

CAPÍTULO 3. CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS

La empresa para la cual se está realizando el estudio de viabilidad gracias a la información que ha aportado, es un centro de distribución de productos alimenticios, cliente de GreenSide. Se trata de un centro logístico especializado en gestionar íntegramente cadenas de suministro del sector alimentario donde se almacenan y reparten diferentes tipos de alimentos a distintos negocios.

Entre sus diversas actividades destacan la tramitación de pedidos, gestión de compras, almacenamiento, transporte y control de calidad de las provisiones. El almacenamiento de los productos alimenticios es la tarea más influyente en el presente trabajo, ya que la principal fuente de demanda energética del centro logístico se debe a las necesidades de frío requeridas para conservar los víveres.

Debido a la gran variedad de alimentos con la que trabajan, como productos cárnicos, conservas, verduras, frutas, lácteos, pescados, marisco, productos congelados, etc., se precisa de diferentes equipos de almacenamiento para conservar en perfecto estado y sin romper la cadena de frío de los alimentos. Para ello el centro dispone de cámaras frigoríficas que trabajan a 4°C y congeladores que proporcionan temperaturas de -18°C a -23°C. Estos equipos son los principales causantes del actual consumo eléctrico a través de dos máquinas de compresión de amoníaco, encargadas de la producción del frío requerido por los congeladores y cámaras de refrigeración.



Imagen 1. Centro de distribución de productos alimenticios. Fuente: Axionlog

CAPÍTULO 4. SITUACIÓN ACTUAL

4.1. EQUIPOS ACTUALES

Los equipos con los que cuenta actualmente el centro de distribución para la producción del frío requeridos por la cámara frigorífica y el congelador industriales son los siguientes:

MÁQUINAS DE COMPRESIÓN DE AMONIACO

Dos compresores para la producción de frío a nivel industrial, uno de ellos para modo StandBy, cuyas principales características son:

- Marca: *MYCOM*
- Modelo: *N200VMD-HE*
- Tipo: doble tornillo helicoidal
- Peso: 4300 kg
- Dimensiones: 3,6 x 1,7 x 2,5 m
- Capacidad: 401,1 kW
- COP: 2,53
- Refrigerante: NH₃
- Temperatura de evaporación: -29°C
- Temperatura de condensación: 30°C
- Subenfriamiento del líquido: 5°C
- Potencia motor: 250 HP
- Control de capacidad: automático de 0 a 100%



Imagen 2. Máquina de compresión de amoníaco actual. Fuente: Mycom

CONDENSADOR

Un condensador tipo evaporativo que presenta las siguientes características:

- Marca: *FRIO-RAF*
- Modelo: *FSI C-750*
- Peso: 6600 kg
- Dimensiones: 4,46 x 2,10 x 3,58 m
- Capacidad: 650 kW
- Refrigerante: NH_3
- Temperatura de condensación: 30°C
- Temperatura de budo húmedo: 16°C
- Ventiladores: 3 ventiladores axiales de tiro inducido
- Potencia motores: 3 x 4 HP



Imagen 3. Condensador actual. Fuente: Frio-Raf

BOMBAS DE AMONIACO PARA SISTEMA A -30°C

Dos bombas para el transporte del amoniaco a -30°C con las siguientes características:

- Marca: *BOMBADUR*
- Modelo: *ZM3*
- Dimensiones: 0,45 x 0,55 x 0,36 m
- Tipo: centrífugas de simple etapa
- Caudal: 15 m³/h
- Potencia del motor: 5 HP

BOMBAS DE AMONIACO PARA SISTEMA A -10°C

Dos bombas para el transporte del amoniaco a -10°C con las siguientes características:

- Marca: **BOMBADUR**
- Modelo: **ZM2**
- Tipo: centrífugas de simple etapa
- Dimensiones: 0,45 x 0,55 x 0,36 m
- Caudal: 10 m³/h
- Potencia del motor: 4 HP



Imagen 4. Bombas amoniaco actuales. Fuente: Bombadur

EVAPORADOR PARA CONGELADOR

Ocho difusores para trabajar con amoniaco en sistema recirculado, con las siguientes características cada uno de ellos:

- Marca: **THERMOFIN**
- Modelo: **TAN 063.1-D-3-10.HG**
- Tipo: axial
- Dimensiones: 4,2 x 0,85 x 0,96 m
- Potencia frigorífica: 28,4 kW
- Temperatura de evaporación: -28°C
- Temperatura aire retorno: -20°C
- Caudal de aire: 38,4 m³/h
- Potencia ventiladores: 3 x 1,6 kW
- Deshielo: gas caliente

EVAPORADOR PARA ANTECÁMARA DEL CONGELADOR

Un difusor para trabajar con amoniaco en sistema recirculado, con las siguientes características:

- Marca: **THERMOFIN**
- Modelo: **TAN 050.2-E-4-12-HG**
- Tipo: axial
- Dimensiones: 4,5 x 0,68 x 0,79 m
- Potencia frigorífica: 26 kW
- Temperatura de evaporación: -28°C

- Temperatura aire retorno: -20°C
- Caudal de aire: 29,9 m³/h
- Potencia ventiladores: 4 x 1,2 kW
- Deshielo: gas caliente

EVAPORADORES PARA CÁMARAS DE REFRIGERACIÓN

Dos difusores para trabajar con amoníaco en sistema recirculado, con las siguientes características cada uno de ellos:

- Marca: *THERMOFIN*
- Modelo: *TAN 050.2-D-4-8*
- Tipo: axial
- Dimensiones: 4,5 x 0,68 x 0,79 m
- Potencia frigorífica: 32,5 kW
- Temperatura de evaporación: -8,3°C
- Temperatura aire retorno: 0°C
- Caudal de aire: 28,96 m³/h
- Potencia ventiladores: 4 x 1,2 kW
- Deshielo: gas caliente

EVAPORADORES PARA ANTECÁMARA DE LAS CÁMARAS FRIGORÍFICAS

Tres difusores para trabajar con amoníaco en sistema recirculado, con las siguientes características:

- Marca: *THERMOFIN*
- Modelo: *TAN 050.2-D-4-7*
- Tipo: axial
- Dimensiones: 4,5 x 0,68 x 0,79 m
- Potencia frigorífica: 31,7 kW
- Temperatura de evaporación: -3,6°C
- Temperatura aire retorno: 4°C
- Caudal de aire: 26,9 m³/h
- Potencia ventiladores: 4 x 1 kW
- Deshielo: gas caliente



Imagen 5. Evaporadores actuales. Fuente: Thermofin

4.2. CONSUMOS ELÉCTRICOS ACTUALES

El presente apartado sintetiza y analiza los consumos eléctricos horarios de los últimos dos años del centro de distribución, gracias a la información detallada que nos ha aportado la empresa. El objetivo de este análisis consiste en determinar el consumo horario tipo de cada día de la semana para cada uno de los meses del año.

Una correcta estimación de los consumos horarios tipo es fundamental para poder calcular posteriormente la demanda de frío del centro logístico, ya que se obtiene dividiendo el consumo eléctrico derivado de las máquinas de compresión por su COP.

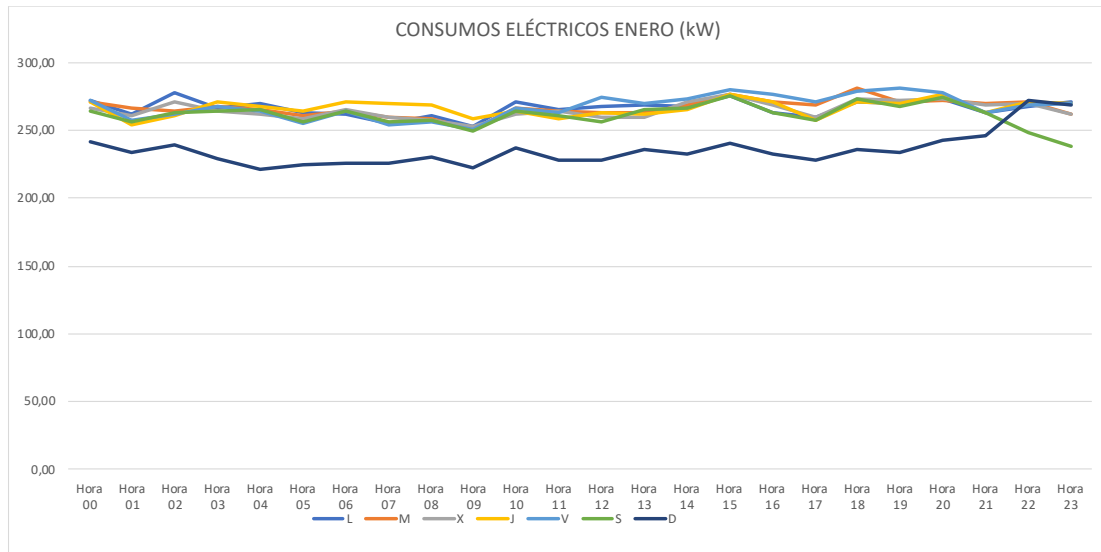
Los datos de partida para el cálculo de los consumos diarios modelo son los consumos de cada hora de todos y cada uno de los días de los últimos dos años, en total 17.520 consumos horarios. Para obtener el día tipo de cada mes lo que se ha hecho es calcular el promedio de todas las horas de cada día de la semana de los 12 meses de los dos últimos años, como se puede ver en las dos primeras líneas de las tablas del *Anejo I. Consumos eléctricos por horas actuales*. Finalmente, se ha obtenido el consumo horario tipo de cada día de la semana como la media de los correspondientes promedios de los años 2018 y 2019. Esta información está representada en la última línea de las tablas del *Anejo I* y los respectivos valores serán los utilizados para realizar posteriormente el análisis de viabilidad.

Comentar, como por otro lado parece lógico pensar, que entre los 17.520 valores brutos registrados algunos de ellos manifiestan un comportamiento anómalo. Las principales desviaciones detectadas están relacionadas con registros excesivamente bajos, lo cual es debido a paradas del congelador o las cámaras frigoríficas para su limpieza o mantenimiento. Con el fin de obtener un promedio para cada hora lo más realista posible, se ha decidido eliminar todos aquellos datos cuyo su valor sea un 15% superior o inferior a la media del resto de consumos de esa misma hora del correspondiente día del mismo mes.

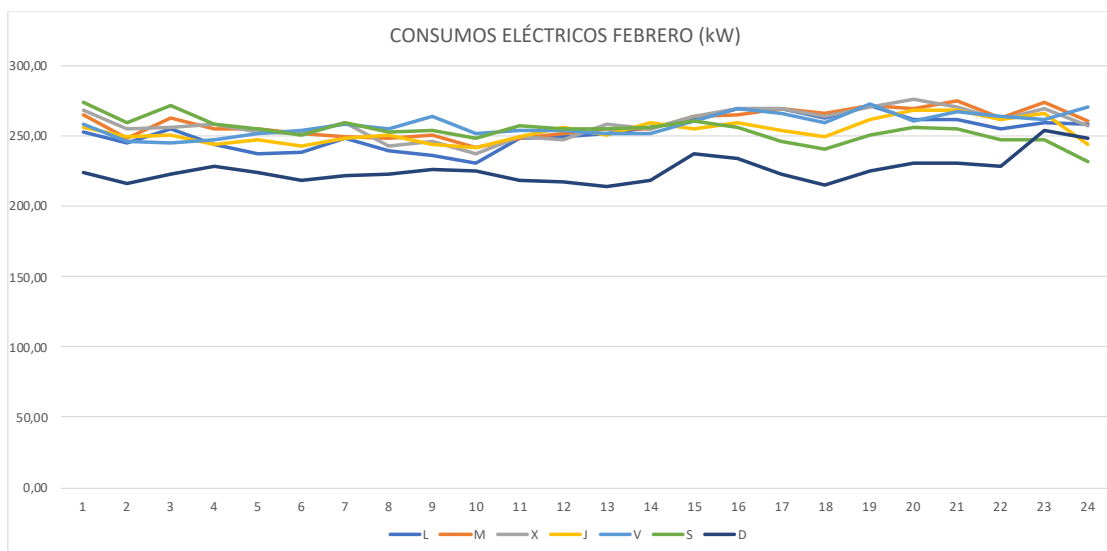
En el mismo *Anejo I* se ha optado por resumir la evolución horaria de los consumos eléctricos tipo en gráficas de barras para cada día de la semana de todos los meses del año con el objetivo de representarlos de una manera más visual y explícita.

Con el objetivo de no saturar este apartado de la memoria de tablas y gráficas se ha decidido añadir únicamente una gráfica por mes, donde se representa la evolución del consumo horario de lunes a domingo de cada mes para ver las similitudes y diferencias de una manera más clara y directa.

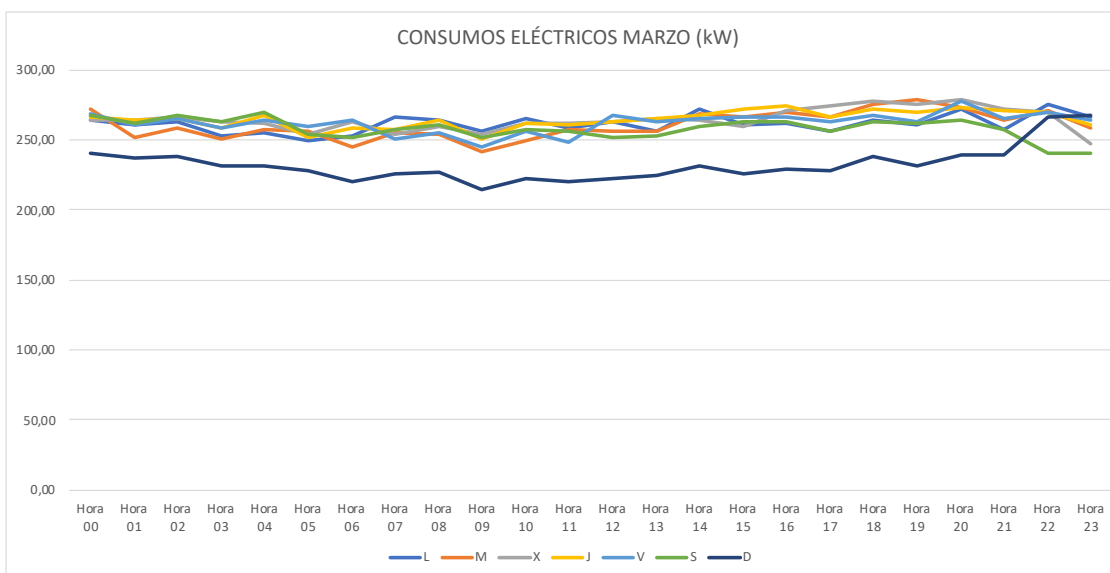
Como se puede observar en todas las gráficas, el consumo horario es prácticamente igual de lunes a sábados de todos los meses, con un rango de valores entre los 250-300 kW, apareciendo las principales diferencias con el consumo de los domingos. La curva de la evolución de consumo de los domingos es la más baja todos los meses, con un rango mayoritario entre los 220-240 kW. Esto es debido a que ese día el centro logístico tiene una actividad menor al resto. Otro aspecto destacable de la interpretación de las gráficas es que el consumo diario es prácticamente plano: todas las horas del día presentan valores muy similares y esto se debe a que el centro de distribución se encuentra operativo las 24 horas del día.



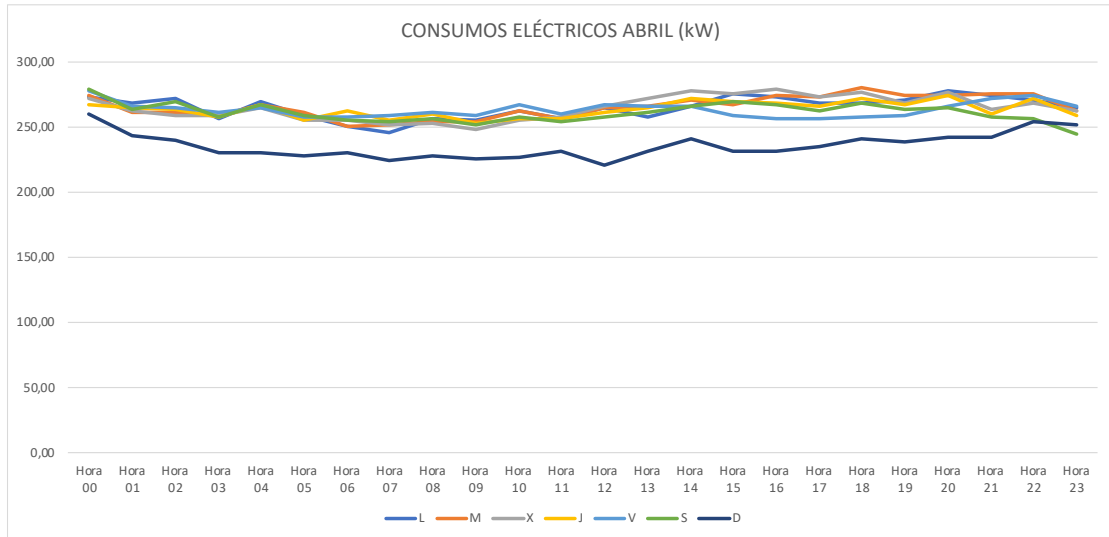
Gráfica 1. Consumos eléctricos diarios enero



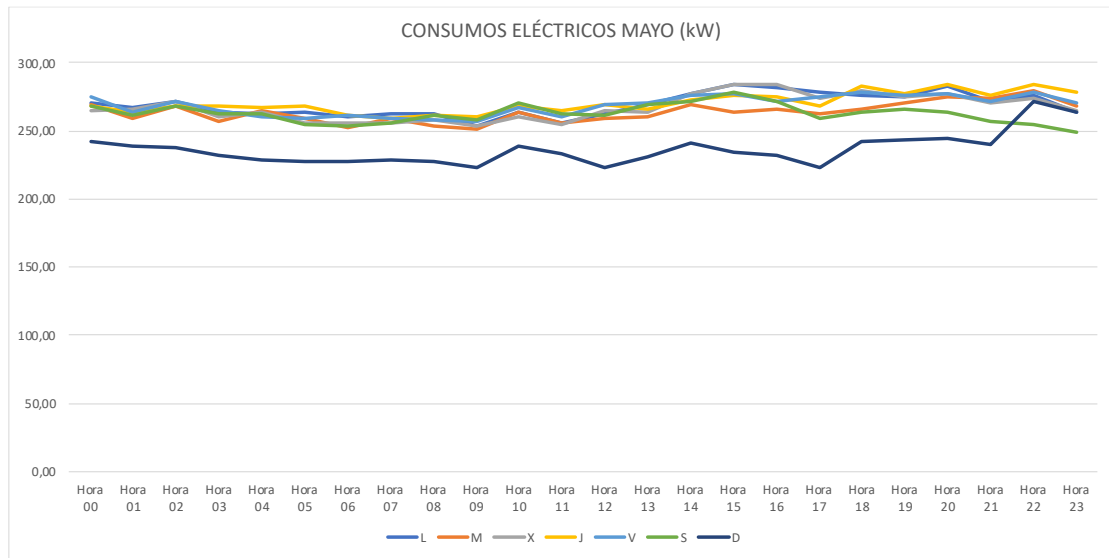
Gráfica 2. Consumos eléctricos diarios febrero



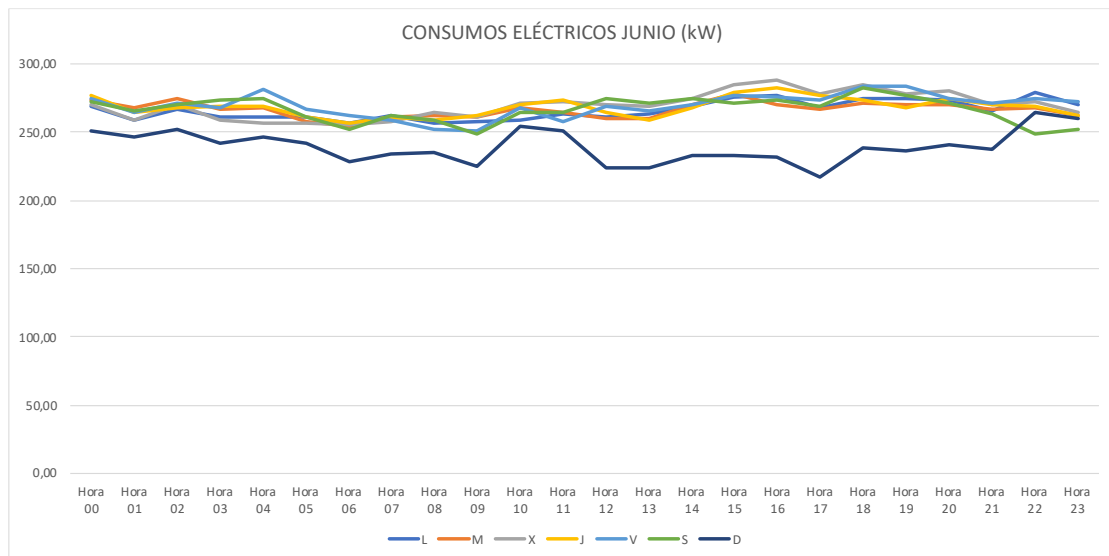
Gráfica 3. Consumos eléctricos diarios marzo



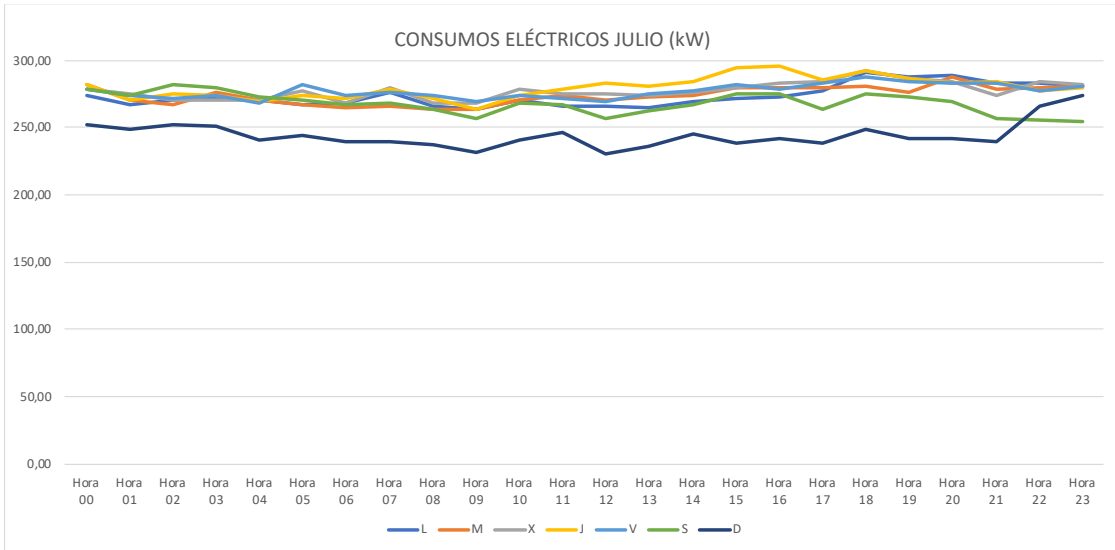
Gráfica 4. Consumos eléctricos diarios abril



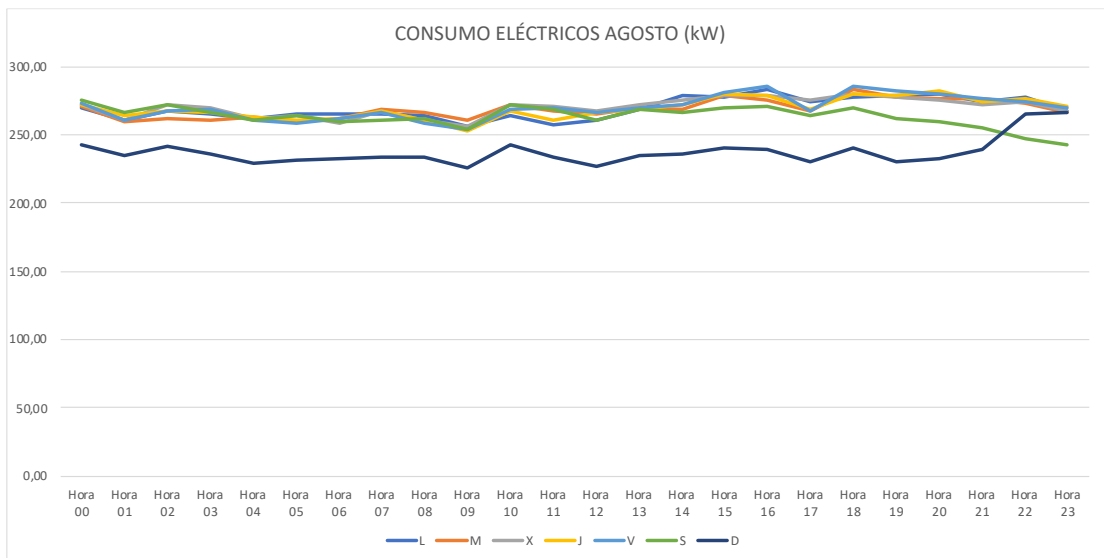
Gráfica 5. Consumos eléctricos diarios mayo



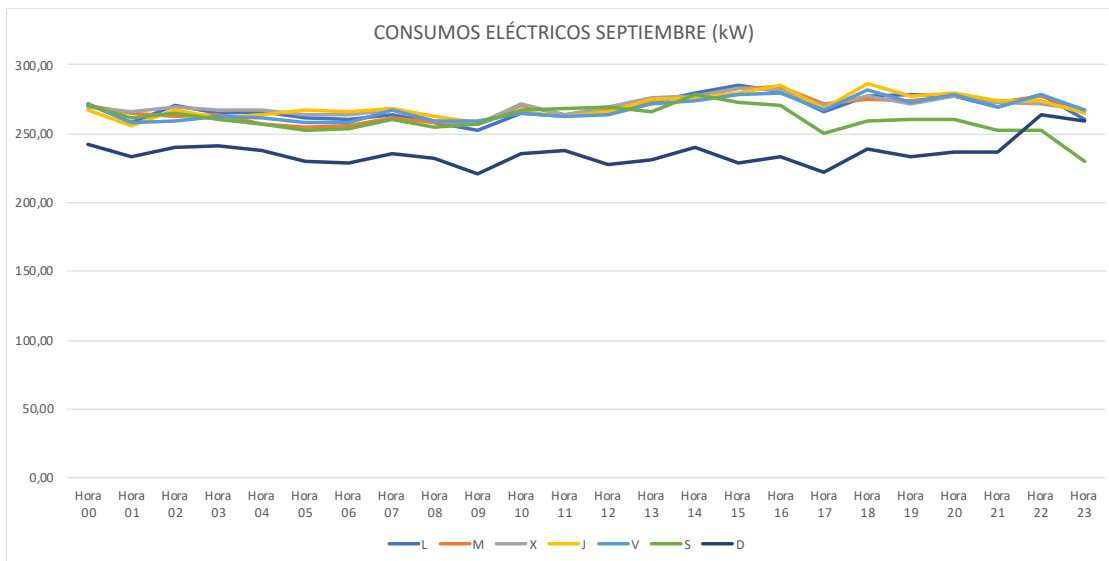
Gráfica 6. Consumos eléctricos diarios junio



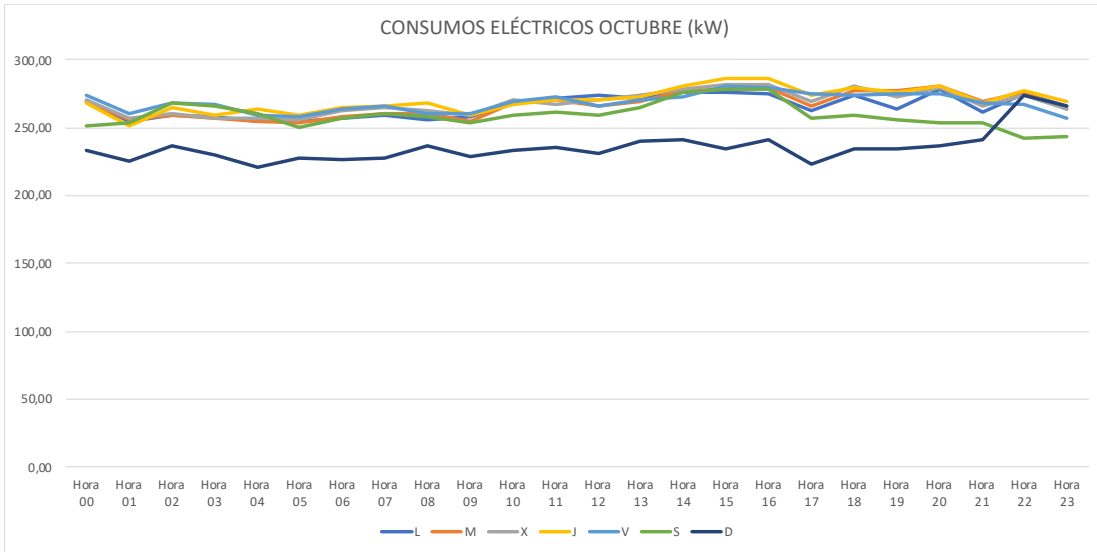
Gráfica 7. Consumos eléctricos diarios julio



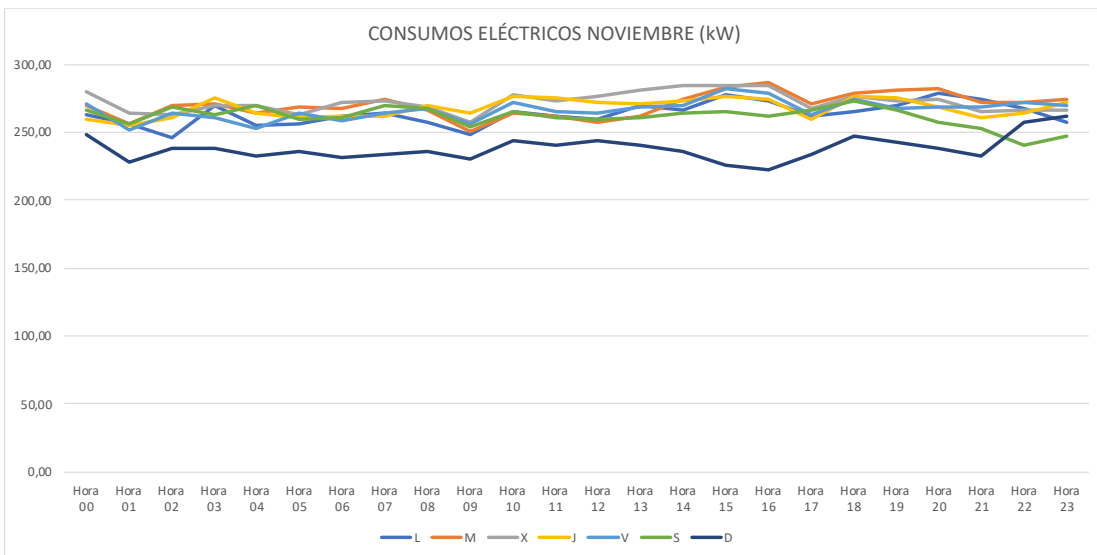
Gráfica 8. Consumos eléctricos diarios agosto



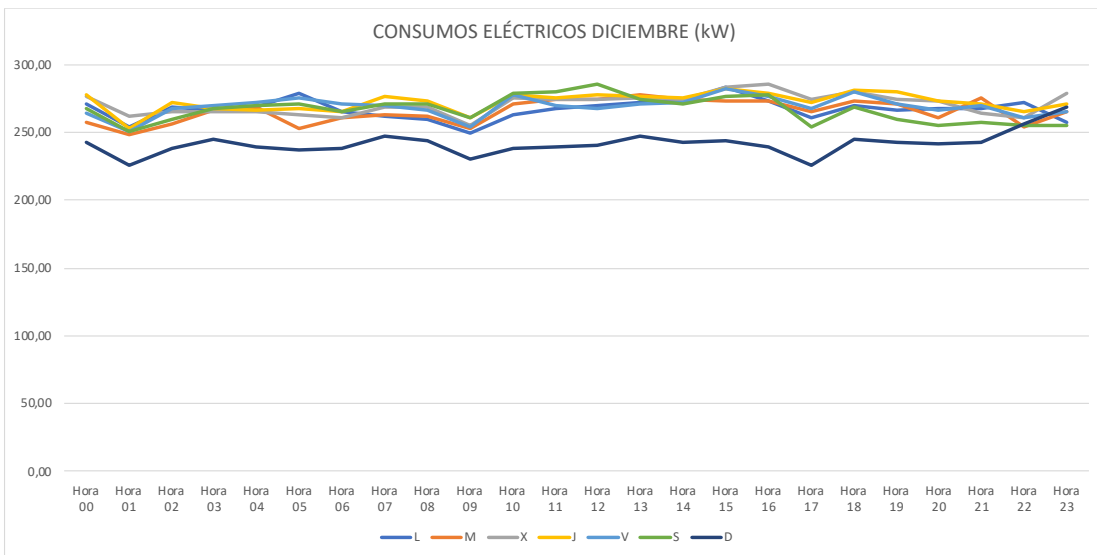
Gráfica 9. Consumos eléctricos diarios septiembre



Gráfica 10. Consumos eléctricos diarios octubre



Gráfica 11. Consumos eléctricos diarios noviembre



Gráfica 12. Consumos eléctricos diarios diciembre

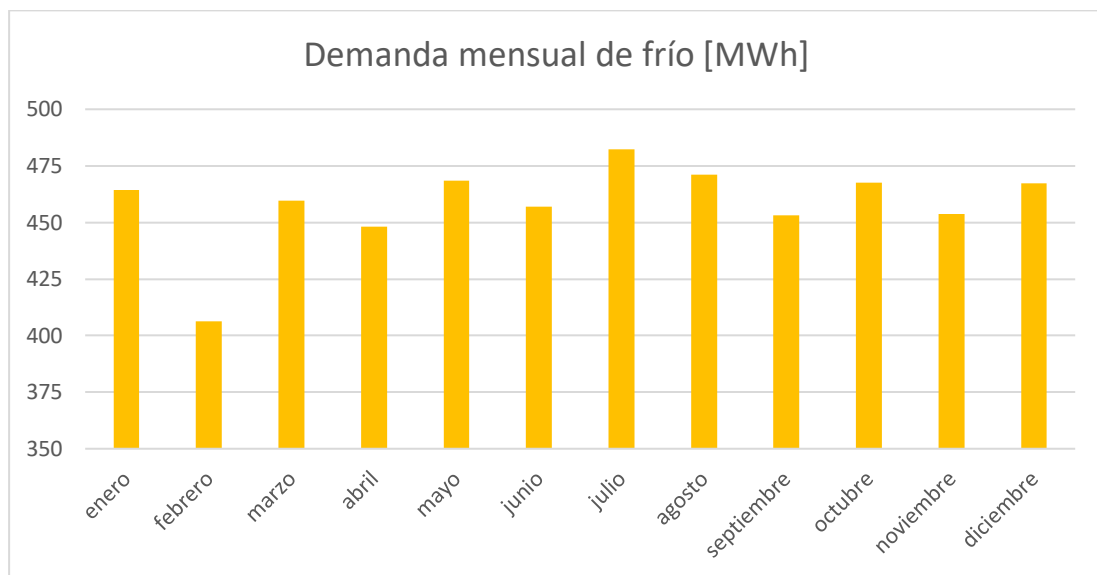
4.3. DEMANDA DE FRÍO

Una vez determinados los consumos horarios tipo, se procede a calcular la demanda de frío del centro de distribución. Para calcularla, en primer lugar, hay que estimar el consumo eléctrico dedicado actualmente para la producción de frío. Desde el centro de distribución han indicado que el 95% del consumo actual es debido a las necesidades de frío de las cámaras frigoríficas y congeladores, mientras que el 5% restante es ocasionado por los usos generales del centro como la iluminación o los equipos informáticos.

Después de haber obtenido la cantidad de electricidad consumida para la producción del frío se procede a determinar la demanda real de los equipos de almacenamiento. Para ello se ha de multiplicar el respectivo consumo eléctrico por la eficiencia de las máquinas de compresión de amoníaco (COP).

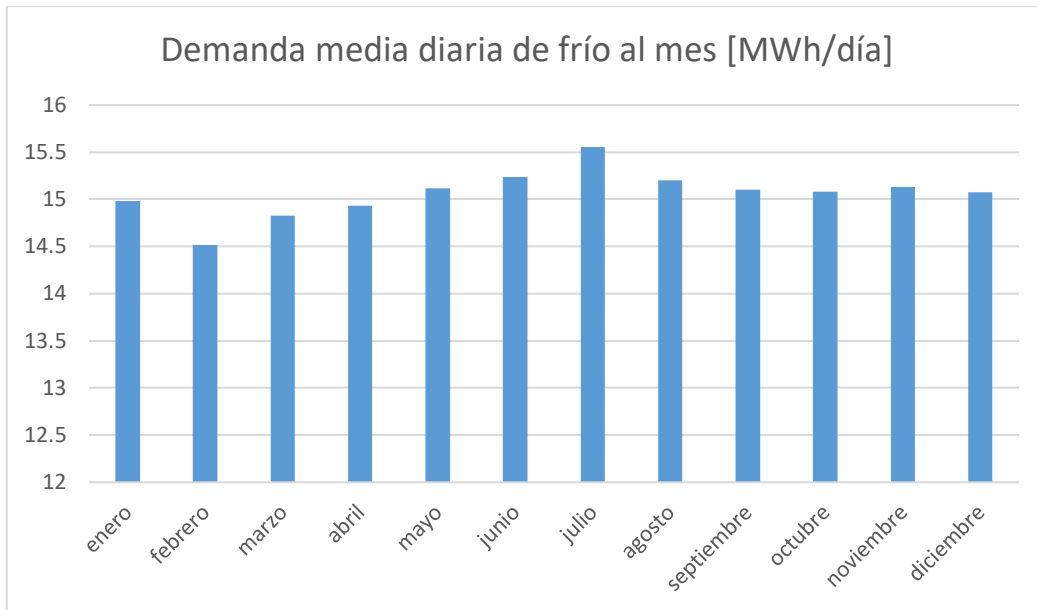
La eficiencia de una máquina de compresión varía en función de las condiciones ambientales. Con el fin de evitar mayores complejidades derivadas de considerar la temperatura ambiente en cada momento, se ha supuesto un COP constante, igual al proporcionado por el catálogo del fabricante (COP=2,53). Esta suposición no tendría apenas repercusión en las conclusiones finales de los diferentes análisis de viabilidad.

En la siguiente gráfica se representa la demanda eléctrica necesaria para la producción de frío para cada uno de los meses del año. Se puede ver cómo esta demanda es muy similar todos los meses del año, siendo el mayor valor de 482 MWh y el menor de 406 MWh en el mes de febrero, debido principalmente al menor número de días de este mes.



Gráfica 13. Demanda mensual para la producción de frío.

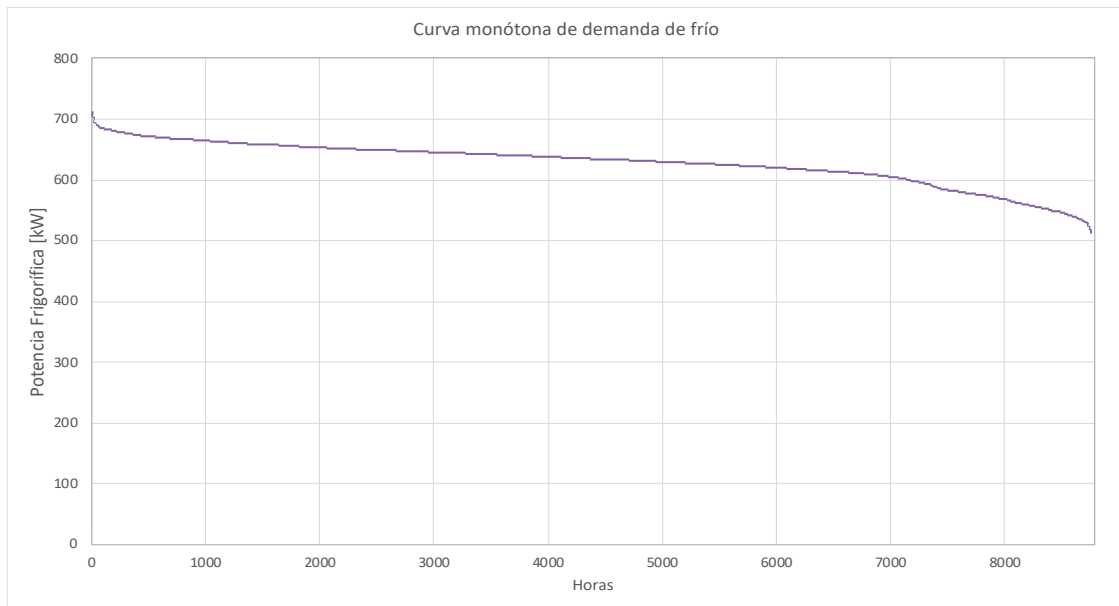
A fin de ser más exacto con los resultados de la demanda de frío mensual, se procede a representar otra gráfica donde se muestra la demanda media diaria de frío para cada mes, ya que la gráfica anterior está muy influenciada por el número de días totales de cada mes. Para ello se divide la demanda total de cada mes por el número de días de dicho período, obteniéndose los siguientes resultados:



Gráfica 14. Demanda media diaria de frío al mes

En esta gráfica se puede ver de forma aún más clara la homogeneidad de la demanda de frío del centro de distribución, siendo el valor más bajo de demanda media diaria para el mes de febrero con un valor de 14,5 MWh/día y la más alta de 15,6 MWh/día para el mes de julio.

Por último, se muestra la curva monótona de la demanda de frío anual donde se aprecia la uniformidad de la misma. La mayoría de las horas del año requieren similares potencias frigoríficas, entre los 600-700 kW y esto es debido a la constante actividad del centro logístico.



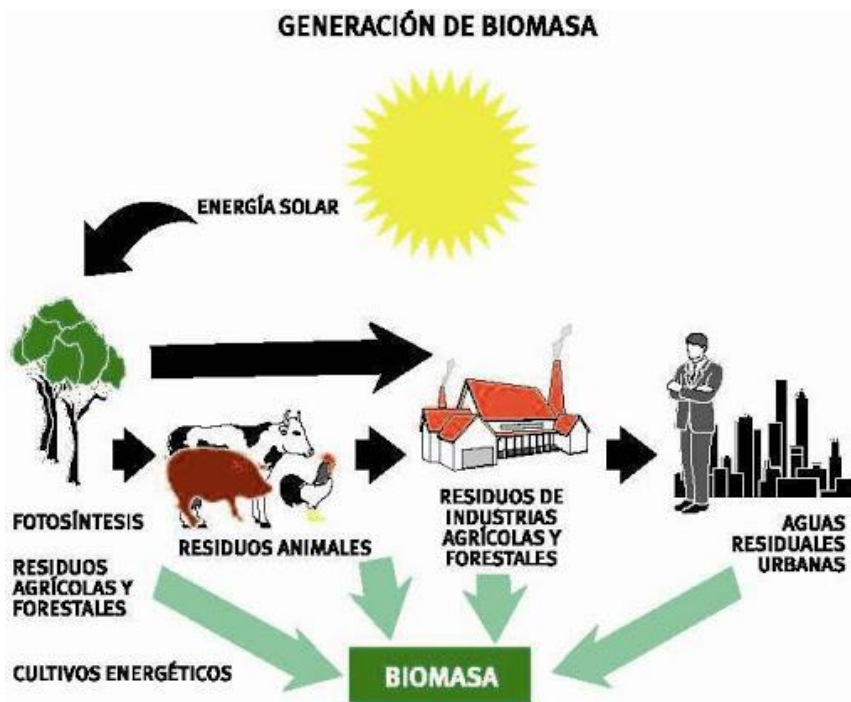
Gráfica 15. Curva monótona de demanda de frío

CAPÍTULO 5. BIOMASA

A lo largo de este capítulo se abordan en primer lugar los conceptos más importantes de la biomasa a nivel genérico, con el objetivo de dar una visión global del gran alcance que representa. En el segundo apartado se va a desarrollar en mayor detalle los fundamentos de la combustión de la biomasa. Por último, se va a resumir cómo afectan las diferentes propiedades físico-químicas de la biomasa al proceso de combustión, ya que es el método que se va a estudiar en este análisis para obtener el calor que aprovechará posteriormente la máquina de absorción para la producción de frío.

5.1. RESUMEN GENERAL DE LA BIOMASA

El concepto de biomasa, en términos energéticos, hace referencia a toda materia orgánica susceptible de ser empleada como fuente de energía. El ciclo de la biomasa tiene su origen en la transformación de la energía solar en energía química por medio de la fotosíntesis que realizan las plantas. Dicha energía química se almacena como materia orgánica que posteriormente se recuperará mediante el empleo de diferentes métodos. La materia orgánica disponible para biomasa es muy variada: residuos agrícolas (poda forestal, huesos de aceitunas, cáscaras de frutas, etc.), residuos ganaderos, madera, residuos orgánicos de la actividad humana, etc.



Fuente: IDAE

Imagen 6. Ciclo de la biomasa. Fuente: Opex Energy

Las principales alternativas para transformar la biomasa en energía útil se encuentran bajo el paraguas de los siguientes dos grupos:

- Métodos termoquímicos: los cuales emplean el calor con el fin de transformar la biomasa, destacando principalmente: combustión, co-combustión, pirólisis y gasificación.
- Métodos bioquímicos: necesitan microorganismos para eliminar los residuos de la biomasa. Resaltar la fermentación alcohólica y la fermentación metánica.

Una vez se aplica alguno de los métodos anteriores a la biomasa, se obtiene energía en alguna de las siguientes formas, dependiendo de la tecnología utilizada:

- Energía térmica: es la más común de todas ya que se puede obtener directamente a través de la combustión y permite generar calor e incluso vapor.
- Energía eléctrica: es el proceso más extendido gracias a la combustión de la biomasa, con la que se genera calor para posteriormente producir electricidad en un ciclo de vapor por medio de una turbina y un generador eléctrico.
- Producción de biogás: para obtener dicho combustible es necesaria la gasificación de la biomasa a bajos niveles de oxígeno para generar un gas inflamable, el cual se quema con el fin de conseguir calor. También se podría generar electricidad a partir de este gas usando un motor de gas.
- Producción de biocombustibles: esta opción sirve como alternativa a los combustibles tradicionales, entre los que destacan el bioetanol y el biodiesel.

Una vez se ha realizado una primera aproximación de cómo obtener energía a partir de la biomasa y sus principales características, queda por detallar si se trata de una fuente de energía renovable y limpia, discusión muy vigente en la actualidad.

No hay duda en considerar la biomasa como una energía renovable, así la califican las propias Naciones Unidas, ya que la materia orgánica se repone constantemente. Sin embargo, no hay el mismo consenso a la hora de hablar de ella como energía limpia ya que su combustión emite gases contaminantes, que contribuyen al efecto invernadero y al consiguiente cambio climático. Parece lógico pensar que un uso racional y sostenible de la biomasa es notablemente menos contaminante que el empleo de los combustibles fósiles, llegando incluso a alcanzarse balances de CO₂ favorables, cuando el CO₂ emitido a la atmósfera es menor al absorbido por la materia orgánica original.

Por último, se procede a resumir las principales ventajas e inconvenientes del uso de la biomasa como combustible.

VENTAJAS:

1. Fuente de energía renovable.
2. Menos contaminante que las fuentes de energía convencionales si se trabaja de una forma sostenible con ella, alcanzándose balances de CO₂ neutros e incluso, en determinadas situaciones, favorables.
3. Su combustión no genera contaminantes sulfurados ni nitrogenados.
4. Revalorización energética de residuos agrícolas, ganaderos, industriales, urbanos, etc.

5. Tecnología madura, sobre todo las calderas de biomasa que presentan elevados rendimientos y gran variedad de posibles combustibles.
6. Impide la erosión y degradación del suelo gracias a los cultivos energéticos.
7. Potencia la economía de zonas rurales.
8. Disminución de la dependencia de combustibles fósiles.

INCONVENIENTES:

1. Grandes espacios para el almacenamiento de la biomasa.
2. Dependiendo del tipo de biomasa, puede ser necesario un proceso de adecuación complejo: limpieza, secado, calibrado, triturado, manipulado, etc.
3. Rendimientos de las calderas de biomasa inferiores a las de combustibles fósiles y mayor formación de cenizas.
4. Menor eficiencia de los biocombustibles comparada con los combustibles tradicionales.
5. La producción de biogás y biocombustibles requiere procesos complejos.
6. Una mala gestión y explotación favorece la deforestación y destrucción del medio ambiente.
7. No hay un consenso evidente para considerarla energía limpia.

5.2. PROCESO DE COMBUSTIÓN DE LA CALDERA DE BIOMASA

Como ya se ha comentado previamente, el proceso seleccionado para generar calor gracias a la biomasa es la combustión por medio de una caldera de biomasa. Una caldera es un sistema empleado para el calentamiento de un fluido (agua, vapor, aceite, aire, etc.) a partir de una fuente de energía. En este caso la fuente de calor es consecuencia de la combustión de los combustibles residuales estudiados.

El calor generado en la caldera de biomasa tiene su origen en la transformación de la energía química del combustible en energía calorífica gracias a la combustión. Este calor liberado es igual a la suma del calor generado por convección y radiación en la cámara de combustión. El calor generado se podrá aprovechar directamente en cualquiera de sus formas (agua caliente, agua sobrecalentada, vapor saturado, vapor sobrecalentado o fluido térmico) en función del tipo de caldera seleccionada. Otra opción sería emplearlo para la producción de electricidad. Ambas opciones se representan de manera esquematizada en la Imagen 7.

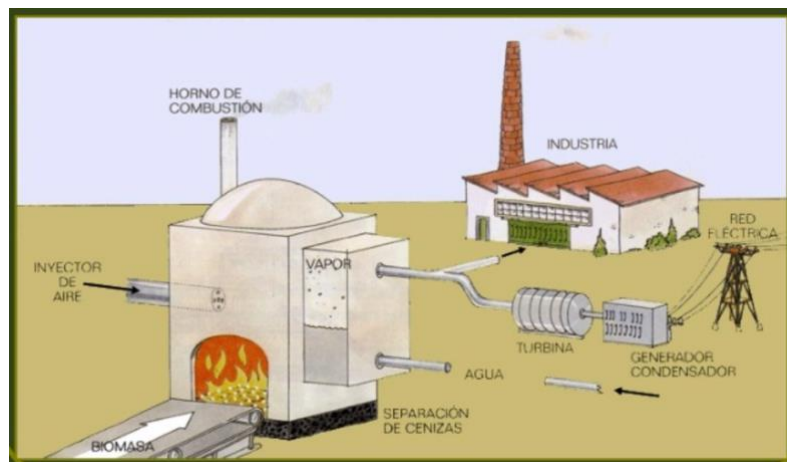


Imagen 7. Combustión de la biomasa. Fuente: SlideShare

Profundizando un poco más en cómo se genera el calor, destacar que en el interior de la caldera se cumple el principio de conservación de la energía, mediante el cual se demuestra que la cantidad de energía química suministrada por el combustible ha de ser igual al calor liberado en la caldera de combustión. La ecuación simplificada que rige el principio de conservación de la energía en una caldera es la siguiente:

$$\dot{m}_f H_p = \Delta \dot{H}_{\text{fluido}} + \dot{Q}_{\text{gesc}} + \sum \text{pérdidas}$$

Ecuación 1. Principio de conservación de la energía en una caldera

Donde:

- $m_f H_p$: representa la energía aportada por los combustibles igual al producto de la cantidad del mismo (kg) por su poder calorífico inferior (KJ/kg).
- ΔH_{fluido} : diferencia de entalpía del fluido a la entrada y a la salida.
- Q_{gesc} : pérdidas generadas por los gases de escape, normalmente entre un 8-18%.
- \sum pérdidas: otras pérdidas como las ocasionadas por las paredes, el entorno o los inquemados, bastante menores a las pérdidas por gases de escape y suelen representar el 2% del total. Es necesario señalar que en el caso de una caldera de biomasa que emplee combustibles sólidos, este término puede ser algo mayor debido a la mayor cantidad de inquemados.

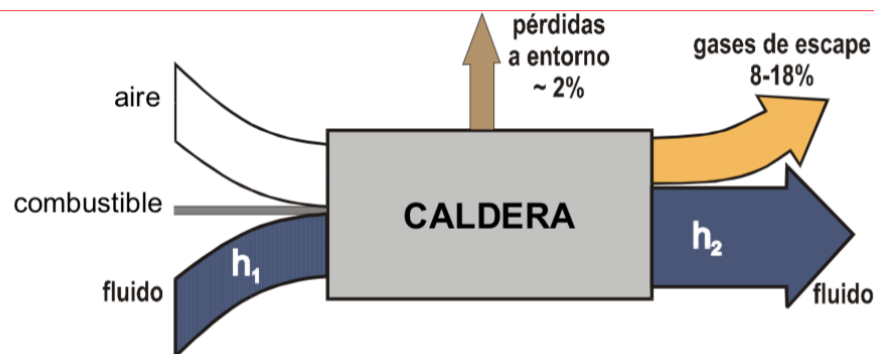


Imagen 8. Principio de conservación de la energía en una caldera

5.3. EFECTOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS EN LA COMBUSTIÓN DE LA BIOMASA

El objetivo principal de este apartado es profundizar en las propiedades que influyen y condicionan el uso de la biomasa como combustible. Como principal fuente de información al respecto se ha utilizado el siguiente artículo de la revista *Applied Thermal Engineering*:

AL-SHEMMERI, T., YEDLA, R. & WARDLE, D. (2015). "Thermal characteristics of various biomass fuels in a small-scale biomass combustor". *Applied Thermal Engineering*, vol 85.

Inciendiando en lo comentado en el epígrafe anterior, existe una gran variedad de tipos de biomasa, lo que da lugar a que haya una amplia gama de propiedades físico-químicas que intervienen en su combustión, aunque se pueden destacar como las más influyentes la humedad, el contenido orgánico e inorgánico, el tamaño, la forma y densidad de las partículas.

HUMEDAD

Para poder utilizar la biomasa como combustible es necesario, normalmente, secarla previamente para alcanzar los niveles de humedad adecuados. El proceso de secado puede ser natural (muy largo en el tiempo, entre 12 y 24 meses) o artificial empleando una fuente de “calor”.

El objetivo al reducir la humedad es evitar que se absorba energía debido a la liberación de vapor de agua, que aumenta cuanto mayor es la humedad de la biomasa empleada, lo que deriva en una disminución del poder calorífico del combustible, aspecto negativo para su combustión.

Otros aspectos perjudiciales de la humedad en la combustión son el aumento de tiempo y energía necesarios para la ignición, la reducción del espacio de la llama o una mayor generación de partículas en el intercambiador de calor.

CONTENIDO QUÍMICO DE LA BIOMASA

Este factor influye principalmente en la desvolatilización de la biomasa (liberación de los componentes gaseosos del combustible a medida que se calienta el combustible sólido) en función de su cantidad de materia volátil y su composición. La materia no volátil es esencialmente material lignocelulósico, llegando a representar el 80% de la masa total. Este material está compuesto por celulosa y lignina.

El porcentaje de los anteriores componentes determina en gran medida el proceso de desvolatilización para cada biomasa. La celulosa favorece que este proceso sea más rápido, por lo que los materiales con mayor porcentaje de celulosa presentan una mayor tasa de combustión, mientras que los materiales con mayor contenido de lignina producen más cantidad de energía.

CENIZAS

Esta propiedad tiene su origen en la transformación de la parte inorgánica de la biomasa en ceniza tras su oxidación. Los elementos más comunes en las cenizas son el Silicio, Calcio, Magnesio, Potasio, Sodio y Fósforo.

El principal problema de la generación de cenizas es la deposición de las partículas más pesadas en las superficies de los intercambiadores de calor lo que afecta a la transmisión de calor entre los gases de la combustión y el intercambiador de calor, así como la emisión de las partículas más ligeras con los gases de escape.

TAMAÑO Y FORMA DE LAS PARTÍCULAS

En primer lugar hay que diferenciar entre las partículas de la biomasa natural sin procesar, que presentan formas irregulares, y las partículas de los materiales procesados como pellets con tamaños y formas más regulares, como se puede apreciar en la Imagen 9.

El factor principal derivado del tamaño y forma de las partículas es la relación superficie/volumen, siendo para la biomasa normalmente es más elevada que para el carbón, lo que implica una mayor velocidad de las tasas de transferencia de calor y masa.

El tamaño de las partículas influye principalmente en la transferencia de calor y masa entre los gases de combustión y el medio exterior, la absorción de radiación de las llamas, la fluidez del lecho para facilitar la entrada de los gases y la tasa de combustión de las partículas.

Por otro lado, la forma de la partícula tiene influencia tanto en la superficie expuesta a radiación como en las reacciones químicas. Para este estudio se han analizado tres formas de partículas: escamas, cilindro y casi esféricas, llegando a concluir que las partículas con forma de escama generan más rápido gases volátiles y que a mayor esfericidad mayores gradientes de concentración térmica y de masa.



Imagen 9. Diferentes tipos de combustibles de biomasa. Fuente: Grupo CPG

Resumiendo, a la hora de elegir un tipo de biomasa para utilizar en una caldera de biomasa se ha de buscar una baja humedad, un alto poder calorífico, una baja producción de cenizas, partículas pequeñas y de forma uniforme.

CAPÍTULO 6. OPORTUNIDAD: USO DE COMBUSTIBLES RESIDUALES

6.1. ECONOMÍA CIRCULAR

La esencia del presente TFM es la búsqueda de utilidades positivas, tanto económicas como medioambientales, derivadas de la incorporación de unos residuos muy comunes en la hostelería y restauración, como son el aceite usado y los restos de café, a un sistema de generación de frío que permita darles una nueva utilidad tras su uso en el sector servicios.

Esta idea está muy vinculada con la economía circular, cuya definición según el Parlamento Europeo es: “Modelo de producción y consumo que implica compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes todas las veces que sea posible para crear un valor añadido. De esta forma, el ciclo de la vida de los productos se extiende.”

El objetivo final de esta estrategia es sustituir un modelo de economía lineal tradicional cimentado en la idea de “usar y tirar” por el referido modelo de economía circular. Se pretende conseguir el máximo aprovechamiento de las materias primas y reducir la generación de residuos a los niveles más bajos posibles. Hoy en día, según el Banco Mundial, se producen anualmente en el planeta unos 1.300 millones de toneladas de residuos provenientes de la actividad económica y del consumo de los hogares.



Imagen 10. Economía circular. Fuente: Parlamento Europeo

La potenciación e implementación de este modelo de producción y consumo sostenible es fundamental desde un punto de vista económico y sobre todo medioambiental por sus efectos positivos derivados del ahorro energético, la disminución del consumo de materias primas y el descenso de la generación de residuos. Destacar otros de los muchos beneficios que aporta la economía circular:

- Optimización de la economía.
- Creación de empleo.
- Asegurar el abastecimiento de recursos esenciales.
- Aparición de nuevos nichos de mercado y potenciación de la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i).
- Lucha contra el cambio climático y reducción de sus impactos.
- Mejora de la calidad de vida.

En línea con los principios de este modelo de economía, este trabajo plantea una idea innovadora en el ámbito de la gestión de residuos derivados del uso alimentario del café y el aceite. Fruto de la colaboración con la empresa internacional de recolección de residuos GreenSide Solutions y uno de los centros de distribución de productos alimenticios con los que trabaja, surge la investigación sobre la viabilidad de la utilización del aceite residual y el poso de café para la producción del frío requerido para el almacenamiento de alimentos en el centro logístico, mediante la instalación de una caldera de biomasa y una máquina de absorción. Dicho centro logístico es el lugar de inicio del ciclo del aceite y café que continuará en los diferentes restaurantes, hoteles, cafeterías, etc. donde se le da su uso tradicional y de donde posteriormente se recogen sus restos, los cuales se dirigirán de nuevo al centro de distribución para generar el frío necesario para la conservación de ciertos alimentos, con lo cual se cierra el círculo, como se puede apreciar en la siguiente imagen:

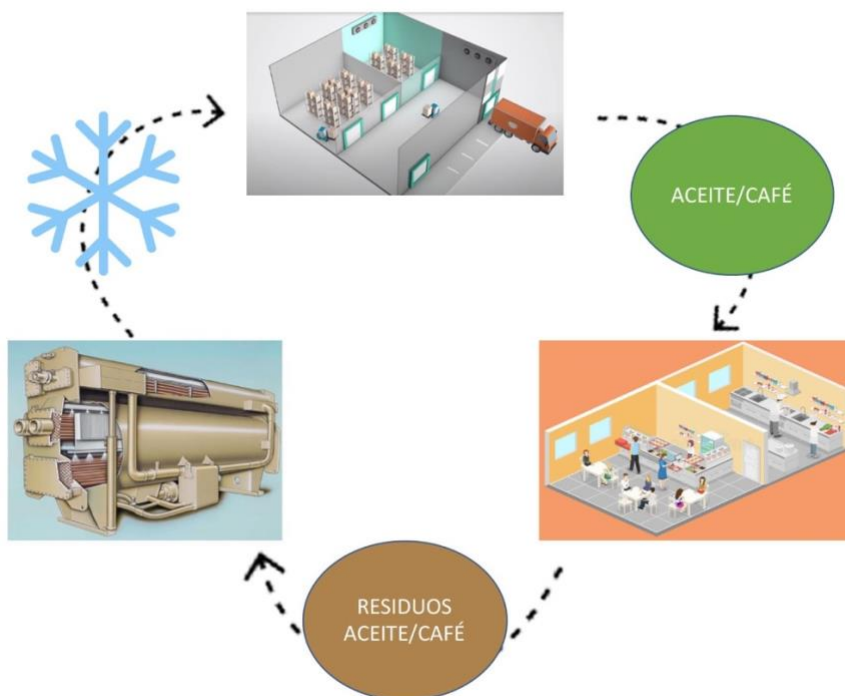


Imagen 11. Economía circular para el presente trabajo

6.2. ACEITE

La idea de utilizar diferentes combustibles residuales en una caldera de biomasa con el fin de obtener energía con la que producir frío para las cámaras de refrigeración y congeladores del centro de distribución, nace a raíz de buscar nuevas líneas de negocio para la empresa GreenSide Solutions, cuya actividad principal en la actualidad es la recolección de aceite usado de las cocinas de numerosos locales de hostelería para su venta a fabricantes de biodiésel.

Antes de explicar la utilidad planteada para el aceite usado en este proyecto, se procede a describir brevemente el proceso de aprovisionamiento y distribución del mismo. En primer lugar, GreenSide acuerda con diferentes empresas del sector de la hostelería la recogida de su aceite usado por medio de contenedores como el mostrado en la Imagen 12. El hecho diferencial de este sistema de recolección se encuentra en la automatización de los contenedores, contando cada establecimiento con uno de ellos en sus instalaciones.

Estos contenedores herméticos de 200 litros de capacidad disponen de diferentes sensores que permiten controlar la cantidad de aceite almacenado, avisar directamente a la empresa recolectora para pasar a recogerlos, la realización de informes estadísticos y registros de medidas entre otras opciones.

Una vez llega el aviso de recogida a GreenSide, un camión recolector acude al establecimiento en cuestión para vaciar el bidón y es vertido en una cuba de recolección para su correcto transporte al centro de tratamiento del aceite. Una vez alcanzado cierto volumen, el producto es distribuido entre distintos clientes en función de su demanda.



Imagen 12. Contenedor de aceite usado. Fuente: GreenSide

Tras la somera descripción de la actividad que se realiza actualmente con el aceite usado, se procede a exponer una posible alternativa para la cual se realizará un estudio de viabilidad con el fin de averiguar si sería más rentable que la opción vigente. Esta idea de nuevo uso es la utilización, ya comentada previamente, de dicho aceite para la producción de frío por medio de una caldera de combustibles líquidos y una máquina de absorción. Para poder realizar un correcto análisis de viabilidad del uso del aceite residual como combustible para la caldera, es fundamental conocer las siguientes características:

- Cantidad disponible mensual de aceite usado tras su filtración y decantación, con la consiguiente aportación de valor añadido: 150 toneladas. Equivale a unos 167.000 litros de aceite usado, suponiendo una densidad relativa del aceite de 900 kg/m³.
- Poder calorífico inferior: 38 MJ/kg según estudios realizados por GreenSide Solutions y corroborado por la *Guía Técnica para la utilización energética de los aceites vegetales del Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agropecuaria (Cirad)*.
- Precio: 450 €/tonelada. Dato aportado por GreenSide obtenido a partir del coste de oportunidad de vender el aceite usado para la elaboración de biodiésel una vez ha sido filtrado y decantado.

6.3. CAFÉ

La decisión de incorporar el análisis de viabilidad del uso de poso de café como combustible para la caldera de biomasa, es fruto de la apertura de una nueva línea de negocio por parte de GreenSide Solutions en la búsqueda de sinergias vinculadas al negocio principal de la recolección del aceite residual.

Actualmente GreenSide tiene acordado con diferentes empresas de la hostelería la recolección de unas 70 toneladas mensuales de restos de café, una cantidad lo suficientemente importante para buscarle una solución viable energéticamente con el propósito de obtener beneficios económicos y medioambientales. En esta línea, la empresa contempla dos alternativas a la hora de darle uso a los posos de café:

- Producción de frío para el centro de distribución aprovechando los posos de café directamente en la caldera de biomasa. Esta posibilidad es la analizada en el presente trabajo.



Imagen 13. Posos de café secados para su uso directo en caldera de biomasa. Fuente: Energías-renovables

- Su venta para la fabricación de pellets de café. Esta opción marcará el coste de oportunidad de la tonelada de los posos de café para el correspondiente análisis de viabilidad realizado a lo largo del TFM.



Imagen 14. Pellets de posos de café. Fuente: Ecoinventos

Como se puede apreciar, ambas alternativas están muy vinculadas entre sí, ya que su finalidad es la utilización de los restos de café como biocombustible: una de ellas aprovechándolos directamente en una caldera de biomasa y la otra transformándolos en pellets para su comercialización.

El motivo por el cual se ha decidido plantear estas dos opciones, son las buenas características energéticas que presentan los posos de café, acorde a la información publicada por diferentes investigaciones, y al inicio de su uso como biocombustibles, como es el caso de la multinacional Nestlé que tiene previsto aprovechar 45.000 toneladas de posos de café al año para la producción de vapor por medio de una caldera de biomasa en su fábrica de Girona, con una inversión entorno a los 17 millones de euros.

Profundizando en la primera de las opciones planteadas y empleando como fuente de información el *IDAE*, las principales características energéticas para realizar un correcto análisis de viabilidad del uso de los posos de café como biocombustible son las siguientes:

- Poder calorífico inferior: 27.214 MJ/t = 7,56 kWh/kg
- Porcentaje de posos de café perdidos durante el proceso de secado de los mismos para obtener una humedad óptima: 20%.

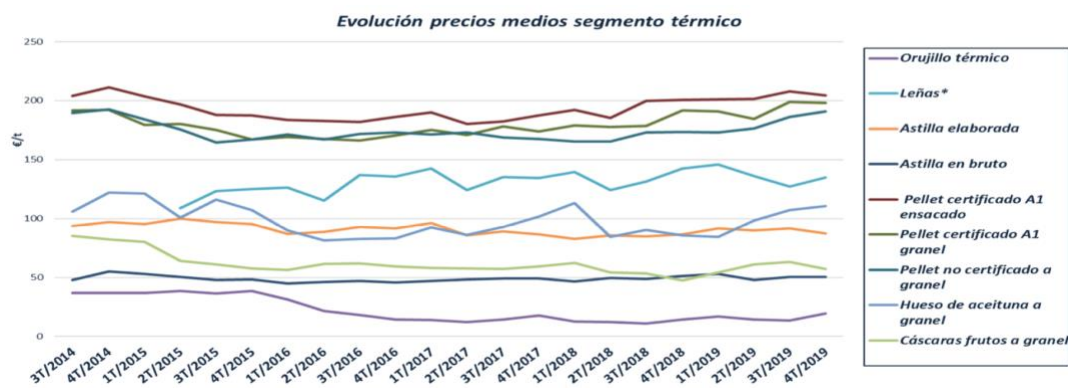
Cabe destacar el alto poder calorífico que presentan los posos de café en comparación con otros tipos de biomasa como la leña (15,91 MJ/t), el orujillo (15.826 MJ/t), los pellets de madera (18,084 MJ/t) o la cáscara de frutos secos (15.533 MJ/t). Según el *Informe de poderes caloríficos inferiores* del *IDAE*, el único combustible de biomasa con un poder calorífico superior al de los posos de café es el carbón vegetal, con un valor de 32.006 MJ/t y establece el poder calorífico inferior medio para la biomasa en general en 14.160 MJ/t, como se puede apreciar en la siguiente tabla obtenida del propio informe.

Tipo de combustible		PCI (MJ/t)	PCI (kWh/kg)	PCI (kcal/kg)	PCI (tep/t)
Biomasa	Biomasa en general	14.160	3,933	3.384	0,3382
	Leña y ramas	15.910	4,419	3.803	0,3800
	Leñas tallares	10.467	2,908	2.502	0,2500
	Leñas de podas	10.467	2,908	2.502	0,2500
	Leñas de olivos y cultivos agrícolas	10.467	2,908	2.502	0,2500
	Serrines y virutas	15.826	4,396	3.783	0,3780
	Cortezas	15.282	4,245	3.652	0,3650
	Astilla de pino triturada (Humedad <20%)	15.105	4,196	3.610	0,3608
	Residuos de poda	15.701	4,361	3.753	0,3750
	Otros residuos forestales	13.858	3,850	3.312	0,3310
	Biomasa de la industria forestal	14.641	4,067	3.499	0,3497
	Biomasa agrícola	12.560	3,489	3.002	0,3000
	Sarmientos de vid	13.733	3,815	3.282	0,3280
	Ramilla de uva	12.351	3,431	2.952	0,2950
	Hueso de aceituna	16.161	4,489	3.863	0,3860
	Orujillo	15.826	4,396	3.783	0,3780
	Orujo de uva	13.565	3,768	3.242	0,3240
	Cáscara de frutos secos	15.533	4,315	3.712	0,3710
	Cáscara de cereales	13.188	3,663	3.152	0,3150
	Cáscara de almendra (Humedad <20%)	15.944	4,429	3.811	0,3808
	Paja de cereales	13.230	3,675	3.162	0,3160
	Zuro de maíz (Humedad <25%)	16.280	4,522	3.891	0,3888
	Otros residuos agrícolas	13.858	3,850	3.312	0,3310
	Poso de café	27.214	7,560	6.504	0,6500
	Marro de café	25.121	6,978	6.004	0,6000
	Residuo molienda de café	8.164	2,268	1.951	0,1950
Pellets en general	16.496	4,582	3.943	0,3940	
Pellet de madera (Humedad <15%)	18.084	5,023	4.322	0,4319	
Carbón vegetal	32.006	8,891	7.650	0,7644	
Biocarburantes y biocombustibles líquidos	Bioetanol	27.000	7,500	6.453	0,6449
	Biodiesel	38.032	10,564	9.090	0,9084
	Otros biocombustibles líquidos	37.152	10,320	8.880	0,8874

Tabla 1. Poderes caloríficos inferiores de la biomasa. Fuente: IDAE

La segunda característica busca obtener la mejor calidad posible de los posos de café como combustible. Para ello se han de someter a un proceso de secado, calibrado y limpieza mediante el cual se elimina la parte con menor aprovechamiento energético y se reduce su humedad con el fin de conseguir un combustible limpio, seco y homogéneo. Se estima que a lo largo de todo este proceso se pierde aproximadamente un 20% de la base original, lo que supone que de cada kilogramo de restos de café recogido se podrán aprovechar energéticamente 800 gramos.

A la hora de estimar el coste de oportunidad de los posos de café derivado de su venta como materia prima para la fabricación de pellets, se ha utilizado la información publicada en el último Informe de Precios de la Biomasa para Usos Térmicos del 4º Trimestre de 2019 publicado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). En éste se muestra la evolución de los precios (€/tonelada) de los combustibles de biomasa más comunes en España, resumidos en la siguiente tabla y gráfica.



Gráfica 16. Evolución del precio medio de la biomasa. Fuente: IDAE

Precios en €/t	1T/2016	2T/2016	3T/2016	4T/2016	1T/2017	2T/2017	3T/2017	4T/2017	1T/2018	2T/2018	3T/2018	4T/2018	1T/2019	2T/2019	3T/2019	4T/2019
Pellet certificado A1 ensacado	183,62	182,69	181,99	186,12	189,95	180,23	182,25	187,62	192,27	185,16	199,64	200,43	200,95	201,50	207,91	204,47
Pellet certificado A1 a granel	169,21	167,62	166,16	170,25	175,15	171,00	178,17	174,03	179,04	177,86	178,55	191,77	190,84	184,59	199,05	198,00
Pellet no certificado a granel	171,37	166,94	171,77	173,02	171,30	172,86	168,56	167,37	165,16	165,48	172,86	173,46	172,91	176,25	186,25	190,88
Leñas*	126,35	115,16	136,77	135,70	142,66	124,11	135,16	134,33	139,62	124,15	131,39	142,59	146,00	136,16	127,18	134,72
Astilla elaborada	86,88	88,69	93,00	91,56	96,28	85,64	89,17	86,69	82,78	85,70	84,80	86,44	91,54	89,67	91,67	87,47
Hueso de aceituna a granel	89,94	81,59	82,59	83,03	92,37	85,97	92,74	101,88	113,40	84,20	90,13	85,43	84,51	98,57	107,28	110,81
Cáscaras frutos a granel	56,21	61,35	61,71	59,16	58,27	57,54	57,05	59,15	62,50	54,08	53,53	47,32	54,09	61,23	63,00	57,12
Astilla en bruto	45,07	46,17	47,15	45,69	46,83	48,32	49,25	48,97	46,73	49,65	48,90	51,24	52,79	48,00	50,29	50,35
Orujillo	31,22	21,68	18,03	14,25	13,93	12,46	14,43	17,95	12,72	12,16	10,88	14,43	17,13	14,20	13,50	19,50

Tabla 2. Evolución del precio medio de la biomasa. Fuente: IDAE

Los precios mostrados para los pellets y productos a granel son “en punto de entrega” (al consumidor final), mientras que para el resto de las materias ensacadas es el precio que está pagando el distribuidor minoritario. Todos los precios mostrados son sin IVA, excepto el de la leña que sí lo incluye.

Se puede observar como el precio de los posos de café para su uso como combustible residual no está incluido. Esto se debe a que en la actualidad esta alternativa no está muy extendida en España, a diferencia de lo que ocurre en otros países como Reino Unido o Italia. Por lo tanto, se ha tenido que hacer una estimación del posible beneficio que podría obtener la empresa vendiendo los posos de café como materia prima a fábricas de pellets. Para ello, se ha contactado con diferentes empresas del sector y han comunicado que se suele pagar entre un 15 y un 25% del precio final de venta a los proveedores de la materia prima en bruto.

Con una perspectiva más conservadora, se ha supuesto que los pellets de posos de café se podrían vender a un precio similar al de los pellets con certificado A1, por lo que se toma como valor de referencia del precio de venta de pellets de café 200 €/t. Por consiguiente, el posible beneficio que podría obtener GreenSide si vendiese los posos de café al por mayor para la fabricación de pellets estaría comprendido en el rango de 30-50 € por tonelada. A la hora de introducir el precio del combustible de los posos de café en la hoja de trabajo se ha decidido trabajar con el mayor coste de oportunidad: 50 €/t.

Para concluir este apartado, falta por definir la cantidad de posos de café con la que se podría contar para la producción de frío en el centro de distribución. Basándose en el dato previamente citado de que a lo largo del proceso de adecuación de los posos de café para su uso en la caldera de biomasa se pierde entorno a un 20% de la base original, de las 70 toneladas mensuales que podría recoger GreenSide se podría aprovechar aproximadamente unas 56 toneladas al mes en la caldera de biomasa.

CAPÍTULO 7. LA MÁQUINA DE ABSORCIÓN

El objetivo principal del presente proyecto es la determinación de la viabilidad técnica y económica de cubrir la demanda de frío del centro de distribución aprovechando los combustibles residuales previamente descritos. Para ello, la mejor solución es la utilización de una máquina de absorción que pueda generar el frío necesario a partir del calor generado por medio de una caldera de biomasa.

Debido a la trascendencia que tiene la máquina de absorción en este trabajo, se considera oportuno dedicar el presente capítulo a resumir sus principales características, comenzando por destacar su relevancia histórica, los conceptos generales de su funcionamiento y las principales tipologías de máquinas existentes.

La máquina de absorción tiene un papel fundamental en la historia de la refrigeración artificial, ya que se considera el primer método empleado para la producción de frío, cuyo origen data del año 1859. Su invención se debe al ingeniero francés Ferdinand Carré, como resultado de sus estudios sobre los fenómenos de afinidad del ácido sulfúrico hacia el agua. Sin embargo, la comercialización de dicha máquina no se produce hasta el año 1886, cuando el hermano pequeño de Ferdinand Carré, Edmond Carré, terminó de perfeccionarla con la utilización, por primera vez en la historia, del amoníaco como fluido frigorígeno.

Ahondando en detalles más técnicos, la máquina de absorción es un método de producción de frío que se basa en aprovechar el cambio de estado de una sustancia de líquido a vapor, proceso de evaporación, gracias a un aporte de calor externo.

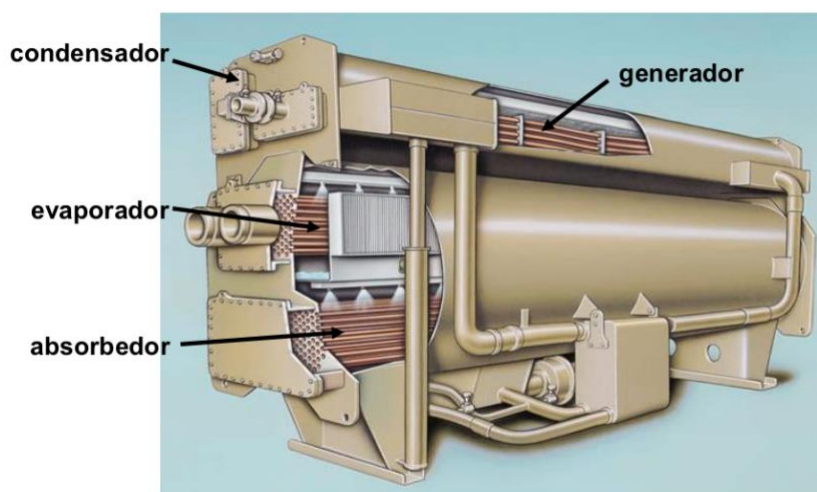


Imagen 15. Máquina de absorción. Fuente: Apuntes de la asignatura Cogeneración

En cuanto al ciclo de absorción, destacar que requiere la presencia de dos sustancias: el refrigerante y el absorbente. El calor latente producido con la evaporación del líquido refrigerante sirve para la absorción del calor a baja temperatura por parte del absorbente.

La base del funcionamiento de las máquinas de absorción es prácticamente igual a la de las tradicionales máquinas de compresión: utilizar la evaporación de un líquido a baja presión para conseguir el efecto de refrigeración. La principal diferencia entre ambas tecnologías se encuentra en la forma de recuperar los vapores generados durante la evaporación. En el caso de las máquinas de compresión, se precisa un compresor “mecánico” para el aumento de la presión del fluido refrigerante con la aplicación de energía mecánica. Por otro lado, las máquinas de absorción emplean una compresión térmica con aporte de energía calorífica en el generador, con el fin de aprovechar la aidez de la solución refrigerante/absorbente para recuperar los vapores del refrigerante. En ambas situaciones se obtienen vapores a mayor presión que se condensan por la transmisión de calor al exterior.

Con el propósito de explicar el funcionamiento de una máquina de absorción de una manera más clara y gráfica, se han añadido las Imágenes 16 y 17 donde se representa el ciclo de absorción para una máquina de simple efecto.

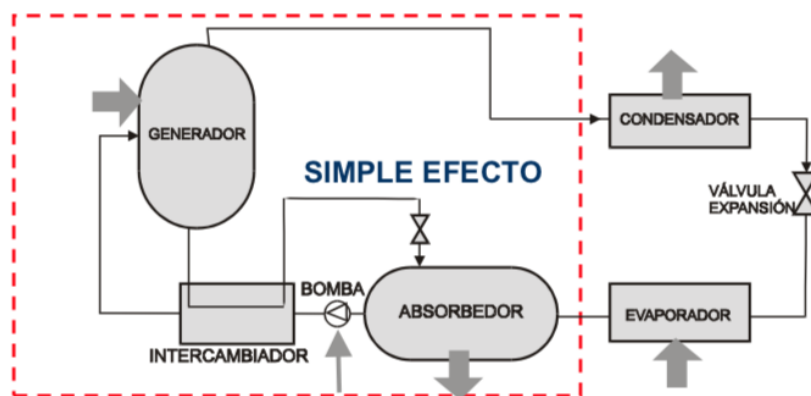


Imagen 16. Esquema ciclo de absorción de simple efecto. Fuente: Apuntes de la asignatura Cogeneración

A continuación, se procede a explicar, de forma resumida y apoyándose en la Imagen 17, el ciclo de absorción que sucede en el interior de una máquina de absorción de simple efecto. Al generador llega una solución refrigerante/absorbente diluida proveniente del absorbedor, a la que se le aplica energía calorífica con el fin de separar y conseguir la evaporación del refrigerante. De esta separación se obtiene, por un lado, una solución concentrada que se devuelve al absorbedor, y, por otro lado, el vapor refrigerante que transcurre por el circuito de alta presión hasta que es condensado, en el condensador donde gracias a una transmisión de calor con el exterior se consigue enfriar el refrigerante. El líquido refrigerante pasa por una válvula de expansión para disminuir su presión antes de llegar al evaporador, donde se consigue su evaporación a baja presión. Posteriormente el vapor refrigerante pasa al absorbedor donde es absorbido por una solución concentrada en absorbente dando lugar a la solución diluida inicial de refrigerante/absorbedor que es bombeada al generador. Tanto el condensador como el absorbedor necesitan agua de enfriamiento, que normalmente procede de una torre de refrigeración.

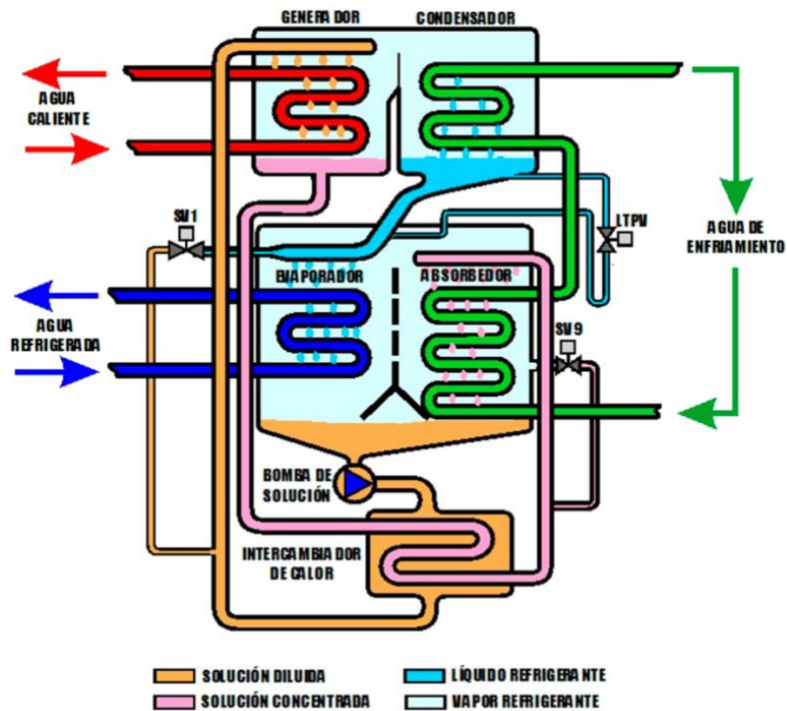


Imagen 17. Ciclo de absorción de simple efecto. Fuente: Apuntes de la asignatura Cogeneración

Una vez se han sintetizado los conceptos básicos del ciclo de absorción para la máquina más sencilla, de simple efecto, se procede a clasificar los tipos de máquinas de absorción más importantes.

En función de la fuente de energía que proporciona el calor al generador se distingue:

- Agua caliente obtenida de captadores solares, restos de procesos industriales o calderas de biomasa.
- Gas natural o gases licuados del petróleo.
- Gases de escape de procesos industriales o motores.
- Vapor de agua de procesos industriales.
- Agua sobrecalentada de procesos industriales.

Según la capacidad frigorífica de las máquinas de absorción se diferencian:

- Máquinas de pequeña potencia: Capacidad frigorífica < 30 kW.
- Máquinas de mediana potencia: 30 kW < Capacidad frigorífica < 100 kW.
- Máquinas de alta potencia: Capacidad frigorífica > 100 kW.

Según los fluidos de la mezcla refrigerante/absorbente:

- Agua/Bromuro de litio ($H_2O/BrLi$): empleada fundamentalmente para la climatización.
- Amoníaco/Agua (NH_3/H_2O): usada principalmente para la producción de frío industrial.
- Otras mezclas: Amoníaco/Sales, Alcoholes/Sales, Amoníaco/Disolventes orgánicos, etc.

Atendiendo al tipo de condensación empleada:

- Condensación por agua.
- Condensación por aire.

El número de generadores que presente la máquina de absorción es un factor determinante, ya que a mayor número, se consigue mayor eficiencia y temperaturas más bajas. Se diferencian principalmente:

- Simple efecto.
- Doble efecto.
- Triple efecto, bastante menos común.

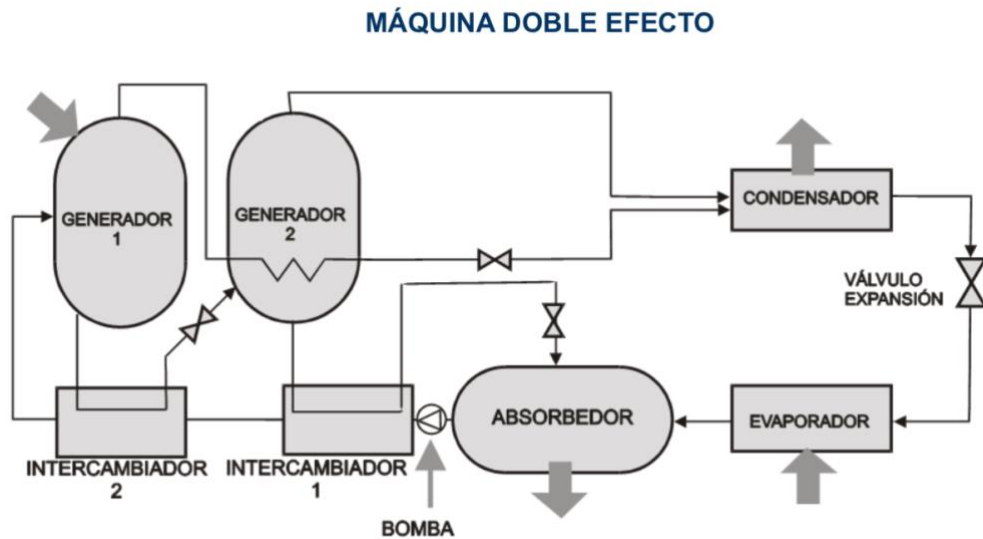


Imagen 18. Esquema ciclo de absorción de doble efecto. Fuente: Apuntes de la asignatura Cogeneración

Para concluir con este capítulo, se procede a enumerar las principales ventajas e inconvenientes más relevantes del uso de máquinas de absorción:

VENTAJAS:

- Posibilidad de aprovechar el calor residual de diferentes procesos industriales o combustibles residuales lo que se traduce en un importante ahorro económico.
- Disminución del consumo de energía primaria comparado con la necesidad de electricidad que precisan los equipos de compresión.
- Utilización de fluidos inocuos y respetuosos con el medio ambiente.
- Reducción de la dependía de combustibles fósiles.
- Bajos coste de operación y mantenimiento.
- Presentan buen rendimiento a carga parcial.

INCONVENIENTES:

- Menor rendimiento comparado con otros métodos de producción de frío.
- Mayores dimensiones y peso de las máquinas de absorción frente a las máquinas de compresión tradicionales.
- Requiere una importante inversión inicial.
- Mayor complejidad de las instalaciones.
- Necesidad de torres de refrigeración en la mayoría de los casos.
- Uso de sistemas indirectos cuando se utilicen máquinas de absorción que trabajen con amoníaco.
- Peligro de cristalización cuando se trabaja con Bromuro de Litio.

CAPÍTULO 8. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

EMPLEADA

En el presente capítulo se va a explicar la metodología empleada a la hora de realizar los diferentes estudios de viabilidad económica para cada una de las alternativas planteadas, las cuales son desarrolladas en los siguientes apartados. Para ello se ha diseñado un modelo común en Excel que se ha adaptado a cada caso de estudio, resumiéndose en este apartado las aclaraciones más relevantes. En el *Anejo I. Información detallada del modelo Excel empleado para el análisis de viabilidad de la alternativa seleccionada* se describe más cuidadosamente el funcionamiento del modelo Excel creado, utilizando como ejemplo la opción de propuesta de futuro.

El primer paso, punto común de partida de todas las alternativas contempladas, es obtener el consumo eléctrico diario por horas para todos los meses, ya que a raíz del mismo se ha de estimar el consumo dedicado a los usos generales del centro y el empleado para la producción de frío gracias a las máquinas de compresión actuales. Esta información se detalla en el apartado 4.2. *Consumos eléctricos actuales* y en el *Anejo I. Consumos eléctricos por horas actuales* del presente trabajo. A modo resumen se representan los consumos eléctricos totales para cada mes del año en la siguiente tabla:

Mes	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
Consumo mensual total [MWh]	193,24	169,10	191,22	186,43	194,97	190,15	200,66	196,05	188,52	194,48	188,84	194,46

Tabla 3. Consumos eléctricos mensuales totales

Una vez estimados los consumos eléctricos tipo para cada mes del año, se procede a distinguir qué parte es la dedicada a los usos generales del edificio y cuál la debida al consumo de las máquinas de compresión para la generación del frío. Esta última fracción del consumo eléctrico, entorno al 95% del total, es la que se buscará sustituir o al menos disminuir con la implantación de la instalación de la caldera de biomasa y la máquina de absorción. Acerca de estos datos ya se habló en el apartado 4.3. *Demanda de frío*. A continuación se procede a sintetizar en las siguientes tablas los consumos mensuales dedicados a las diferentes actividades:

Mes	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
Consumo mensual total [MWh]	9,66	8,46	9,56	9,32	9,75	9,51	10,03	9,80	9,43	9,72	9,44	9,72

Tabla 4. Consumo eléctrico mensual dedicado a usos generales

Mes	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
Consumo mensual total [MWh]	183,58	160,65	181,66	177,11	185,22	180,64	190,63	186,24	179,10	184,76	179,40	184,74

Tabla 5. Consumo eléctrico mensual dedicado a la producción de frío actualmente

Obtenido el consumo eléctrico de las máquinas de compresión (MC), a partir de su COP (2,53) se calcula la demanda real de frío requerida por los equipos de almacenamiento de alimentos:

$$\text{Demanda de frío} = \text{Consumo máquinas de compresión} \times COP_{MC}$$

Ecuación 2. Demanda de frío

Mes	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
Demanda mensual total [MWh]	464,46	406,44	459,61	448,08	468,60	457,02	482,29	471,20	453,11	467,44	453,87	467,39

Tabla 6. Demanda mensual de frío del centro de distribución

Hasta este momento los datos obtenidos son comunes para todas las alternativas, ya que derivan de las necesidades energéticas del centro de distribución. A partir de este punto de partida, iniciamos el planteamiento de las distintas opciones estudiadas siendo los datos particulares para cada una de ellas.

En primer lugar hay que determinar la cantidad de calor precisada por la máquina de absorción para cubrir la demanda de frío del centro de distribución. Este calor puede ser suministrado desde la caldera de biomasa de diferentes formas: agua caliente, vapor de agua, aceite térmico, gases, etc. en función de las características de los equipos seleccionados. Para obtener la demanda de calor de cada hora del año hay que dividir la necesidad horaria de frío por el COP de la máquina de absorción (MA), estimado para las primeras aproximaciones en un valor típico de 0,5, bastante más bajo que la eficiencia de las máquinas de compresión utilizadas en la actualidad.

$$\text{Demanda de calor MA} = \frac{\text{Demanda de frío}}{COP_{MA}}$$

Ecuación 3. Demanda de calor de la máquina de absorción

El siguiente paso consiste en determinar la curva monótona de demanda de calor de la máquina de absorción, donde se representa la potencia térmica requerida para todas las horas del año. Un análisis correcto de esta gráfica es fundamental para elegir adecuadamente la potencia térmica de la caldera de biomasa y de la máquina de absorción en cada modelo.

A continuación, hay que especificar las características de los equipos de la nueva instalación para poder obtener los resultados de los distintos análisis de viabilidad realizados:

- Potencia térmica de la caldera.
- Rendimiento de la caldera.
- Grado de carga mínimo.
- COP de la máquina de absorción.
- COP de la máquina de compresión actual.
- Inversión.
- Costes de operación y mantenimiento.
- Vida útil de la instalación.

Se prosigue determinando el grado de carga de la caldera de biomasa para proporcionar el calor demandado por la máquina de absorción. El grado de carga para cada hora del año depende de la potencia de la caldera y del modo de trabajo seleccionado. En este caso, se opta por seguimiento de la demanda térmica, ya que el objetivo principal es cubrir la mayor cantidad de calor posible solicitada por la máquina de absorción. Se ha de buscar siempre el mayor grado de carga de la caldera de biomasa con el fin de acercarnos lo máximo posible al óptimo, ya que todo calor producido por la caldera es aprovechado por la máquina de absorción para la producción de frío y supone un ahorro en el consumo eléctrico del centro logístico.

Conocida la potencia de la caldera de biomasa y el grado de carga de la misma se obtiene directamente el calor generado por la caldera para cada hora del año. Todo este calor será utilizado por la máquina de absorción para la producción de frío, siendo igual a:

$$\text{Frío generado por la MA} = \text{Calor generado por la caldera} \times \text{COP}_{MA}$$

Ecuación 4. Frío generado por la máquina de absorción

Una vez calculado el frío que podría producir la nueva instalación, sometido a las restricciones cuantitativas de las disponibilidades de aceite y café, hay que determinar en qué medida se satisface la demanda energética de frío del centro. Para el caso en que no fuese suficiente con la máquina de absorción, sería preciso seguir utilizando las máquinas de compresión actuales para hacer frente a la demanda restante. Para esta situación hay que determinar el consumo eléctrico ocasionado por las máquinas de compresión, aplicando las fórmulas previamente descritas, para cubrir las necesidades de frío de todas aquellas horas que no han sido completamente satisfechas por la nueva instalación.

Los últimos parámetros energéticos que faltarían por determinar son la potencia de combustible requerida por la caldera de biomasa para obtener el calor enviado a la máquina de absorción y la cantidad de combustible residual para conseguir dicha potencia.

La potencia de combustible exigida por la caldera de biomasa para satisfacer la demanda de calor de la máquina de absorción, se puede conocer a partir del rendimiento de la caldera de biomasa:

$$\text{Potencia de combustible (kW)} = \frac{\text{Demanda de calor}_{MA}}{\eta_{caldera}}$$

Ecuación 5. Potencia de combustible

A partir de la potencia de combustible requerida por la caldera de biomasa se calcula de manera directa la cantidad de combustible residual necesitado. Hay que tener en cuenta que en las diferentes alternativas se trabaja con distintos combustibles, pero a la hora de determinar la cantidad necesitada por hora de cada uno de ellos se aplica la misma fórmula, donde lo único que varía es el poder calorífico inferior (PCI) de cada uno de ellos:

$$\text{Cantidad de combustible (kg)} = \frac{\text{Potencia de combustible (kW)} \times 3600}{\text{PCI (kJ/kg)}}$$

Ecuación 6. Cantidad de combustible

Establecidos todos los parámetros energéticos necesarios se procede a realizar el balance energético de cada alternativa. De este análisis se obtienen los siguientes datos significativos tanto para la situación actual como para la futura si se implementase dicha alternativa:

- Calor generado por la caldera.
- Frío generado por la máquina de compresión.
- Frío generado por la máquina de absorción.
- Combustible consumido.
- Cobertura de la demanda de frío.
- Importación de consumo eléctrico por períodos.
- Cobertura de la demanda eléctrica.

Realizado el balance energético para la situación actual y la posible propuesta de futuro se procede a determinar las consecuencias económicas de dicho análisis. Para ello, en primer lugar, hay que calcular el gasto actual en electricidad, ya que será el dato fundamental para establecer si se produce un ahorro anual o no con la nueva situación.

A la hora de determinar el coste de la electricidad se optado por seleccionar la Tarifa 3.1A, puesto que la potencia máxima necesaria en ningún momento alcanza los 450 kW y debido a la actividad de la empresa se escoge esta tarifa de acceso de Alta Tensión. De todas formas, si en un futuro se seleccionase otra tarifa, como la 3.0A o una de 6 períodos, el modelo Excel está diseñado para ello y con unos simples cambios en la ventana dedicada al calendario tarifario se adaptaría sin ninguna clase de problemas. En cuanto a los términos de energía y potencia de cada uno de los períodos se ha decidido trabajar con los del año 2019 a causa de los desbarajustes de los mismos durante el año 2020 motivados por la crisis de la COVID-19. Se han tomado como referencia los precios aportados en la asignatura de Cogeneración:

PRECIOS	TARIFA	P1	P2	P3
Término potencia (€/kW/año)	3.1A	61,639	38,011	8,716
Término energía (€/MWh)	3.1A	127,460	113,580	77,751

Tabla 7. Precio de la electricidad Tarifa Acceso 3.1A. Fuente: Asignatura de Cogeneración

Seguidamente habrá que establecer los posibles gastos futuros, derivados principalmente del coste de los combustibles residuales. Se completará el estudio con el análisis de los costes de oportunidad (valor de la mejor opción no seleccionada o aquellos recursos que dejamos de percibir o que representan un coste por el hecho de no haber elegido la mejor alternativa posible, cuando se tienen unos recursos limitados) por el uso de dichos combustibles residuales en otras actividades. En el caso que no se cubriese toda la demanda de frío con la cantidad de combustible disponible habría que definir el nuevo gasto en electricidad.

Los últimos datos a introducir en el modelo para poder establecer el ahorro económico anual con la nueva instalación, en caso de producirse, serían los costes de mantenimiento y operación para las dos situaciones.

Conocido el posible ahorro anual, el siguiente paso es establecer la cuantía de la inversión necesaria para llevar a cabo la nueva instalación. Esta inversión está influenciada principalmente por el coste de la caldera de biomasa y de la máquina de absorción seleccionadas. A partir de estos dos valores se puede calcular el período de retorno de la inversión:

$$\text{Período de retorno (años)} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Ahorro anual}}$$

Ecuación 7. Período de retorno

Otros parámetros significativos para realizar un análisis de viabilidad económico son el beneficio anual neto y la tasa de rentabilidad aritmética, obtenidos con las siguientes ecuaciones:

$$\text{Beneficio anual neto (€/año)} = \frac{\text{Inversión} - \text{Ahorro anual}}{\text{Vida útil}}$$

Ecuación 8. Beneficio anual neto

$$\text{Tasa de rentabilidad aritmética (\%)} = \frac{\frac{\text{Inversión} - \text{Ahorro anual}}{\text{Vida útil}}}{\text{Inversión}}$$

Ecuación 9. Tasa de rentabilidad aritmética

Por último, se han calculado dos indicadores económicos fundamentales para la elaboración de un análisis de viabilidad económica: la Tasa Interna de Rentabilidad o Retorno (TIR) y el Valor Actualizado Neto (VAN) para los siguientes 25 años de la posible implantación de la instalación. Se ha decidido trabajar con 25 años ya que es la vida útil media de las calderas de biomasa y las máquinas de absorción.

El *OBS Business School* define el VAN y el TIR como “dos fórmulas financieras empleadas con asiduidad para analizar qué tan oportuno puede ser un proyecto para una empresa, independientemente del área en el que opere o del tipo de producto al que se aluda.”

Conceptualmente entendemos por:

- TIR (Tasa Interna de Rentabilidad o Retorno): Es la tasa de rentabilidad que ofrece una inversión.

$$I = \sum_{i=1}^n \frac{MB}{(1 + TIR)^i}$$

Ecuación 10. Cálculo del TIR. Fuente: Apuntes de la asignatura de Cogeneración.

Donde:

- I: valor presente de la inversión a realizar.
- MB: margen bruto o flujo neto de cada año.
- i: número de años del proyecto de inversión (vida útil de la maquinaria).

La TIR es la tasa constante única (R) que hace que los flujos futuros generados por el proyecto (Fi) descontados financieramente al momento actual y el valor de la inversión de hoy (Vo) sean iguales.

$$I - \frac{MB_1}{(1 + R)^{i_1}} - \frac{MB_2}{(1 + R)^{i_2}} - \dots - \frac{MB_n}{(1 + R)^{i_n}} = 0$$

Ecuación 11. Relación VAN-TIR

Se obtiene por igualación entre el valor actual del proyecto y el de los flujos futuros. Su cálculo es complejo y se realiza por aproximaciones sucesivas. Si consideramos el valor inicial de la inversión como el primer término, la TIR es la tasa única de descuento que hace que su VAN sea cero, concepto que se define a continuación.

- VAN (Valor Actual Neto): método de valoración de inversiones que se define como la diferencia entre el valor actualizado de los flujos netos futuros de caja y el valor inicial de la inversión. Este indicador financiero sirve para determinar la viabilidad de un proyecto. Cuanto mayor es el VAN mejor será la inversión. Un VAN negativo indicará que el proyecto de inversión generará pérdidas. En general, se realizará una inversión cuando su VAN sea positivo, rechazando la misma si su valor es negativo.

$$VAN = -I + \sum_{i=1}^n \frac{MB}{(1 + a)^i}$$

Ecuación 12. Cálculo del VAN. Fuente: Apuntes de la asignatura de cogeneración

Donde:

- I: valor presente de la inversión a realizar.
- MB: margen bruto o flujo neto de cada año.
- a: tasa de descuento aplicada al proyecto.
- i: duración en años del proyecto.

Para todas las alternativas analizadas en los siguientes capítulos, se han supuesto unas hipótesis comunes para estimar la TIR y el VAN:

- Horizonte temporal: 25 años.
- Tasa del crecimiento del IPC: 1,08 %. Obtenido a partir de las tasas de variación anual del IPC de los últimos 20 años, calculado a partir del promedio de variación del IPC de los últimos 5, 10, 15 y 20 años ponderándolos respectivamente con un 70%, 20%, 7% y 3% para los promedios anuales anteriores, dando más peso a las observaciones más recientes.
- Tasa de crecimiento anual del precio del combustible: 0,3%. Obtenido como el promedio de la evolución del precio de los pellets con certificado A1 ensacados de los últimos 5 años, a partir de los *Informes de Precios de la Biomasa para Usos Térmicos* del IDAE.
- Tasa de crecimiento anual del precio de la electricidad: -0,26%. En base a las estimaciones del precio medio anual de la electricidad (€/MWh) de los años 2021 al 2027 realizadas por ACOGEN. Se ha decidido excluir del promedio el precio medio de la electricidad del año 2020 debido a las anomalías presentadas por las crisis de la COVID-19.
- Tasa de actualización: 2,46 %. Calculada como el promedio del tipo medio ponderado de Obligaciones del Estado a 30 años del período 2015 a 2019.

Se ha de tener en cuenta que se plantea un escenario conservador ya que se utiliza una tasa de actualización elevada respecto al tipo de interés para inversiones sin riesgo a día de hoy y una tendencia continua a la baja del precio de la electricidad.

CAPÍTULO 9. ALTERNATIVA I: POSOS DE CAFÉ

9.1. FUNCIONAMIENTO Y EQUIPOS

Esta primera opción se basa en la realización de un análisis de viabilidad sobre el aprovechamiento de los posos de café usado como combustible residual en una caldera de biomasa.

El objetivo fundamental de este análisis se encuentra en determinar qué parte de la demanda de frío podrían cubrir los posos de café disponibles y estudiar su viabilidad técnica y económica. Para ello se recuerdan las principales características de los posos de café aprovechables:

- Cantidad disponible para la caldera: 56 toneladas mensuales.
- Poder calorífico: 27,214 MJ/kg = 7,56 kWh/kg.
- Coste de oportunidad aproximado: 50 €/t.

Con esta cantidad de posos de café es imposible cubrir totalmente la demanda mensual de frío del centro logístico, 458 MWh_f de media. Una primera estimación de la cantidad de frío que se podría producir con estos restos de café se obtiene suponiendo un rendimiento típico de la caldera de biomasa del 85% y un COP de la máquina de absorción del 0,5.

$$\text{Energía disponible en los posos de café} = 56.000\text{kg} \times 7,56 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} = 423.360 \text{ kWh}$$

Ecuación 13. Energía mensual disponible en los posos de café

$$\text{Calor obtenido en la caldera} = \text{Energía café} \times \eta_{\text{caldera}} = 423,36 \times 0,85 = 359,9 \text{ MWh}$$

Ecuación 14. Estimación calor mensual obtenido de la caldera de biomasa para los posos de café

$$\text{Frío producido en la máquina absorción} = \text{calor} \times \text{COP}_{\text{MA}} = 1364,4 \times 0,5 = 180 \text{ MWh}_f$$

Ecuación 15. Estimación frío mensual producido por la máquina de absorción para los posos de café

Esta primera aproximación nos indica que se puede esperar que los posos de café cubran entorno al 40% de la demanda de frío total. El siguiente paso sería determinar la potencia necesaria de la caldera de biomasa para que pudiese trabajar con las 56 toneladas mensuales de café. Para ello, se ha decidido repartir de manera uniforme para todas las horas del mes la energía disponible en los posos de café y de dicho resultado se obtendrá de forma aproximada la potencia térmica necesaria de la caldera.

$$\text{Potencia térmica caldera} = \frac{\text{Calor caldera}}{\frac{\text{días}}{\text{mes}} \times \frac{\text{horas}}{\text{día}}} = \frac{359856 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}}}{30 \frac{\text{días}}{\text{mes}} \times 24 \frac{\text{horas}}{\text{día}}} = 499,8 \text{ kW}$$

Ecuación 16. Estimación potencia térmica de la caldera de biomasa

A raíz de estas estimaciones se procede a buscar una caldera de biomasa que tenga una potencia térmica cercana a los 500 kW, con un rendimiento igual o superior al 85% y que pueda trabajar con posos de café como combustible.

La opción seleccionada es el modelo *ARES A 500* del fabricante *FERROLI*. Se trata de una caldera de biomasa policombustible con una parrilla diseñada para trabajar con un amplio abanico de combustibles entre los que destacan los pellets, orujillo, cáscara de frutos y astillas, aunque la empresa ha confirmado la posibilidad de trabajar con posos de café. Las principales características de esta caldera son:

- Potencia útil: 500 kW.
- Forma del calor producido: agua caliente.
- Rendimiento > 89%.
- Volumen de tolva incorporada: 560 l.
- Coste de la caldera con accesorios e instalación: 110.000 € (detallado en el *Presupuesto*).

Gama ARES A - Calderas de biomasa de agua caliente



CÓDIGO	PRODUCTO	POTENCIA ÚTIL (KW)	RENDIMIENTO (%)	VOLUMEN TOLVA INCORPORADA (L)	PRECIO €
1D3100607	ARES A 60	60	88,5	480	14.855
1D3100807	ARES A 80	80	88,6	480	16.255
1D3101007	ARES A 100	100	90,0	480	17.945
1D3101307	ARES A 130	130	90,1	560	25.480
1D3101807	ARES A 180	180	90,1	560	29.530
1D3102307	ARES A 230	230	90,1	560	33.720
1D3103007	ARES A 300	300	90,2	560	43.710
1D3104007	ARES A 400	400	> 89	560	52.165
1D3105007	ARES A 500	500	> 89	560	59.705
1D3106507	ARES A 650	650	> 97,4	560	74.375
1D3108007	ARES A 800	800	> 97,4	560	85.160
1D3109507	ARES A 950	950	> 97,4	560	95.900
1D3113007	ARES A 1300	1300	> 96,8	1.400	112.430
1D3116507	ARES A 1650	1650	> 96,8	1.400	127.055
1D3120007	ARES A 2000	2000	> 96,8	1.400	141.635
1D3127007	ARES A 2700	2700	> 89	2.650	184.750
1D3134007	ARES A 3400	3400	> 89	2.650	220.655
1D3141007	ARES A 4100	4100	> 89	2.650	256.550

Imagen 19. Catálogo caldera de biomasa Ferrol ARES A. Fuente: Ferrol

Una vez conocidas las características de la caldera de biomasa comercial, se introducen en el modelo Excel y se calcula de manera más precisa el calor que se generaría gracias a la energía aportada por los posos de café. A partir del rendimiento de la caldera se puede determinar el consumo de combustible si ésta trabajase a plena carga para cualquier hora del año:

$$\text{Consumo de combustible} = \frac{\text{Potencia útil de la caldera}}{\eta} = \frac{500}{0,89} = 562 \text{ kW (PCI)}$$

Ecuación 17. Consumo horario de posos de café

El siguiente paso sería determinar cuántos kilogramos a la hora de posos de café precisa la caldera de biomasa para poder trabajar a plena carga todas las horas del año:

$$\text{Cantidad de café} = \frac{\text{Consumo de combustible}}{\text{PCI}} = \frac{562 \text{ kJ/s}}{27214 \text{ kJ/kg}} \times 3600 \text{ s/h} = 74,3 \text{ kg/h}$$

Ecuación 18. Cantidad de café consumido por hora

A partir de este consumo horario requerido por la caldera de biomasa para poder trabajar a plena carga durante todo el año, se establece la cantidad de posos de café requeridos todos los meses de año:

Mes	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
Consumo mensual total [toneladas]	55,29	49,94	55,29	53,51	55,29	53,51	55,29	55,29	53,51	55,29	53,51	55,29

Tabla 8. Toneladas de posos de café demandadas mensualmente

Se puede observar como la demanda de posos de café de todos los meses es inferior a la cantidad mensual disponible marcada por la empresa (56 toneladas), lo que permite que haya cierto margen de maniobra todos los meses.

Definidas ya las cantidades mensuales de consumo de posos de café y el calor que podría generar la caldera de biomasa con ellas (500 kW), lo siguiente sería buscar una máquina de absorción que pueda trabajar con esta cantidad de calor y producir frío a las temperaturas requeridas por los equipos de almacenamiento de alimentos. Se resumen a continuación las características principales que debería tener la máquina de absorción seleccionada:

- Temperaturas de frío demandadas: 4°C para las cámaras frigoríficas y de -18°C a -23°C para los congeladores.
- Capacidad de calor térmico: 500 kW.
- Forma de calor de trabajo: agua caliente.

El principal escollo a la hora de encontrar una máquina de absorción adecuada para la instalación, era el requisito de la baja temperatura ya que normalmente este tipo de equipos se utilizan para climatización y el rango común de trabajo es de 6 a 12°C. A pesar de ello, se ha establecido contacto con un fabricante alemán que trabaja a nivel internacional, *AGO ENERGIE + ANLAGEN*, que cuenta con un modelo de máquinas de absorción, *ago congelo*, el cual puede llegar a alcanzar hasta los -40°C. Seguidamente se adjunta captura de la ficha técnica de este modelo de máquinas de absorción. Esta máquina de absorción emplea Amoníaco/Agua (NH₃/H₂O) como mezcla refrigerante/absorbente y es de doble efecto para alcanzar temperaturas de salida tan bajas.

Technical data

The ago congelo® is designed and built to customers' specifications:

- ▶ Supply temperature of thermal heat: approx. 90°C to 160°C
- ▶ Return temperature of thermal heat: minimum 70°C
- ▶ Thermal heat capacity: approx. 100 kW to 3,000 kW
- ▶ Cooling capacity (annual average): approx. 50 kW to 1,500 kW
- ▶ Cooling temperature: +5°C to -40°C
- ▶ Heat ratio annual average: approx. 0.5 to 0.6
(cooling capacity/heat capacity)
- ▶ Different recooling options:
 - Adiabatic recooler
 - Hybrid recooler
 - Evaporative cooler or
 - evaporative condenser
- ▶ Power requirement incl. recooling: approx. 5% of cooling capacity
- ▶ Installation options:
 - Indoor installation
 - Outdoor installation
 - in a container

Imagen 20. Características técnicas máquina de absorción "ago congelo". Fuente: Ago Energie+Anlagen

Se puede ver claramente que el rango de características técnicas de *ago congelo* se adapta perfectamente a las necesidades que se estaban buscando, resumidas a continuación:

- Potencia térmica de entrada: 500 kW.
- COP: 0,5.
- Capacidad de frío: 250 kW.
- Rango de temperaturas producidas: 4 a -23°C.

Por último, es necesario fijar su coste, el cual no aparece en ningún catálogo ya que el precio de cada máquina de absorción depende de las características de cada instalación. A pesar de ello, gracias a la colaboración de la empresa, vía e-mail han comunicado que una máquina con las características anteriores tendría un precio entrono a los 275.000 euros.



Imagen 21. Máquina de absorción "ago congelo". Fuente: Ago Energie+Anlagen

9.2. RESULTADOS ENERGÉTICOS

Introducidas las características de los equipos de generación en el modelo Excel y la cantidad de posos de café disponibles se obtiene finalmente la cantidad de frío que se podría producir con esta nueva instalación:

Mes	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	total
Producción frío mensual [MWh]	186,00	168,00	186,00	180,00	186,00	180,00	186,00	186,00	180,00	186,00	180,00	186,00	2190

Tabla 9. Producción mensual de frío con posos de café

A continuación se resumen los datos fundamentales del balance energético realizado gracias al Excel diseñado, cuyas principales ventanas se muestran en el *Anejo II. Información detallada del modelo Excel empleado para el análisis de viabilidad de la alternativa seleccionada* donde se pueden ver los pasos seguidos hasta llegar al balance energético.

BALANCE ENERGETICO ANUAL [MWh/año]			
		SITUACIÓN ACTUAL	POSOS DE CAFÉ
ENERGÍA TÉRMICA	Calor generado por caldera	0	4380
	Combustible caldera	0	4921,3
	Calor aprovechado por M. absorción	0	4380
	Frío generado por M. Absorción	0	2190
	Frío generado por M. Compresión	5499,5	3309,5
	Total frío generado	5449,5	5449,5
	Cobertura de la demanda de frío		39,80%
ENERGÍA ELÉCTRICA	P1	409,3	259,3
	P2	679,8	429,8
	P3	1199,0	733,4
	P4	0,0	0,0
	P5	0,0	0,0
	P6	0,0	0,0
	Importación	2288,1	1422,5
	Consumo eléctrico evitado		865,6
Ahorro en el consumo de electricidad		37,83%	

Tabla 10. Balance energético de la alternativa I

Se puede concluir que con esta alternativa se llega a cubrir el 39,8% de las necesidades de frío totales, muy similar al 40% estimado en la primera aproximación del apartado anterior. Traducido en consumo eléctrico supone un ahorro del 37,83% del total, un resultado muy positivo, por lo que finalmente faltaría por cuantificar este ahorro energético en términos económicos a partir del coste de oportunidad de los posos de café, lo cual desarrollamos en el siguiente apartado.

9.3. RESULTADOS ECONÓMICOS

Obtenidos los principales datos energéticos tanto para la situación actual como para la posibilidad de futuro utilizando posos de café, se procede a cuantificar ambos escenarios para realizar una comparación al final de este apartado y ver si dicha alternativa es viable económicamente.

En primer lugar, se procede a cuantificar la situación actual calculando los costes asociados a la compra de electricidad para la producción de frío por medio de las máquinas de compresión de amoníaco, dato clave a la hora de calcular el posible ahorro económico de la nueva instalación e igual para las dos alternativas analizadas.

ELECTRICIDAD ACTUAL	TOTALES	P1	P2	P3
Electricidad demandada (MWh)	2288,1	409,3	679,8	1199,0
Potencia máxima (kW)		294,6	295,9	284,9
Potencia contratada (kW)		294,6	295,9	295,9

Tabla 11. Resumen del consumo de electricidad actual.

FACTURACION ELECTRICIDAD ACTUAL	TOTALES	P1	P2	P3
Término de potencia (€)	31.985	18.160	11.246	2.579
Término energía (€)	222.605	52.163	77.215	93.227
Penalización exceso de potencia (€)	0	0	0	0
Impuesto electricidad (€)	13.016			
Base imponible (€)	267.607			
IVA (21%) (€)	56.197			
Total electricidad actual (€)	323.804			

Tabla 12. Coste actual de la compra de electricidad

Seguidamente hay que valorar gastos asociados al nuevo escenario, empezando por el coste de posos de café consumidos (Tabla 8) a partir del coste de oportunidad de éstos (50 €/tonelada):

SITUACIÓN POSOS DE CAFÉ	TOTALES
Combustible café demandado (T)	651,0
Combustible demandado total (MWh)	4921,3
Gasto en café (€)	32.551
Base imponible (€)	32.551
Total posos de café (€)	39.387

Tabla 13. Gastos derivados de los posos de café

El otro gasto más relevante de la nueva situación es el derivado de la compra de electricidad para garantizar la demanda de frío no cubierta por los posos de café:

ELECTRICIDAD POSOS DE CAFÉ	TOTALES	P1	P2	P3
Electricidad importada (MWh)	1422,5	259,3	429,8	733,4
Potencia Máxima (kW)		195,8	197,1	186,1
Potencia contratada (kW)		195,8	197,1	197,1

Tabla 14. Resumen del consumo de electricidad de la alternativa I

FACTURACIÓN ELECTRICIDAD POSOS DE CAFÉ	TOTALES	P1	P2	P3
Término de potencia (€)	21.277	12.069	7.490	1.718
Término energía (€)	138.889	33.044	48.820	57.025
Penalización exceso de potencia (€)	0	0	0	0
Impuesto electricidad (€)	8.189			
Base imponible (€)	168.355			
IVA (21%) (€)	35.355			
Total electricidad (€)	203.709			

Tabla 15. Coste de la electricidad para la alternativa I

Una vez determinados los gastos anuales principales asociados de las diferentes fuentes energéticas, quedarían por estimar los costes derivados de la operación y mantenimiento de las instalaciones, obtenidos de los diferentes catálogos.

Costes de Operación y Mantenimiento	Coste unitario	Coste anual (€/año)
Caldera biomasa (€/kW)	4,0	2.000,00
Máquina de absorción (€/MWhf)	4,5	9.855,00
Máquina de compresión (€/MWh)	6,0	8.535,00
Nueva instalación (€/año)		20.390,00
Máquina compresión actual (€/MWh)	6,0	13.728,60

Tabla 16. Costes de Operación y Mantenimiento de la alternativa I

El último dato a introducir para poder realizar el balance económico de esta primera alternativa es la inversión que habría que realizar para llevar a cabo la nueva instalación. El valor aproximada de ésta es de 385.000€, de los cuáles 110.000€ se deben a la caldera de biomasa y los 275.000€ restantes a la máquina de absorción, se puede apreciar con mayor detalle en el apartado *Presupuesto* del TFM.

La Tabla 17 resume los principales resultados obtenidos del análisis de viabilidad económica. Los procedimientos de cálculo, datos e hipótesis del proyecto se describen ampliamente en el *Capítulo 8. Metodología de cálculo empleada*, por lo que obviamos volver a repetirlos en este epígrafe, limitándonos al comentario de los resultados.

BALANCE ECONÓMICO ANUAL		
RESULTADOS	SITUACIÓN ACTUAL	POSOS DE CAFÉ
Compra de electricidad (€)	323.803,88	203.709,41
Gasto combustible (€)	0	39.386,70
Gastos de operación y mantenimiento (€)	13.728,60	20.390,00
Gasto total (€)	337.532,48	263.486,11
Ahorro anual (€)		74.046,36
Inversión (€)		385.000,00
Tiempo de retorno (años)		5,20
Beneficio anual neto (€)		58.646,36
Tasa de rentabilidad aritmética (%)		15,23%
TIR a los 25 años (%)		18,01%
VAN a los 25 años (€)		846.173,70

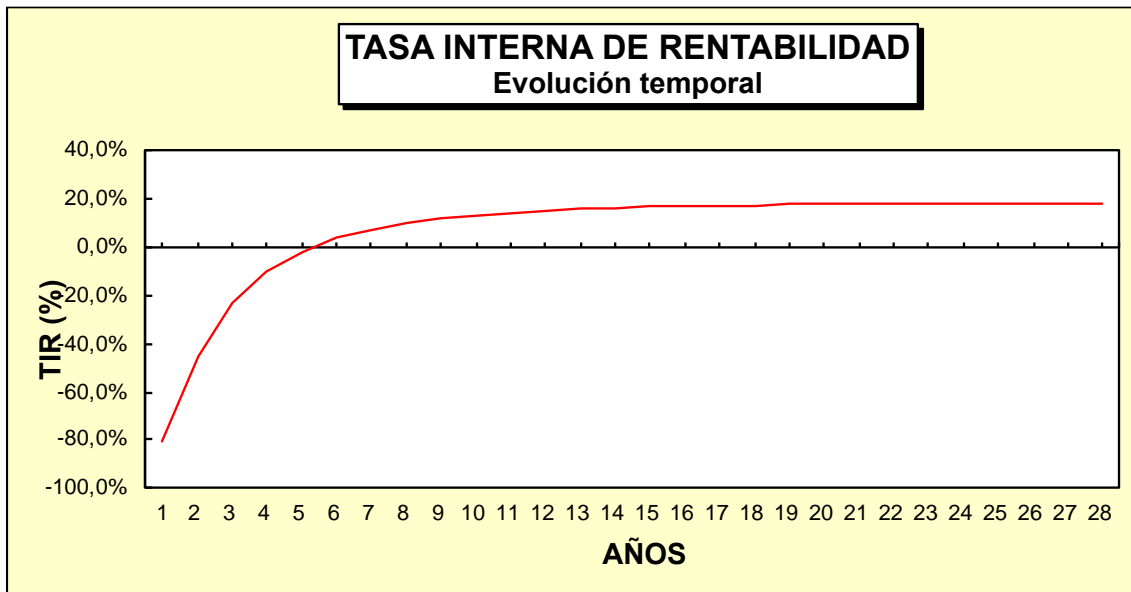
Tabla 17. Balance económico alternativa I

Este TFM propone el análisis de una sustitución en la compra de electricidad a la red eléctrica para la generación de frío, por el generado con el uso de distintas alternativas y combinaciones de biomasa.

La propuesta que se plantea supone a la empresa una inversión aproximada de 385.000 € y un incremento de los gastos por lo que se ha de verificar su viabilidad económica, es decir, que el beneficio aportado a la empresa supere los costes que genera dicha propuesta.

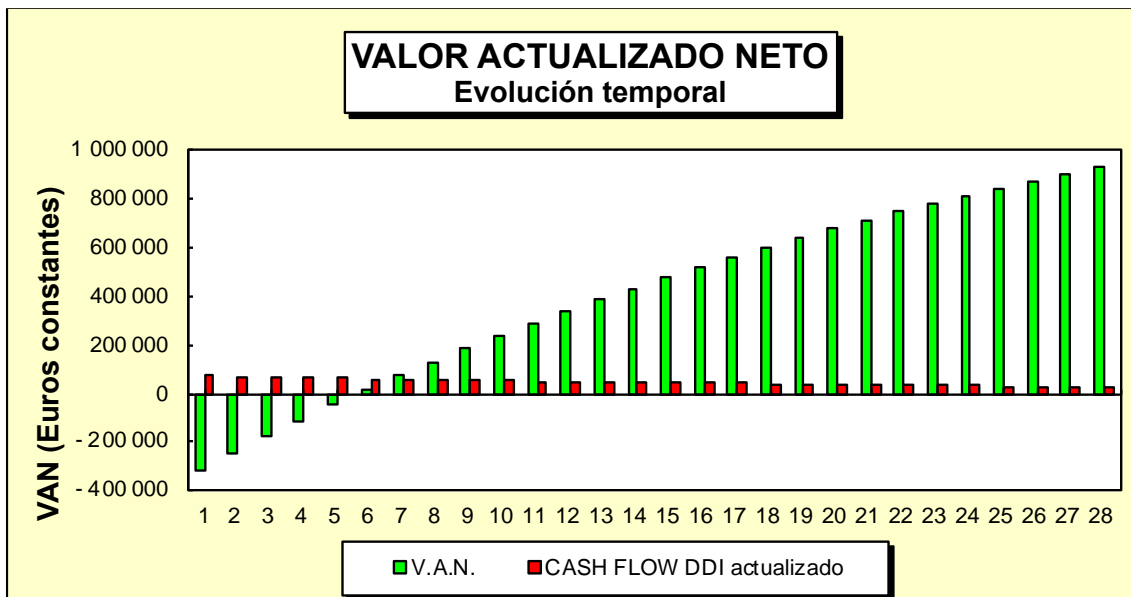
En una primera aproximación podemos observar que el ahorro obtenido el primer año se eleva a los 74.046 € por lo que obtenemos un tiempo de retorno de 5,2 años, cifra que al ser inferior a la vida media de la maquinaria empleada, nos indica que tiene visos de viabilidad. Por el contrario, se ha de tener en cuenta el incremento de gastos por aprovisionamiento del combustible, los de operación y mantenimiento situando el beneficio en los 58.646 € lo que reporta una tasa de rentabilidad aritmética del 18% lo cual nos permite profundizar en el análisis y afinar en los cálculos para esta opción.

La principal conclusión a la que se puede llegar tras el análisis más detallado de la *Tabla 17* es que el proyecto, bajo las hipótesis planteadas, es viable económicamente teniendo en cuenta la vida útil de la maquinaria empleada, 25 años.



Gráfica 17. Evolución temporal del TIR para la alternativa I

El VAN del proyecto es mayor que cero, cifra que se supera a partir de mediados del quinto año de su puesta en funcionamiento. Con una tasa de actualización empleada del 2.46%, el valor actual neto de una inversión de 385.000 € genera un retorno positivo de 846.174 €.



Gráfica 18. Evolución temporal del VAN para la alternativa I

Este proyecto de inversión proporciona una TIR a 25 años del 18%, es decir nos devuelve el capital invertido y una rentabilidad suplementaria de los fondos invertidos de esa magnitud, muy por encima de la rentabilidad actual de los Bonos del Estado de España a 10 o 30 años (inversiones alternativas de referencia sin riesgo) que se sitúan en las últimas subastas de junio de 2020 en el 0.528% y el 0.954% respectivamente, con una prima de riesgo por tanto superior a los 17-17.5 puntos porcentuales.

CAPÍTULO 10. ALTERNATIVA II: ACEITE USADO

10.1. FUNCIONAMIENTO Y EQUIPOS

En este capítulo se resumen las principales conclusiones obtenidas del análisis de viabilidad técnico-económico del aprovechamiento del aceite usado para la producción de frío del centro logístico.

Con este propósito se ha utilizado el modelo Excel empleado en la alternativa anterior de los posos de café aplicando los pertinentes cambios. Dicho modelo es muy versátil y se adapta a numerosas situaciones para realizar sus balances energéticos y económicos, incluyendo las características de cada situación. En esta ocasión se trabaja con aceite usado, filtrado y decantado, que presenta las siguientes propiedades:

- Cantidad disponible para la caldera: 150 toneladas mensuales.
- Poder calorífico: 38 MJ/kg = 10,56 kWh/kg.
- Coste de oportunidad aproximado: 450 €/t.

En primer lugar se ha de aproximar la producción de frío que se obtendría si se emplease toda la cantidad de aceite usado disponible. Este cálculo es el mismo que para los posos de café, suponiendo un rendimiento de la caldera del 85% y un COP de la máquina de absorción del 0,5:

$$\text{Energía disponible en el aceite usado} = 150.000 \text{ kg} \times 10,56 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} = 1.584.000 \text{ kWh}$$

Ecuación 19. Energía mensual disponible en el aceite usado

$$\text{Calor obtenido en caldera} = \text{Energía aceite} \times \eta_{\text{caldera}} = 1.584 \times 0,85 = 1346,4 \text{ MWh}$$

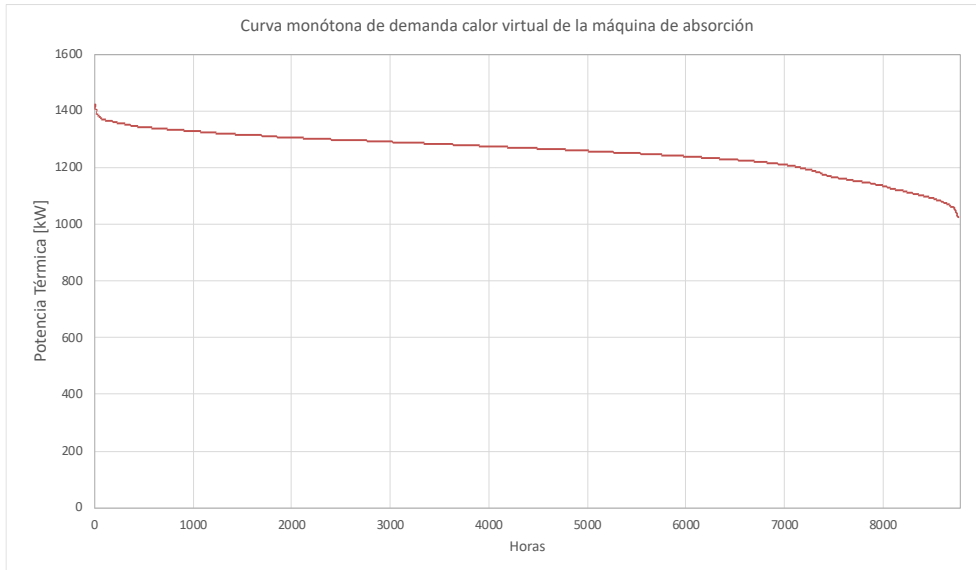
Ecuación 20. Estimación calor mensual obtenido de la caldera de biomasa para el aceite usado

$$\text{Frío producido en la máquina absorción} = \text{calor} \times \text{COP}_{MA} = 1346,4 \times 0,5 = 673 \text{ MWh}_f$$

Ecuación 21. Estimación frío mensual producido por la máquina de absorción para el aceite usado

Tras realizar estos primeros cálculos aproximados se deduce que con esta cantidad de aceite disponible se cubriría sobradamente la demanda mensual de frío del centro de distribución (458 MWh_f). A diferencia de la alternativa anterior, los cálculos se van a realizar teniendo en cuenta las necesidades energéticas totales de frío del centro, ya que si se trabajase con las obtenidas de aprovechar todo el aceite usado se sobredimensionaría la instalación. En el caso de los posos de café, al no cubrirse completamente la demanda de frío, las cifras obtenidas son el resultado de utilizar todo el combustible residual disponible.

El primer paso a la hora de determinar las características requeridas de los diferentes equipos es obtener la potencia necesaria de la caldera para generar todo el calor solicitado por la máquina de absorción para la producción de la demanda de frío total. En esta ocasión se puede estimar a raíz de la curva monótona de demanda de calor virtual de la máquina de absorción:



Gráfica 19. Curva monótona de demanda de calor virtual de la máquina de absorción

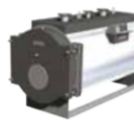
Se vuelve a apreciar claramente el efecto comentado en distintas ocasiones de la monotonía de la demanda de frío del centro de distribución. En esta ocasión se observa cómo 7.000 de las 8.760 horas del año la máquina de absorción requiere entre 1200-1400 kW de calor, rango que determina la potencia útil de la caldera que se ha de seleccionar.

A la hora de decidir qué caldera utilizar, debido a la poca disponibilidad de las mismas que utilizan directamente aceite usado para usos industriales, se ha investigado sobre calderas de combustibles líquidos a las que se le añadiría un quemador para tratar con el aceite usado como combustible. Se ha optado de nuevo por el fabricante *FERROLI* y su gama de calderas de gasóleo *PREXTHERM RSH N*, eligiendo el modelo *PREXTHERM RSH 1300*.

Calderas de pie (Acero)



Estética 100-1300



Estética a 1600-2600

Gama sin panel de control
PEDIR APARTE

PREXTHERM RSH N - ACERO. 3 estrellas de rendimiento (★★★)

Caldera homologada como baja temperatura según directiva 92/42 CEE.
Tª mínima de retorno > 50 °C

CÓDIGO	PRODUCTO	COMBUSTIBLE	POTENCIA ÚTIL MÁXIMA (kW)	EFICIENCIA ENERGÉTICA (nº estrellas según 92/42)	PRECIO €
1B8101001	PREXTHERM RSH 100 N	Gas / gasóleo en función de quemador	100	★★★	3.718
1B8101501	PREXTHERM RSH 150 N		150	★★★	5.212
1B8102001	PREXTHERM RSH 200 N		200	★★★	6.650
1B8102501	PREXTHERM RSH 250 N		250	★★★	6.742
1B8103001	PREXTHERM RSH 300 N		300	★★★	7.329
1B8103601	PREXTHERM RSH 360 N		360	★★★	7.915
1B8104201	PREXTHERM RSH 420 N		420	★★★	9.114
1B8105001	PREXTHERM RSH 500 N		500	★★★	10.419
1B8106501	PREXTHERM RSH 650 N		650	★★★	12.087
1B8108001	PREXTHERM RSH 800 N		800	★★★	13.745
193009001	PREXTHERM RSH 900		1060	★★★	14.749
193011001	PREXTHERM RSH 1100		1250	★★★	16.284
193013001	PREXTHERM RSH 1300		1480	★★★	20.777
193016001	PREXTHERM RSH 1600		1845	★★★	23.236
193020001	PREXTHERM RSH 2000		2360	★★★	29.305
193026001	PREXTHERM RSH 2600	3000	★★★	35.037	

Imagen 22. Catálogo calderas PREXTHERM RSH N . Fuente: Ferrolí

		650N	800N	900	1100	1300	1600	2000	
Potencia nominal	Min	kW	440	550	720	848,2	1.004,4	1.291,2	1.603
	Máx	kW	650	800	1.107,6	1.304,2	1.545,2	1.938	2.464,7
Potencia de la cámara de combustión	Min	kW	451,7	563,5	689	813	962	1.229	1.535
	Máx	kW	679,2	834,2	1.060	1.250	1.480	1.845	2.360
Rendimiento útil	100% Pot. máx.		95,56	96,00	95,72	95,86	95,8	95,6	95,77
	30% Pot. máx.		96,56	96,65	96,72	96,87	96,81	96,5	96,78
Clasificación energética según 92/42 CEE			***	***	***	***	***	***	***
Capacidad total de la caldera	litros		850	819	1.490	1.490	1.620	1.925	2.600
Pérdidas de carga lado de agua	10°C ΔT	mbar	51	65	86	110	100	150	145
	15°C ΔT		25	33	40	55	45	70	65
	20°C ΔT	mbar	16	20	25	32	29	42	45
Pérdidas de carga lado de humos		mbar	5,4	6,0	6,5	6,5	6,8	7,2	7,5
Presión máxima de ejercicio		bar	6	6	6	6	6	6	6
Peso en seco		kg	1.420	1.580	2.650	2.650	2.850	3.900	5.300
Conexiones	T1-T2 UNI 2278 PN 16		DN 100	DN 125	DN 150	DN 150	DN 150	DN 150	DN 200
	T3		2" 1/2	3"	DN 100	DN 100	DN 100	DN 100	DN 125
	T4		1"	1"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"
	T5		340	400	450	450	450	450	500
Quemador incorporado	2S							PG 180/2	PG 250/2
	3S		LMB LO 1300 3 ST	LMB LO 1300 3 ST	LMB LO 2000 3 ST	LMB LO 2000 3 ST	LMB LO 2000 3 ST		
	M							PG 180/M	PG 250/M
PREXTHERM RSH N L 2S-M	CODIGO								
PREXTHERM RSH N L 3S-M	CODIGO		1D9106502	1D9108002	1A3711002	1A3713002	1A5713002		
PREXTHERM RSH N L M	CODIGO							1A2416002	1A2420002

Imagen 23. Características técnicas de la caldera PREXTHERM RSH 1300

Se procede a resumir las principales características de la caldera seleccionada a introducir en el modelo Excel para la actual alternativa:

- Rango de potencia útil: 1.004,4 a 1.545,2 kW.
- Potencia útil seleccionada: 1.480 kW.
- Rango de rendimiento: 95,8 a 96,81%.
- Rendimiento seleccionado: 90%, ya que se podría ver reducido por la instalación del quemador para aceite usado.
- Forma del calor producido: agua caliente.
- Coste de la caldera con accesorios e instalación: 25.000 €.

En esta ocasión la caldera no trabaja siempre a plena carga, sino que se irá adaptando a las necesidades de cada hora del año siguiendo la demanda térmica de la máquina de absorción. El trabajo que realizaría la caldera se resume en la siguiente tabla por medio de las horas de trabajo equivalentes y el factor de utilización para cada mes del año:

Mes	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
Horas equivalentes [h]	627,65	549,24	621,09	605,52	633,24	617,59	651,74	636,75	612,32	631,67	613,34	631,61
Factor de utilización [%]	84,36%	81,73%	83,48%	84,10%	85,11%	85,78%	87,60%	85,59%	85,04%	84,90%	85,19%	84,89%

Tabla 18. Modo de trabajo de la caldera de aceite usado

Una vez se han determinado las características de la caldera y el modo de trabajo de la misma durante todo el año, el modelo Excel calcula el calor generado que será aprovechado posteriormente por la máquina de absorción, resumido en la siguiente tabla mensual:

Mes	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	Total
Calor mensual generado [MWh]	928,93	812,87	919,21	896,17	937,20	914,03	964,58	942,39	906,23	934,87	907,75	934,78	10.999,00

Tabla 19. Calor mensual generado por la caldera de aceite usado

Con estos valores y el rendimiento de la caldera, aplicando la Ecuación 17, se obtiene la potencia de aceite usado demandado durante todo el año:

Mes	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	Total
Demanda mensual de aceite [MWh]	1032,14	903,19	1021,35	995,74	1041,33	1015,59	1071,75	1047,10	1006,92	1038,75	1008,61	1038,64	12.221,12

Tabla 20. Potencia de aceite usado demanda mensualmente

Para saber el número de toneladas de aceite usado necesarias cada mes del año simplemente habría que aplicar la Ecuación 18 descrita en el capítulo anterior, dando como resultado:

Mes	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	Total
Consumo mensual total (toneladas)	97,78	85,57	96,76	94,33	98,65	96,21	101,53	99,20	95,39	98,41	95,55	98,40	1.157,79

Tabla 21. Toneladas de aceite demandadas mensualmente

Se aprecia claramente que ningún mes requiere una cantidad que pueda poner en compromiso la disponibilidad mensual actual de aceite usado (150 toneladas).

Conocido el calor generado por la caldera y la cantidad de aceite usado requerida para ello, se procede a determinar las características de la máquina de absorción necesarias para garantizar que se produzca toda la demanda de frío del centro, resumida en la *Tabla 6. Demanda mensual de frío del centro de distribución*. En esta alternativa se vuelve a emplear la máquina de absorción *ago congelado* del fabricante *AGO ENERGIE + ANLAGEN*, explicada con mayor detalle en el capítulo anterior. Las características que debería presentar la máquina de absorción seleccionada para esta nueva solución son:

- Potencia térmica máxima de entrada: 1.000 kW.
- COP: 0,5.
- Capacidad de frío: 500 kW.
- Rango de temperaturas producidas: 4 a -23°C.
- Precio aproximado de la máquina de absorción: 550.000 €.

10.2. RESULTADOS ENERGÉTICOS

Una vez introducidas las características de los equipos seleccionados en el modelo Excel para cubrir la demanda total de frío y conocidas las toneladas de aceite usado requeridas para ello, se realiza el balance energético de esta nueva situación cuyos principales parámetros se resumen en la siguiente tabla:

BALANCE ENERGÉTICO ANUAL [MWh/año]			
		SITUACIÓN ACTUAL	ACEITE
ENERGÍA TÉRMICA	Calor generado por caldera	0,0	10999,0
	Combustible caldera	0,0	12221,1
	Calor aprovechado por M. absorción	0,0	10999,0
	Frío generado por M. Absorción	0,0	5499,5
	Frío generado por M. Compresión	5499,5	0,0
	Total frío generado	5449,5	5449,5
	Cobertura de la demanda de frío		
ENERGÍA ELÉCTRICA	P1	409,3	20,5
	P2	679,8	34,0
	P3	1199,0	60,0
	P4	0,0	0,0
	P5	0,0	0,0
	P6	0,0	0,0
	Importación	2288,1	114,4
	Consumo eléctrico evitado		2173,7
Ahorro en el consumo de electricidad		95,00%	

Tabla 22. Balance energético de la alternativa II

Como era de esperar, en este nuevo escenario la cobertura de la demanda de frío es del 100%, lo que supone una reducción del consumo eléctrico del 95%, siendo el 5% restante el derivado de los usos generales del centro de distribución.

10.3. RESULTADOS ECONÓMICOS

Realizado el análisis energético de la nueva situación que emplearía el aceite usado como combustible residual y verificada su viabilidad energética se procede a realizar el análisis de su viabilidad económica.

Al igual que en el estudio de la alternativa I, el primer paso sería cuantificar los gastos de la situación actual derivados de la compra de electricidad reflejados en las tablas 11 y 12. Para este nuevo escenario, el gasto en electricidad sería solamente el asociado a los usos generales del centro ya que la cantidad disponible de combustible es capaz de generar la totalidad de frío requerida por la empresa:

ELECTRICIDAD ACEITE USADO	TOTALES	P1	P2	P3
Electricidad importada (MWh)	114,4	20,5	34,0	60,0
Potencia Máxima (con caldera) (kW)		14,7	14,8	14,2
Potencia contratada (kW)		14,7	14,8	14,8

Tabla 23. Resumen del consumo de electricidad con aceite usado

FACTURACIÓN ELECTRICIDAD ACEITE USADO	TOTALES	P1	P2	P3
Término de potencia (€)	1.599	908	562	129
Término energía (€)	11.130	2.608	3.861	4.661
Penalización exceso de potencia (€)	0	0	0	0
Impuesto electricidad (€)	651			
Base imponible (€)	13.380			
IVA (21%) (€)	2.810			
Total electricidad (€)	16.190			

Tabla 24. Coste de la electricidad para la alternativa II

Comentar que debido a la importante disminución del consumo eléctrico en esta hipotética nueva situación se tendría que contratar una tarifa inferior a la 3.1A, lo que aumentaría ligeramente los costes energéticos asociados. Se ha optado por no realizar este cambio puesto que como se verá posteriormente este escenario está muy lejos de ser viable económicamente, por lo tanto no tiene mayor influencia la tarifa eléctrica seleccionada, aunque lo más correcto sería trabajar con una inferior.

Conocido el gasto derivado de la compra de electricidad en este nuevo escenario, el siguiente paso es la determinación del gasto asociado a la utilización del aceite usado como combustible para la producción de frío, a partir del número de toneladas demandadas y su coste de oportunidad (450 €/t).

SITUACIÓN ACEITE	TOTALES
Combustible aceite demandado (T)	1.158
Combustible demandado total (MWh)	12.221
Gasto en aceite (€)	521.005
Base imponible (€)	521.005
IVA (21%) (€)	109.411
Total combustible cogeneración (€)	630.417

Tabla 25. Gastos derivados del aceite usado

El siguiente componente de la función de gasto sería el de costes derivados de la operación y mantenimiento de las instalaciones. Continuando con las estimaciones realizadas en el capítulo anterior, se resumen en la Tabla 26.

Costes de Operación y Mantenimiento	Coste unitario	Coste anual (€/año)
Caldera biomasa (€/kW)	4,0	5.920,00
Máquina de absorción (€/MWhf)	4,5	24.747,76
Máquina de compresión (€/MWhe)	6,0	0,00
Nueva instalación (€/año)		30.667,76
Máquina compresión actual (€/Mwhe)	6,0	13.728,60

Tabla 26. Costes de Operación y Mantenimiento de la alternativa II

Finalmente, habría que introducir el importe aproximado de la inversión en los equipos del nuevo escenario para realizar el balance económico, cuyos resultados están resumidos en la Tabla 27. Dicha inversión estaría entorno a los 575.000 €, de los que 25.000 € se deben a la caldera y 550.000 € a la máquina de absorción.

BALANCE ECONÓMICO ANUAL		
RESULTADOS	SITUACIÓN ACTUAL	ACEITE
Compra de electricidad (€)	323.803,88	16.190,19
Gasto combustible (€)	0	630.416,59
Gastos de operación y mantenimiento (€)	13.728,60	30.667,76
Gasto total (€)	337.532,48	677.274,55
Ahorro anual (€)		-339.742,07
Inversión (€)		575.000,00
Tiempo de retorno (años)		-1,69
Beneficio anual neto (€)		-362.742,07
Tasa de rentabilidad aritmética (%)		-63,09%
TIR a los 25 años (%)		-
VAN a los 25 años (€)		-

Tabla 27. Balance económico alternativa II

Observando los resultados obtenidos del balance económico para esta alternativa, se puede afirmar sin la más mínima duda que este proyecto, a pesar de ser viable energéticamente, no es viable económicamente. El principal escollo lo encontramos en el elevado coste de oportunidad en el que se incurre con el aceite usado, derivado de su venta para la fabricación de biodiésel. Así mismo, el elevado coste de aprovisionamiento del aceite usado, en relación con el coste de la electricidad, unido al nivel de inversión requerido para desarrollar esta alternativa hace que sea totalmente imposible, desde el punto de vista económico, abordar el proyecto.

El coste de abastecimiento del aceite usado multiplica por 1,94 el coste de la electricidad. A este resultado se ha llegado a partir de los costes asociados a la producción de frío en cada uno de los escenarios, siendo el de la situación actual el gasto en electricidad total menos el dedicado a los usos generales (5%) y el de la alternativa II el coste asociado a la adquisición del aceite residual usado.

Ante esta realidad se hace innecesario proseguir con el análisis económico de esta opción puesto que no hay posibilidad alguna para el ahorro de coste que permitiría la amortización de la nueva maquinaria necesaria y la obtención de una rentabilidad mínima que cubriera el riesgo de acometer el proyecto. El precio de la tonelada de aceite usado se tendría que situar por debajo de los 207€ para que pudiera iniciarse la generación de ahorro y no es hasta los 161,5€ donde se hace cero el VAN a los 25 años del proyecto con una TIR del 2,5%.

Se puede concluir que para el centro de distribución es más rentable producir el frío por medio de las máquinas de compresión actuales consumiendo electricidad que invertir en una instalación que lo produjese gracias a la energía aportada por el aceite usado. A modo de curiosidad y con un simple cálculo directo, para que el gasto en aceite usado y en electricidad fuese el mismo a la hora de cubrir toda la demanda de frío del centro, el coste de oportunidad de la tonelada de aceite usado debería ser 280€, sin tener en cuenta la amortización de la inversión necesaria.

Dados los resultados obtenidos con la utilización del aceite como combustible se hace innecesario plantear la alternativa, inicialmente prevista, de complementar la producción de frío a partir de los posos de café con la producción a través del uso del aceite como combustible debido a la cuantía de la inversión y al coste de aprovisionamiento del aceite.

CAPÍTULO 11. COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS

Una vez concluidos los análisis de viabilidad técnica, en la que se consideran viables ambas alternativas planteadas, y la viabilidad económica, en la que los resultados son dispares, resultando viable en las condiciones actuales el estudio para la utilización de los posos del café e inviable la utilización del aceite usado, carece de sentido, por obvia, la realización de una comparación entre las dos situaciones planteadas.

Lo que se busca en el desarrollo de este capítulo, más que una comparación entre las dos alternativas planteadas, es un análisis de cómo afecta la variación del coste de oportunidad de cada uno de los combustible residuales a la viabilidad económica del proyecto. Para ello, en primer lugar, se va a calcular lo que cuesta producir un MWh de frío a partir de tres los escenarios posibles:

1. Producción del frío por medio de las máquinas de compresión consumiendo electricidad, situación actual. Lo primero es estimar el precio medio de compra del MWh de electricidad:

$$\text{Precio medio electricidad} = \frac{\text{Compra electricidad}}{\text{Consumo electricidad}} = \frac{323.803,88\text{€}}{2288,1\text{MWh}} = 141,52\text{€/MWh}_e$$

Ecuación 22. Precio medio electricidad comprada

Hay que tener en cuenta que gracias a la eficiencia media de las máquinas de compresión actuales (COP=2,53) por cada MWh de electricidad comprado se supone que se producirán 2,53 MWh de frío, siendo el precio final de éste:

$$\text{Precio MWh}_f \text{ con MC} = \frac{\text{Precio medio electricidad}}{\text{COP}_{MC}} = \frac{141,52}{2,53} = 55,94\text{€/MWh}_f$$

Ecuación 23. Precio MWh de frío con máquinas de compresión actuales

2. Producción del frío a través de una caldera de biomasa, que aproveche los posos de café, y una máquina de absorción, alternativa I. En esta ocasión el precio del MWh de frío se obtiene a partir del coste de oportunidad de los posos de café, su poder calorífico inferior, el rendimiento de la caldera de biomasa empleada y la eficiencia de la máquina de absorción seleccionada. En primer lugar hay que estimar el precio medio del MWh de calor generado por la caldera para posteriormente obtener el precio del MWh de frío producido por la máquina de absorción:

$$\text{Precio MWh}_t \text{ con café} = \frac{\text{Coste oportunidad}}{\text{PCI} \times \eta_{caldera}} = \frac{50 \text{ €/t}}{7,56 \text{ MWh/t} \times 0,89} = 7,43\text{€/MWh}_t$$

Ecuación 24. Precio MWh de calor con los posos de café

$$\text{Precio medio } MWh_f \text{ con café} = \frac{\text{Precio } MWh_t \text{ con café}}{COP_{MA}} = \frac{7,43€/MWh_t}{0,5} = 14,86€/MWh_f$$

Ecuación 25. Precio MWh de frío con los posos de café

- Producción del frío gracias a una caldera de combustibles líquidos alimentada por el aceite usada y una máquina de absorción, alternativa II. Los cálculos a realizar para este escenario son los mismos que los planteados en el caso anterior:

$$\text{Precio } MWh_t \text{ con aceite} = \frac{\text{Coste oportunidad}}{PCI \times \eta_{caldera}} = \frac{450 €/t}{10,56 MWh/t \times 0,9} = 47,37€/MWh_t$$

Ecuación 26. Precio MWh de calor con el aceite usado

$$\text{Precio medio } MWh_f \text{ con aceite} = \frac{\text{Precio } MWh_t \text{ aceite}}{COP_{MA}} = \frac{47,4€/MWh_t}{0,5} = 94,74€/MWh_f$$

Ecuación 27. Precio MWh de frío con el aceite usado

El siguiente paso para poder comparar en igualdad de condiciones los diferentes escenarios es estimar la cantidad de recursos que se precisan en cada uno de ellos para producir 1 MWh de frío. Para ello se han de valorar las siguientes consideraciones:

- El precio de compra del MWh de electricidad es el más caro de todos, pero hay tener en cuenta que por cada MWh eléctrico se obtienen aproximadamente 2,53 MWh de frío gracias a la elevada eficiencia de las máquinas de compresión en comparación con la de la instalación de caldera más máquina de absorción. En las alternativas planteadas por cada MWh obtenido de los combustibles residuales se consiguen solamente 0,45 MWh de frío.
- Otro aspecto importante a considerar respecto a los combustibles residuales, es la cantidad de los mismos que se requiere para generar 1 MWh de energía térmica, que posteriormente se transformará en calor en la caldera y en frío por medio de la máquina de absorción. Este dato se obtiene a partir de la inversa del poder calorífico de cada uno de ellos, requiriéndose en el caso de los posos de café 132 kg y 95 kg para el aceite.
- A partir de las dos aclaraciones previas se resuelve que para obtener 1 MWh de frío utilizando posos de café se requieren 294 kg y 210 kg en el caso del aceite usado. Para llegar a estos resultados se ha aplicado la siguiente ecuación:

$$\text{kg combustible para } 1 MWh_f = \frac{1}{PCI \left(\frac{MWh}{kg} \right) \times \eta_{caldera} COP_{MA}}$$

Ecuación 28. Cantidad de combustible (kg) necesaria para conseguir 1 MWh de frío

Para finalizar con este capítulo, se vuelve a sacar a colación el motivo de por qué la alternativa II del aceite usado no es viable económicamente. Esto es debido principalmente al elevado coste de oportunidad que presenta, que hace que el precio de 1 MWh de frío sea más del doble que el de la electricidad actual. En cifras, para producir la misma cantidad de frío, igual a la demanda total del edificio (5449,5 MWh_f), con la electricidad se gastan 323.803,88 €/año, mientras que para producir la misma cantidad de frío con aceite usado hay que invertir 630.416,59 €/año, un coste prácticamente el doble de superior, de ahí su falta de viabilidad económica.

CAPÍTULO 12. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

En este capítulo se pretende realizar un estudio más profundo de la viabilidad económica de la alternativa seleccionada, la de los posos de café. Para ello se va a hacer un análisis de sensibilidad, mediante el cual se van a evaluar los efectos sobre la rentabilidad del proyecto al variar diferentes hipótesis y parámetros sobre los que se sustenta el modelo.

Este análisis plantea la posibilidad de que se den dos escenarios optimistas y dos pesimistas entorno a un valor central, que es el estimado para el modelo, de las variables siguientes:

- Tasa de crecimiento anual del I.P.C. (1,08%)
- Tasa de crecimiento del precio del combustible (0,3%).
- Tasa de crecimiento del precio de la electricidad (-0,26).

Entre paréntesis figuran los valores centrales que incorpora el modelo para cada una de las tres variables.

Todos los escenarios de análisis parten de la hipótesis de que se producen modificaciones del valor de un parámetro en sentido positivo y negativo de +10%, +30% y de -10%, -30% entorno al valor incorporado como valor esperado, permaneciendo constantes el resto de las variables del modelo.

	HIPOTESIS DE BASE	INCREMENTO		DISMINUCION	
		10%	30%	-10%	-30%
Tasa crec. I.P.C	1,08%	1,19%	1,40%	0,97%	0,76%
Tasa crec. Combustible	0,30%	0,33%	0,39%	0,27%	0,21%
Tasa crec. Electricidad	-0,26%	-0,29%	-0,34%	-0,23%	-0,18%

Tabla 28. Hipótesis de partida para el análisis de sensibilidad

Se inicia este análisis de sensibilidad con el cálculo de la posible repercusión que implicaría la modificación del valor de la variable “tasa de variación anual del Índice de Precios al Consumo”. Como se puede observar en la Tabla 28 en el modelo se ha tomado como hipótesis de base para este parámetro un valor del 1.08% anual acumulativo, analizándose la incidencia en el VAN y en la TIR de cuatro posibles valores alternativos: que esta tasa fuera un 10% más alta, es decir 1,19%, un 30% más alta situándose en el 1,4% y en extremo opuesto nos encontraríamos con un valor del 0,9% si fuera un 10% más baja de lo planteado o incluso del 0,76% si esta desviación negativa fuera del 30%.

		TASA VARIACION DEL IPC									
		DESVIACIÓN POSITIVA					DESVIACIÓN NEGATIVA				
		30%		10%			-10%		-30%		
AÑOS	ESCENARIO ESPERADO	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR
5		-46.843	-1,91%	-47.457	-1,97%	-47.047	-1,93%	-46.639	-1,89%	-46.232	-1,85%
10		238.335	13,24%	235.677	13,15%	237.454	13,21%	239.211	13,27%	240.948	13,32%
15		478.047	16,61%	472.085	16,51%	476.077	16,57%	479.998	16,64%	483.849	16,70%
20		678.789	17,64%	668.414	17,54%	675.374	17,61%	682.161	17,68%	688.781	17,75%
25		846.174	18,01%	830.418	17,90%	841.005	17,98%	851.261	18,05%	861.196	18,12%

Tabla 29. Análisis de la tasa de variación del IPC

Se obtiene que para una horquilla de variación +/- 30% en este parámetro, cuyos valores irían del 1,4% al 0,76% frente al 1.08% estimado, el efecto en el VAN de la operación por una variación del +30% en la estimación inicial de la tasa de variación del IPC, ocasionaría una disminución de ese valor de 15.755€ lo que supondría una reducción de 1,86% frente al previsto. Para el caso de la TIR esta pasaría de un 18,01% al 17,9%. Por el contrario, una disminución del 30% en el valor estimado de la tasa de variación del IPC (pasar del 1,08% al 0,76%) incrementaría el resultado en 15.022€ frente al calculado en el escenario que se considera más probable, lo que supone un error positivo del 1.78% a lo largo de los 25 años del proyecto. Por su parte la TIR pasa de 18,01% al 18,12%, once puntos básicos más. Para un periodo de 25 años se puede afirmar que los efectos de estas modificaciones son mínimas.

		TASA VARIACION DEL PRECIO CAFÉ									
		INCREMENTO					DISMINUCIÓN				
		30%		10%			-10%		-30%		
AÑOS	ESCENARIO ESPERADO	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR
5		-46.843	-1,91%	-47.166	-1,94%	-46.950	-1,92%	-46.735	-1,90%	-46.519	-1,88%
10		238.335	13,24%	236.974	13,19%	237.882	13,22%	238.787	13,25%	239.690	13,28%
15		478.047	16,61%	475.080	16,56%	477.060	16,59%	479.031	16,62%	480.991	16,66%
20		678.789	17,64%	673.770	17,59%	677.122	17,63%	680.450	17,66%	683.755	17,70%
25		846.174	18,01%	838.762	17,96%	843.714	17,99%	848.623	18,03%	853.489	18,06%

Tabla 30. Análisis de la tasa de variación del precio de los posos de café

Para el caso de la “tasa anual de crecimiento del precio del combustible”, se ha considerado el valor del 0,3% anual en el modelo planteado. Su horquilla de variación de entre el +/-30% hace que el valor de este parámetro oscile entre el 0,39% y el 0,21%. Estas posibles desviaciones en los valores de la tasa de variación anual del precio del café hacen que si el error es del +30% el VAN a los 25 años disminuya en -7.412€, tan solo un -0,88% y la TIR del proyecto pasaría del 18,01% al 17,96%, apenas 5 centésimas de punto porcentual. Por el contrario, si este parámetro fuera un -30% más bajo, es decir del 0,21%, su incidencia en el VAN previsto se reduciría tan solo a un incremento de 7.315€ para este valor y la TIR se incrementaría en cinco centésimas. Luego la incidencia de un error en la estimación de este parámetro es aún menor que para el caso del IPC.

		TASA VARIACION DEL PRECIO PRECIO ELECTRICIDAD									
		INCREMENTO					DISMINUCIÓN				
		30%		10%			-10%		-30%		
AÑOS	ESCENARIO ESPERADO	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR
5		-46.843	-1,91%	-47.784	-2,01%	-47.157	-1,94%	-46.528	-1,88%	-45.899	-1,82%
10		238.335	13,24%	234.460	13,11%	237.042	13,20%	239.630	13,28%	242.226	13,37%
15		478.047	16,61%	469.770	16,47%	475.282	16,56%	480.818	16,65%	486.378	16,75%
20		678.789	17,64%	665.064	17,50%	674.200	17,60%	683.391	17,69%	692.636	17,79%
25		846.174	18,01%	826.295	17,86%	839.522	17,96%	852.850	18,06%	866.278	18,16%

Tabla 31. Variaciones de los parámetros más influyentes en el análisis de sensibilidad I

Continuando con el enfoque seguido con las dos variables anteriores, se calculan las variaciones en el VAN y la TIR del proyecto si la “tasa de disminución acumulativa del precio de la electricidad” se moviera entre el -0,34% (para un error en la estimación del parámetro del +30%)

y -0,18% (disminución de la tasa del 30% frente a un valor contemplado de -0,26% previstos en el estudio). Por lo tanto, para una tasa de variación anual del precio de la electricidad del -0,34%, es decir un 30% menor que la prevista, su incidencia en el VAN de la operación se traduce en una caída del VAN de 19.879€ (tan solo restaría un 2,35% al VAN previsto). Por el contrario, un valor del parámetro situado en el -0,18% elevaría el resultado del proyecto 20.104€, es decir, cuanto menos disminuya la tasa de variación del precio de la electricidad mayor será el VAN. Igual comportamiento se observa para la TIR.

De modo similar a las dos variables anteriores, la incidencia de una sobre o infraestimación de la tasa de decrecimiento anual del precio de la electricidad apenas tiene trascendencia en el beneficio y la rentabilidad del proyecto, estando en torno a los +/- 20.000€ sobre los 846.174€ de VAN esperados y en +/- 0,15% en el caso de la TIR.

Integrando las tres variables, se puede observar como la mayor incidencia en los beneficios y rentabilidad esperados por un error en la estimación de sus valores se obtiene en primer lugar con la tasa de variación anual del precio de la electricidad, seguido de la tasa de variación anual del IPC y en tercer lugar de la tasa de variación anual del coste de oportunidad de los posos del café, y que, en cualquier caso, tiene una incidencia casi despreciable en la viabilidad económica del proyecto.

El siguiente paso dado en el análisis de sensibilidad planteado, es la determinación de los valores críticos de dichas variables, es decir, determinar a partir de qué valores de estos tres parámetros el proyecto comienza a dejar de ser viable económicamente. Se considera que el valor de un parámetro continúa siendo viable económicamente en aquel valor que hace que el VAN, manteniéndose positivo, esté lo más próximo posible a cero.

En el caso de la tasa de variación anual del Índice de Precios al Consumo se observa que si esta variable alcanza un valor del 9,70% anual se genera un VAN a los 25 años de 291 euros, a una TIR del 2,44%, último valor positivo del VAN para el este indicador.

La siguiente variable a estudiar es la tasa de variación del precio de la electricidad. Si dicha tasa de variación del precio de la electricidad se sitúa en el -4,701%, el proyecto alcanza VAN a veinticinco años igual a 89€ con una TIR del -0.84%. Por último, nos encontramos que el valor crítico de la tasa de variación anual del precio de los posos del café se sitúa en el 3,35%, generando un VAN de 51 euros a una TIR del 2,44%. Estos valores críticos son muy improbables de alcanzar o superar, y mucho menos de forma acumulativa durante la mayoría de los ejercicios de vida útil del proyecto. Esto implica un amplio margen de variación del valor de las hipótesis analizadas para mantener en viabilidad el proyecto.

Seguidamente, se va a evaluar la incidencia en el VAN y el TIR del proyecto las posibles variaciones en los valores iniciales contemplados de los parámetros que se consideran que tienen mayor incidencia en la viabilidad económica, los cuales son:

- Una desviación en el importe de la inversión en la maquinaria necesaria.
- Modificaciones en el precio inicial del combustible, marcado por el coste de oportunidad de los posos de café.
- Variaciones en el precio de la electricidad.

En el caso de las variaciones en el precio de la electricidad, se considera como tal a la variación en cada supuesto indicado (+30%,+10%, -10% y -30%) de los precios de los términos de energía y potencia de cada uno de los tres períodos de la tarifa seleccionada (punta, llano y valle), cuyos precios iniciales se muestran previamente en la memoria.

De igual modo que se vio en el caso de la variación de las tasas de crecimiento de IPC, precios de los posos y de la electricidad, se va a estudiar para estas tres variables la misma horquilla de variación que va desde el +30% hasta el -30% en relación con el valor base inicial de cada una de las tres variables citadas en el punto anterior y que se resumen en la tabla siguiente:

VARIABLES	DATO DE BASE	INCREMENTO		DISMINUCIÓN	
		10%	30%	-10%	-30%
Precio inicial posos café	50,00	55,00	65,00	45,00	35,00
Importe inversión	385.000	423.500	500.500	346.500	269.500
Tarifa electrica		10%	30%	-10%	-30%

Tabla 32. Variaciones de los parámetros más influyentes en el análisis de sensibilidad II

Tras las distintas búsquedas y cálculos realizados en capítulos anteriores, se ha estimado una necesidad de inversión en maquinaria entorno a los 385.000€, un coste de oportunidad de los posos del café de 50€/t y un precio de electricidad fijado en base a la Tarifa de Acceso 3.1A del año 2019 (se pueden ver en la *Tabla 7. Precio de la electricidad Tarifa de Acceso 3.1A*).

Los efectos de la variación del precio de los posos del café en la viabilidad del proyecto en la horquilla del +/- 30% se resumen en la siguiente tabla:

AÑOS	VARIACIÓN PRECIO CAFÉ									
	ESCENARIO ESPERADO		INCREMENTO				DISMINUCIÓN			
	VAN	TIR	30%		10%		-10%		-30%	
5	-46.843	-1,91%	-102.124	-7,45%	-65.270	-3,71%	-28.416	-0,16%	8.439	3,22%
10	238.335	13,24%	133.359	8,80%	203.343	11,80%	273.327	14,64%	343.311	17,37%
15	478.047	16,61%	328.398	12,71%	428.164	15,34%	527.930	17,85%	627.695	20,28%
20	678.789	17,64%	488.982	14,01%	615.520	16,46%	742.058	18,81%	868.595	21,10%
25	846.174	18,01%	620.267	14,51%	770.871	16,87%	921.476	19,14%	1.072.081	21,37%

Tabla 33. Análisis de la variación del precio de los posos del café

En primer lugar, como era de esperar, se pone de manifiesto que a mayor precio inicial del poso del café se obtiene un menor VAN y menor TIR del proyecto, ampliándose su efecto si lo unimos a la hipótesis de una tasa positiva de variación anual acumulativa de los precios de los posos del café como la planteada en este trabajo.

Para los porcentajes de variación del precio inicial del café (+/- 30%), éste pasa de los 50€/t a los 60,5€/t (+30%), a los 38,5€ (-30%) y el VAN pasa de los 846.174€ en el modelo a los 620.267€ cuando lo aumentamos un 30%, lo que supone una disminución del VAN de 225.907€, un 26,7% menor que el resultado esperado y una caída del TIR de 3,5 puntos porcentuales. A pesar de ello, en un escenario realmente adverso, la TIR del proyecto continuaría siendo muy atractiva al situarse en el 14,1%. Por el contrario, si el modelo partiera de un precio inicial de los posos del café de 38,50€, un 30% inferior al planteado, el VAN se incrementaría en 225.907€, un 26,7% superior al esperado.

ESCENARIO ESPERADO		VARIACIÓN IMPORTE DE LA INVERSIÓN									
		INCREMENTO					DISMINUCIÓN				
		30%		10%		-10%		-30%			
AÑOS	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	
5	-46.843	-1,91%	-162.343	-9,86%	-85.343	-4,93%	-8.343	1,61%	68.657	10,94%	
10	238.335	13,24%	122.835	7,02%	199.835	10,87%	276.835	16,02%	353.835	23,50%	
15	478.047	16,61%	362.547	11,24%	439.547	14,55%	516.547	19,06%	593.547	25,75%	
20	678.789	17,64%	563.289	12,70%	640.289	15,73%	717.289	19,93%	794.289	26,30%	
25	846.174	18,01%	730.674	13,29%	807.674	16,18%	884.674	20,22%	961.674	26,45%	

Tabla 34. Análisis variación del importe de la inversión

La Tabla 34 resume, en los cuatros escenarios, el efecto de la variación del importe de la inversión necesaria para acometer el proyecto: un incremento del 30% del valor de la inversión inicial en maquinaria, pasa de los 385.000€ a los 500.000€ suponiendo una caída de 115.500€ en el VAN a los 25 años y una disminución de la TIR de 4,72 puntos porcentuales hasta situarla en el 13,29%. Por el contrario, si se fuese capaz de abordar el proyecto de inversión con una reducción del coste de la misma del 30% supondría un incremento del VAN esperado de 13.65% hasta situarlo en los 961.674€ con una TIR del 26,45% a los 25 años.

ESCENARIO ESPERADO		VARIACIÓN PRECIO TARIFA ELECTRICIDAD									
		INCREMENTO					DISMINUCIÓN				
		30%		10%		-10%		-30%			
AÑOS	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	
5	-46.843	-1,91%	119.871	12,71%	8.722	3,25%	-102.427	-7,48%	-213.576	-20,61%	
10	238.335	13,24%	550.778	25,02%	342.471	17,36%	134.163	8,82%	-74.144	-1,57%	
15	478.047	16,61%	917.876	27,17%	624.640	20,25%	331.403	12,75%	38.167	3,83%	
20	678.789	17,64%	1.229.969	27,67%	862.494	21,07%	495.019	14,06%	127.544	5,94%	
25	846.174	18,01%	1.494.690	27,81%	1.062.321	21,34%	629.952	14,57%	197.582	6,90%	

Tabla 35. Análisis de la variación del precio de la tarifa de electricidad

En la Tabla 35 se puede observar cómo afecta al VAN y a la TIR del proyecto una subida de la tarifa eléctrica de partida. Es la variable de las tres estudiadas que tiene una mayor repercusión en la viabilidad del proyecto además de tener una actuación inversa a las dos anteriores respecto al signo de la variación, así una subida del precio de la electricidad eleva la rentabilidad y beneficios del proyecto frente a un comportamiento de signo contrario en las otras dos variables.

Un incremento del precio de la electricidad de un 30% sitúa el VAN del proyecto por encima de los 1,49 millones de euros y una TIR a 25 años en el 27,81%, la más alta de los escenarios contemplados. Por el contrario, si la variación del precio de la electricidad es negativa, una bajada del 30% del precio inicial de ésta nos lleva el VAN del proyecto a los 197.582€ y la TIR al 6,90%, resultando los valores más bajos de todos los escenarios planteados, pero incluso en este caso tan desfavorable se trataría de un proyecto atractivo desde el punto de vista económico.

Para concluir este apartado se calcula a partir que valores de estas tres variables el proyecto comienza a dejar de ser viable económicamente, se calcula utilizando la misma metodología que en el epígrafe anterior.

VARIABLE	Valor crítico	VAN	TIR
Precio inicial poso café	106,15	529	2,47%
Importe de la inversión	1.230.845	329	2,46%
Variación tarifa electrica	-35,65%	902	2,48%

Tabla 36. Valores límites para los parámetros más influyentes I

Como se puede ver en la tabla anterior, y considerando constantes el resto de variables empleadas en este trabajo, si el precio inicial de los posos del café supera los 106,15€, el proyecto entra en VAN negativo y tasa de TIR por debajo de la tasa de descuento o rentabilidad de una inversión alternativa teóricamente sin riesgo como son los bonos del estado a 30 años, que es la utilizada en este trabajo. Este valor crítico se consigue igualmente para un volumen de inversión inicial requerida superior al 1.230.845€, a partir del cual se generaría un VAN negativo y perdería cualquier atractivo desde el punto de vista económico al no generar la rentabilidad suficiente para remunerar el riesgo asumido con la inversión. Respecto al coste de la electricidad, este límite se alcanza si la tarifa en el inicio de la inversión fuera un 35,65% inferior a la contemplada en este estudio, quedando los costes para cada uno de los períodos en:

PRECIOS	TARIFA	P1	P2	P3
Término potencia (€/kW/año)	3.1 A	39,665	24,460	5,609
Término energía (€/MWh)	3.1 A	82,021	73,089	50,033

Tabla 37. Precios límites para la tarifa eléctrica

CAPÍTULO 13. USO DE COMBUSTIBLES RESIDUALES PARA MITIGAR LA POBREZA ENERGÉTICA

Hoy en día, cerca de 1000 millones de personas aún viven sin electricidad, y cientos de millones más viven con un suministro insuficiente o poco confiable. Al mismo tiempo, aproximadamente 3000 millones de personas utilizan combustibles contaminantes como leña u otra biomasa para cocinar o calefaccionar sus viviendas, lo que genera contaminación del aire en espacios abiertos y cerrados que tiene impactos generalizados en la salud. (Grupo Banco Mundial, 2018).

La anterior sentencia enmarcada en uno de los múltiples informes realizados por el Grupo Banco Mundial, con el apoyo de diversas organizaciones internacionales del ámbito de la energía y la cooperación, en su afán de luchar contra la pobreza extrema, deja en evidencia la necesidad de concienciar a la sociedad de que para parte de la población mundial la energía no es un bien accesible y tan fácil de conseguir como a la gran mayoría de nosotros nos resulta. Según sus estimaciones, más del 13% de la población mundial no tiene acceso a la electricidad y entorno a un 40% consiguen la energía necesaria para actividades esenciales del día a día de manera muy precaria.

A pesar de que esta situación nos pueda parecer muy lejana, no hay que referirse a otros países para ver los dramáticos efectos de la pobreza energética. Según el *Informe de Pobreza Energética en España 2018* realizado por la Asociación de Ciencias Ambientales (ACA) la pobreza energética es la causante de unas 7.100 muertes prematuras en España. Las principales consecuencias derivadas de esta trágica situación en un país desarrollado como España, son las asociadas a los cortes en el suministro energético, lo que impide poder realizar actividades tan básicas como encender la luz, poner el microondas, climatizar tu hogar, etc. Un dato sorprendente de este informe revela que en un 10% de las viviendas españolas (4,6 millones de personas) no se dan temperaturas adecuadas para hacer frente a las épocas más frías del año.

Lo más impactante del citado informe es poder llegar a imaginar las crudas circunstancias a las que deben enfrentarse millones de personas en todo el mundo derivadas de la pobreza energética extrema, ya que si estas situaciones se dan en un país desarrollado como España mucho más dramáticas han de ser en otros países mucho más desfavorecidos.

En este capítulo lo que se pretende es aportar un pequeño grano de arena dando visibilidad de este terrible panorama que se vive por todo el mundo derivado de la pobreza energética, así como explicar brevemente cómo el modelo Excel diseñado podría servir para realizar estudios de viabilidad de multitud de proyectos de cooperación que busquen mitigar los efectos derivados de dicha situación produciendo energía de manera simple y eficiente a partir de biomasa accesible.

La primera dificultad a la hora de realizar este capítulo es llegar a un consenso sobre la definición de pobreza energética debido a la multiplicidad de visiones y acepciones que existen a la hora de abordar esta realidad. Una completa definición de la pobreza energética podría ser: “falta de alternativas suficientes para acceder a unos servicios energéticos adecuados, económicos, fiables, seguros y ambientalmente sostenibles que permitan ayudar al desarrollo económico y humano” (Reddy, 2000). A continuación se desarrolla esta definición:

- “falta de alternativas suficientes”, que va desde no tener ningún acceso a tener un acceso insuficiente acorde a las necesidades del individuo o la comunidad.
- “acceder a unos servicios energéticos adecuados, económicos, fiables, seguros”, referido a actividades que proporciona el uso de la energía para el desarrollo humano, social y económico que puedan asegurar el día a día de una persona.
- “ambientalmente sostenibles”, con un coste medioambiental admisible, sin deteriorar la naturaleza, sin favorecer el cambio climático ni la deforestación y desertificación de los entornos naturales, sin poner en peligro el acceso a los alimentos, ni afectar a la conservación y recuperación de los espacios naturales o de cultivo.
- “que permitan ayudar al desarrollo económico y humano”, sin energía accesible y suficiente es imposible conseguir estos desarrollos en un territorio y para sus moradores.



Imagen 24. Cocina sobre tres piedras. Fuente: DW

Seguidamente se procede a detallar los ámbitos más afectados como consecuencia de la pobreza energética:

- Salud. En muchas ocasiones se utiliza directamente biomasa en mal estado para poder llevar a cabo actividades esenciales como cocinar o calentar la vivienda. Esta biomasa (madera, carbón, estiércol, etc.) es quemada en rudimentarios equipos como estufas, chimeneas o simplemente tres piedras los cuales generan altos niveles de contaminación por una combustión ineficiente, a lo que hay que añadir una mala ventilación del recinto genera gases como el monóxido de carbono y partículas en suspensión que producen enfermedades respiratorias graves a largo y medio plazo. Existen distintos informes de la OMS donde se corrobora esta circunstancia.

- Medio ambiente. El suelo es el principal nexo de unión entre el medio ambiente y la pobreza energética, lo que da lugar, en algunas ocasiones, a una sobreexplotación del suelo y de la masa arbórea de un territorio para poder conseguir unos recursos energéticos mínimos para poder sobrevivir.
- Desarrollo social y económico. Un pueblo pobre energéticamente es imposible que pueda desarrollarse económicamente. Es totalmente inviable que pueda competir en ningún sector económico con otra sociedad que disponga de la energía suficiente para aplicarla en el desarrollo y productividad de su agricultura, industria, educación, sanidad, etc. con las graves consecuencias sociales que este hecho supone.

Una vez analizados los datos más significativos asociados a la pobreza energética, así como las drásticas secuelas de la misma, se procede a resumir el uso de la biomasa de una manera sostenible y prudente, aprovechando distintas materias residuales, con el fin de luchar contra esta lacra, estableciéndose de esta manera un vínculo directo con el desarrollo del presente trabajo.

Relacionado con la idea previamente planteada, se han publicado numerosos artículos, estudios, investigaciones, etc. defendiendo el uso responsable de la biomasa en países en vías de desarrollo para hacer frente a la pobreza energética. En esta ocasión se ha tomado como una importante fuente de información el informe de la ONG Ingeniería Sin Fronteras: *Incidencia de los biocombustibles sobre el desarrollo humano. Análisis y certificación social* (2009).

Los biocombustibles, como la mayoría de las fuentes de energía, incluso las denominadas limpias, tienen sus pros y sus contras. En el caso concreto que nos atañe, no son buenos ni malos por sí mismos. Deben ser favorecidas aquellas iniciativas, tanto públicas como privadas, que favorezcan el desarrollo sostenible de los pueblos.

La peculiaridad de los biocombustibles, salvo los de origen urbano o industrial, es que normalmente se necesita de la tierra y el agua para producirlos. Y para producir grandes cantidades, se necesita mucha tierra y agua, tierra que puede ser cultivable, marginal, improductiva, virgen, protegida, etc. Tierra de la que dependen no sólo las personas que habitan en ella y su entorno, sino también todo el ecosistema que en ella se asienta. Tierra que produce y ha de producir los alimentos suficientes para garantizar el derecho a la alimentación de la creciente población mundial.

Promover las tecnologías modernas que usan un amplio abanico de fuentes de biomasa, como los residuos agro-industriales, rurales y urbanos, para generar combustibles de alta calidad, gases y electricidad debe de ser una prioridad a la hora de abordar proyectos que luchen contra la pobreza energética.

Existen múltiples organizaciones, privadas, gubernamentales, no gubernamentales, locales, nacionales o supranacionales y personas a título individual o integrados en asociaciones, etc. que abordan proyectos de lucha contra la pobreza energética en todo el mundo, no sólo en el tercer mundo, con soluciones imaginativas y creativas que ayudan sin duda, en mayor o menor medida a las personas y territorios necesitados. Sería injusto mencionar aquí ningún caso concreto puesto que es imposible no ser injusto con los no nombrados.

Los desarrollos efectuados en el presente TFM en cuanto a cálculos de capacidad de generación de energía, ya sea calor/frío o electricidad, por la utilización de biomasa son extrapolables a la

mayor parte de combustibles con origen en la biomasa adaptando los inputs del modelo y la correspondiente personalización al caso concreto. Este modelo nos podría permitir abordar el análisis de viabilidad energético y económico de proyectos con características similares al estudiado con simples modificaciones en el modelo Excel, explicado en mayor detalle en el *Anejo II. Información detallada del modelo Excel empleado para el análisis de viabilidad de la alternativa seleccionada*.

Algunos ejemplos de este ámbito para los que se podría utilizar el modelo Excel diseñado con ligeras modificaciones podrían ser:

- Estudiar la viabilidad del uso de multitud de recursos de biomasa presentes en la naturaleza (poda forestal, residuos agrícolas como los huesos o cáscaras de frutas, residuos de alimentos, residuos de la ganadería, etc.) para la generación de energía de una manera más eficiente y sostenible.
- Conocer la energía que se podría generar a partir de diferentes recursos a partir de su poder calorífico y la cantidad disponible.
- Saber la cantidad de energía producida en diversas formas como calor, electricidad o frío con una simple adaptación del modelo Excel para instalaciones de cogeneración o trigeneración.
- Conocer la cantidad de combustible necesario para cubrir la demandas energéticas de proyectos de diversos ámbitos, desde las necesidades de una simple casa, un colegio, un hospital, una comunidad, etc.
- Averiguar los requisitos mínimos de los diferentes equipos requeridos para llevar a cabo una instalación de este estilo o conocer las características que se necesitarían de un combustible para operar de forma óptima con una determinada maquinaria.

Para concluir, destacar que el acceso y uso de la energía ha de ser uno de los derechos fundamentales de las personas, explicitado por parte de la ONU en el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 7, Energía asequible y no contaminante. Sin embargo, una importante parte de la humanidad tiene un acceso muy limitado a la misma, en muchos casos apenas llega a la gestión del fuego producido con leña o carbón, para la generación de calor y el cocinado de los alimentos con las gravísimas consecuencias que este uso produce.

Por ello es fundamental que las personas que vemos tan lejano este grave problema nos concienciamos del mismo y sepamos valorar la importancia que tiene el uso de la energía en nuestro día a día e intentar hacer un uso racional y sostenible de la misma. A la vez es imposible solucionar esta mancha sin una actuación conjunta e internacional de los diferentes países, fijando como meta común el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible fijados en la Agenda 2030, firmada en el año 2015 por 193 estados pertenecientes a la ONU.

CAPÍTULO 14. VINCULACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible propone un planteamiento del “mundo para el año 2030” que busca la igualdad entre las personas, proteger el planeta y asegurar la prosperidad. Para ello establece los famosos 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que engloban 169 metas, así como diferentes medios de implementación para alcanzarlos y un marco de seguimiento para comprobar el grado de cumplimiento de los mismos.

Este acuerdo se firmó el 25 de septiembre de 2015 por 193 países pertenecientes a las Naciones Unidas. El origen de esta agenda es la confluencia de otras dos anteriores, la Rio+20 y la Agenda del Milenio, donde se establecían los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), las cuales ya planteaban la necesidad de un desarrollo sostenible.



Imagen 25. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Fuente: ONU

Realizada una breve introducción de la Agenda 2030 y mostrados los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible acordados, se procede a demostrar la estrecha vinculación del contenido de este TFM con algunos de éstos.

Empezar resaltando el papel fundamental que desempeña el acceso a la energía de manera sostenible para conseguir la igualdad entre las personas, la protección del planeta y un desarrollo próspero. Como se pudo ver en el apartado anterior, para las sociedades que viven en condiciones de pobreza energética les es imposible alcanzar ninguno de los ODS y llevar a cabo una vida digna.

Por lo tanto, la implantación de instalaciones similares a la analizada a lo largo del TFM que empleen de manera responsable el uso de la biomasa para la producción de energía (calor, frío o electricidad) pueden aportar su grano de arena para la consecución de los siguientes ODS:

1. FIN DE LA POBREZA

El acceso a las diferentes formas de la energía mencionadas, especialmente la electricidad, están directamente relacionadas con una mejora de la economía de las personas, ya que les permite mejorar su productividad e igualar sus condiciones del día a día con el resto de sociedades. A su vez, los importantes beneficios que supondría en la vida de una persona acabar con la pobreza energética están totalmente ligados con el logro este objetivo.

2. HAMBRE CERO

En comunidades más aisladas poder contar con una fuente de calor y electricidad eficiente incrementa notablemente las oportunidades de cocinar con la mejora de la alimentación que este hecho supone. Por otro lado, el suministro de frío por medio de máquinas de absorción permitiría conservar los alimentos en buen estado.

3. SALUD Y BIENESTAR

La posibilidad de climatizar un hogar, ya sea gracias a la electricidad, al calor generado por la caldera de biomasa o el frío producido por la máquina de absorción, es fundamental para mejorar la salud y bienestar de las personas. Otro ejemplo de cómo el acceso a la energía puede favorecer a la salud es el simple hecho de conservar medicamentos o vacunas.

4. EDUCACIÓN DE CALIDAD

El acceso a la energía mejora radicalmente las condiciones de estudio y enseñanza como por ejemplo la posibilidad de utilizar internet, tener una buena iluminación o adecuadas condiciones climáticas que fomentan la concentración, etc.

5. IGUALDAD DE GÉNERO

La consecución de este objetivo está estrechamente ligado a todos los anteriores, ya que las mujeres son el colectivo que más sufren las consecuencias de la pobreza, el hambre o la falta de educación, por lo que conseguir eliminar estas lacras gracias, en parte, al acceso a la energía, permitiría a las mujeres obtener una mayor independencia y progreso para poder disminuir las grandes desigualdades existentes.

6. AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO

La relación entre la generación de energía y este objetivo es tan directa como que es imposible contar con agua potable y limpia sin acceso a la energía.

7. ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE

Como se explicó en el *Capítulo 5. Biomasa* el uso racional y sostenible de esta energía renovable hace que sea notablemente menos contaminante que los combustibles fósiles. A su vez hay infinidad de oportunidades a partir de la materia orgánica que permitirían obtener energía de manera asequible y menos contaminante aprovechando residuos como es el caso de los posos de café o el aceite usado, siempre que se utilicen equipos lo suficientemente eficientes.

8. TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECÓNOMICO

Para este objetivo sirven las mismas explicaciones dadas en el ODS 1 y 4. El simple hecho de tener internet o línea telefónica en casa aumenta radicalmente las posibilidades de encontrar un trabajo o la posibilidad del teletrabajo.

9. INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURAS

La idea planteada en este trabajo basada en la implementación de una instalación que utilice residuos de la alimentación para la producción de la energía está plenamente integrada en la industria, la innovación y las infraestructuras.

10. REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES

El acceso a la energía en sus diferentes formas y la multitud de beneficios que este hecho conlleva es fundamental para que las personas que viven en circunstancias de pobreza energética puedan tener las mismas condiciones y oportunidades que el resto de la gente.

11. CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES

Poder aprovechar un amplio abanico de residuos urbanos, rurales, industriales, agrícolas, ganaderos, etc. hace que la vida en las ciudades y comunidades sea bastante más sostenible, así como aportar una revalorización energética a dichos residuos.

12. PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES

Como bien se ha mencionado en anteriores ODS un uso responsable y sostenible de la biomasa tiene numerosas ventajas, así como la posibilidad de crear circuitos de economía circular que aprovechen los residuos de multitud de actividades para la generación de energía por medio de calderas de biomasa adaptadas, como es el caso de las alternativas planteadas en los análisis de viabilidad realizados durante el desarrollo del TFM.

13. ACCIÓN POR EL CLIMA

Mencionar nuevamente los efectos beneficios que tiene el uso responsable de la energía renovable de la biomasa para el medioambiente, ya que es menos contaminante que las energías tradicionales derivadas de los combustibles fósiles, llegándose a alcanzar en determinadas circunstancias balances de CO₂ favorables cuando el CO₂ emitido a la atmósfera es menor que el absorbido por la materia orgánica original.

14. VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES

Una vez más, el hecho de utilizar de manera razonable la biomasa, en este caso los cultivos energéticos permitirían luchar contra la erosión y degradación del suelo, con los consecuentes efectos positivos que esto supone en la vida de los ecosistemas terrestres.

CAPÍTULO 15. CONCLUSIONES

El presente TFM surge por la posibilidad de implantar un sistema de economía circular que se iniciaría en un centro de distribución de suministros alimentarios a cadenas de restauración y hostelería, continuando con la recolección de los residuos como aceite usado y posos de café producidos en esos establecimientos y finalizando con la utilización de dichos residuos como biomasa en el centro logístico de origen para la producción del frío necesario en la conservación de los referidos suministros alimentarios.

Sintéticamente, la alternativa explorada en este TFM, a lo largo de todo su desarrollo, es la posible puesta en valor de los residuos de aceite y café usado, previa inversión en la maquinaria y procesos pertinentes, mediante la generación de frío que pudiera sustituir, total o parcialmente, el consumo de electricidad actual proveniente de las máquinas de compresión encargadas de la producción de frío a día de hoy.

Se busca dar respuesta a una pregunta aparentemente muy simple: ¿es viable técnica y económicamente este proyecto? Y la respuesta es aparentemente igual de simple: sí, es viable tanto técnica como económicamente para la alternativa de los posos de café. El cómo se llega a esta respuesta es algo más complejo y es lo que se aborda en este trabajo. Recopilando datos reales, formulando hipótesis, estimando parámetros, identificando y contemplando las posibles restricciones a las que se enfrentaría y desarrollando un modelo en Excel para intentar convertir todos estos inputs en información útil que ayude a tomar la decisión de invertir en este proyecto de valorización de residuos y economía circular.

El proyecto técnicamente es abordable y se plantea a través de un proceso productivo de generación de frío que precisa de una caldera de biomasa que pueda obtener calor a partir de los combustibles residuales analizados, para posteriormente, por medio de una máquina de absorción, aprovechar dicho calor y generar el frío demandado por el centro de distribución.

Con el fin de hacer el análisis técnico lo más realista posible se han buscado y seleccionado aquellos equipos comerciales que mejor se adapten al proceso productivo descrito y que cumplan con los requisitos técnicos establecidos en el estudio. Este aspecto ha sido uno de los más difíciles de resolver en la elaboración del TFM debido a la falta de modelos dedicados a este novedoso planteamiento: utilizar los posos de café o el aceite usado directamente en una caldera. A pesar de ello y gracias a la colaboración del fabricante de calderas *FERROLI* se han seleccionado unas calderas que con leves modificaciones se podrían adaptar perfectamente a las hipótesis estudiadas. Por otro lado, las altas exigencias de temperaturas de los congeladores (-23°C) han complicado la búsqueda de máquinas de absorción que cumplan con este requisito, pero se ha dado finalmente con la empresa alemana *AGO ENERGIE + ANLAGEN* que diseña máquinas de absorción con esta finalidad y también se ha contado con su ayuda para establecer el precio aproximado de los equipos con las características exigidas en las diferentes alternativas.

Desde un punto de vista estrictamente económico se parte del presupuesto de inversión requerido para la adquisición e instalación de la maquinaria necesaria para la generación del frío que se eleva a los 385.000€ para la alternativa seleccionada que usa la totalidad de posos del café disponible, frente a una inversión necesaria para el caso del aceite usado que arrojaría una cifra de 575.000€.

El siguiente paso es la asignación de un precio a los posibles inputs determinándose éstos a través de su coste de oportunidad, que para el caso de los posos del café es de 50€ la tonelada y para el aceite usado se eleva a los 450€ por tonelada.

a de tenerse en cuenta la restricción en cuanto a la disponibilidad de combustible, que para el caso de los posos de café arroja un promedio de 56 toneladas mensuales y para el aceite usado se eleva a 150 toneladas mensuales. Con estos volúmenes disponibles, para el caso del aceite se podría cubrir la totalidad del frío demandado por la empresa. Sin embargo, en el caso de los posos del café solo llegaría a cubrir el 40% de las necesidades de frío requeridas, por lo que habría que completar la cobertura con energía eléctrica proveniente de la red.

Se plantea un análisis de rentabilidad del proyecto a 25 años, coincidente con la vida útil de la maquinaria, que para el caso del aceite es incapaz de generar ningún tipo de beneficio en relación a la situación actual (sin acometer la inversión) debido a la rentabilidad que se obtiene por dicho combustible con su venta como biodiésel. Por contra, si se utiliza como fuente de energía un mix de electricidad y del calor generado gracias a todos los posos de café disponibles, el proyecto es capaz de generar un VAN de 846.172€ en los 25 años de duración de la inversión con una TIR del 18,01%, a pesar de las condiciones conservadoras con las que se ha trabajado.

En un siguiente paso se ha realizado un profundo análisis de sensibilidad para los parámetros más influyentes en los resultados económicos, con horquillas de variación de los valores de entre el +30% y -30% y resultando siempre valores del VAN mayores que cero.

Por lo tanto se podría decir, sin miedo a equivocación, que el proyecto de utilización de los posos de café como combustible para generar frío conjuntamente con las máquinas de compresión actuales es un proyecto viable técnica y económicamente.

Se finaliza este capítulo con las siguientes afirmaciones:

- Que se produce un desarrollo de economía circular entorno al café usado.
- Que aporta una alternativa para alargar la vida de recursos provenientes de la alimentación.
- Que se produce energía por medio de una fuente renovable como es la biomasa.
- Que se promueve el posible aprovechamiento de la biomasa en comunidades aisladas para luchar contra la pobreza energética.
- Que existe una estrecha vinculación entre la finalidad de este TFM y algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

BIBLIOGRAFÍA

- AL-SHEMMERI, T., YEDLA, R. & WARDLE, D. (2015). "Thermal characteristics of various biomass fuels in a small-scale biomass combustor" en *Applied Thermal Engineering*, vol 85.
- CORTÉS TORMO, D. (2019). *Explotación de los residuos del café mediante un sistema de producción cíclico*. Trabajo Fin de Grado. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- GONZALEZ-EGUINO, M. (2014). *La pobreza energética y sus implicaciones*. País Vasco: BC3 y Universidad del País Vasco.
- ORTEGA MARTÍNEZ, M. & GARRIDO SALAZAR, B. (2012). "Biomasa y propietario" en *Remasa*.
- PEREIRA ESPASANDÍN, D., GUIJARRO LOMEÑA, A., HERRERAS YAMBANIS, Y. & LUMBRERAS MARTÍN, J. (2009). "Incidencia de los biocombustibles en el desarrollo humano" en *Ingeniería Sin Fronteras*.
- REDDY, A. (2000). "Energy and Social Issues" en *World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability*. New York: United Nations Development Programme (UNEP).
- ROUSSET PATRICK (2008). *Guía Técnica para la utilización energética de los aceites vegetales*. Brasilia: Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agropecuaria (Cirad).
- TORRELLA ALCARAZ, E. (1996). *La producción de frío*. Valencia: Editorial UPV.
- VARGAS LAZO, A.M. (2018). *Estudio de la producción de pellets a partir de borra de café*. Tesis de investigación. Bogotá: Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia.
- VICENTE SOLTERO, J.A. (2015). *Análisis de Sistemas de Refrigeración Solar por Absorción y Adsorción*. Proyecto Fin de Carrera. Sevilla: Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Sevilla.
- "Guía técnica: Instalaciones de biomasa térmica en edificios" en IDAE (2009).
- "Oportunidades de la biomasa para mejorar el acceso local a la energía en comunidades rurales aisladas en América Latina" en *Fundación Energía sin Fronteras* (2012).
- "Pobreza energética en España 2018. Hacia un sistema de indicadores y una estrategia de actuación estatales" en *Asociación de Ciencias Ambientales* (2018).
- "Posibilidad de Reciclaje y Aprovechamiento de los Aceites Usados" en *Centro de Actividades Regionales para la Producción Limpia* (2001).
- "Tracking SDG 7: The Energy Progress Report 2020" en *World Bank Group* (2020).

- AGO ENERGIE + ANLAGEN. *Ago congelado*. <https://www.ago.ag/ago-congelo-fields-of-application.html> [Consulta: 24 de mayo de 2020].
- AGENDA 2030. *Objetivos de Desarrollo Sostenible*.
<https://www.agenda2030.gob.es/objetivos/home.htm> [Consulta: 8 de julio de 2020].
- BOMBADUR. Bomba Centrífuga de Simple Etapa.
http://www.bombadur.com/producto_zm.php [Consulta: 13 de mayo de 2020].
- CAIB. *Ciclo de absorción*.
http://www.caib.es/conselleries/industria/dgener/user/portaenergia/pla_eficiencia_energetica/climatitzacio_2.es.html [Consulta: 8 de junio de 2020].
- CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA. Ventajas e inconvenientes de la biomasa.
<https://certificadodeeficienciaenergetica.com/articulo/ventajas-e-inconvenientes-biomasa> [Consulta: 16 de mayo de 2020].
- CGC BIOMASA. *La biomasa y la calificación energética de los edificios*.
https://pilarpesquera.files.wordpress.com/2009/04/cat_010409_cgc_bio1.pdf
[Consulta: 22 de mayo de 2020].
- CIENCIAS AMBIENTALES. Pobreza energética en España.
<https://www.cienciasambientales.org.es/index.php/iniciope> [Consulta: 6 de julio de 2020].
- DONALO. *Ventajas y beneficios económicos de la economía circular*.
<https://donalo.org/post.php?post=284> [Consulta: 12 de junio de 2020].
- DW. *Protección del medio ambiente cocinando de forma inteligente*.
<https://www.dw.com/es/protección-del-medio-ambiente-cocinando-de-forma-inteligente/a-5380772> [Consulta: 7 de julio de 2020].
- ECOINVENTOS. *Reciclaje: así se transforma el café en pellets para calderas*.
<https://ecoinventos.com/pellets-de-cafe/> [Consulta: 17 de junio de 2020].
- ECOLOGISMOS. *Caldera que funciona con aceite de cocina usado*.
<https://ecologismos.com/caldera-que-funciona-con-aceite-de-cocina-usado/>
[Consulta: 14 de junio de 2020].
- EL MUNDO. *El aceite usado ahora es combustible*.
<https://www.elmundo.es/elmundo/2013/07/15/paisvasco/1373877777.html>
[Consulta: 14 de junio de 2020].
- EL PAÍS. *El 13% de la población mundial aún no tiene acceso a la electricidad*.
https://elpais.com/economia/2018/05/02/actualidad/1525257286_099135.html
[Consulta: 6 de julio de 2020].

- EL PAÍS. *Más del 40% de la población española sufre pobreza energética.* https://elpais.com/elpais/2019/02/20/3500_millones/1550664003_825237.html [Consulta: 6 de julio de 2020].
- ENERGÍAS RENOVABLES. *La caldera austriaca que quema pellets y produce energía térmica y eléctrica en Badajoz.* <https://www.energias-renovables.com/biomasa/la-caldera-austriaca-que-quema-pellets-y-20190926> [Consulta: 22 de junio de 2020].
- ENERGÍAS RENOVABLES. *Nestlé empleará los posos de café de su planta de Girona para producir energía.* <https://www.energias-renovables.com/biomasa/nestle-empleara-los-posos-de-cafe-de-20190527> [Consulta: 17 de junio de 2020].
- ENERGÍAS RENOVABLES. *Pélets de posos de café: veinte por ciento más poder calorífico que la madera.* <https://www.energias-renovables.com/biomasa/pelets-de-posos-de-cafe-veinte-por-20170215> [Consulta: 17 de junio de 2020].
- ENERGYA VM. *En qué consiste la energía de biomasa* <https://www.energyavm.es/energia-de-biomasa/> [Consulta: 16 de mayo de 2020].
- EXPOBIOMASA. *Nestlé reutilizará sus desechos de café para generar biomasa.* <https://www.expobiomasa.com/calefaccion-industrial-district-heating/nestle-reutilizara-sus-desechos-de-cafe-para-generar-biomasa> [Consulta: 17 de junio de 2020].
- FERROLI. *Caldera industrial de biomasa ARES A.* <https://www.ferroli.com/es/products/biomasa-industrial/caldera-industrial-biomasa-ares-a> [Consulta: 14 de mayo de 2020].
- FERROLI. *Caldera presurizada PREXOTHERM RSH N L.* <https://www.ferroli.com/es/products/grupos-termicos-gas-y-gasoleo-industriales/caldera-presurizada-prexotherm-rsh-n-l> [Consulta: 14 de mayo de 2020].
- FERROLI. *Catálogo febrero 2019.* <https://www.ferroli.com/es/news/ferroli-lanza-su-nueva-tarifa-de-precios-de-calefacción-y-energ%C3%ADas-renovables---febrero-2019> [Consulta: 14 de mayo de 2020].
- FRIIO-RAF. *Condensadores evaporativos.* <http://frioraf.com.ar/condensadores/condensadores-evaporativos/> [Consulta: 13 de mayo de 2020].
- FUNDACIÓN ENDESA. *Centrales de biomasa y sus tipos.* <https://www.fundacionendesa.org/es/centrales-renovables/a201908-central-de-biomasa> [Consulta: 16 de mayo de 2020].
- GREENSIDE SOLUTIONS. <https://www.greensidesolutions.com> [Consulta: 10 de abril de 2020].
- GRUPO BANCO MUNDIAL. *Energía.* <https://www.bancomundial.org/es/topic/energy/overview> [Consulta: 5 de julio de 2020].

- IBERDROLA. *La economía circular, un nuevo modelo de producción y consumo sostenible*. <https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/economia-circular-3-erres> [Consulta: 12 de junio de 2020].
- ICOGEN. *La refrigeración en ciclo de absorción*. <http://icogen-sa.com/eficiencia-energetica-3/refrigeracion-termica/la-refrigeracion-en-ciclo-de-absorcion.html> [Consulta: 8 junio de 2020].
- IDAE. *Informe de Precios de la Biomasa para Usos Térmicos*. https://www.idae.es/sites/default/files/estudios_informes_y_estadisticas/informe_precios_biomasa_usos_termicos_4t_2019_corregido_af.pdf [Consulta: 2 de junio de 2020].
- IDAE. *Poderes caloríficos inferiores*. <https://www.idae.es/estudios-informes-y-estadisticas> [Consulta: 2 de junio de 2020].
- MYCOM. *Paquete tornillo Serie V*. http://www.mycom.cl/pdf/TORNILLO_SERIE_V.pdf [Consulta: 13 de mayo de 2020].
- NACIONES UNIDAS. *La Agenda para el Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/> [Consulta: 8 julio de 2020].
- NATURGY. *La refrigeración por absorción: qué es y dónde se usa*. https://www.naturgy.es/empresas/blog/la_refrigeracion_por_absorcion_que_es_y_donde_se_usa [Consulta: 8 de junio de 2020].
- OBS BUSINESS SCHOOL. *VAN y TIR dos herramientas para la viabilidad de una inversión*. <https://obsbusiness.school/es/blog-investigacion/finanzas/van-y-tir-dos-herramientaspara-la-viabilidad-de-una-inversion> [Consulta: 3 de julio de 2020].
- OPEX ENERGY. *Plantas de biomasa*. <http://opex-energy.com/biomasa/> [Consulta: 15 de mayo de 2020].
- PARLAMENTO EUROPEO. *Economía circular: definición, importancia y beneficios*. <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios> [Consulta: 12 de junio de 2020].
- SLIDEAHARE. *Energía de la Biomasa*. <https://es.slideshare.net/geopaloma/biomasa-268650> [Consulta: 22 de mayo de 2020].
- SOSENER. *Descubre el pellet de posos de café*. <https://www.sosener.es/descubre-pellet-posos-cafe/> [Consulta: 17 de junio de 2020].

B. PRESUPUESTO

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

B.1. PRESUPUESTOS PARCIALES	2
B.2. RESÚMENS POR CAPÍTULO	2
B.3. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	2
B.4. RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	3

B.1. PRESUPUESTOS PARCIALES

NºOrden	Uds.	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
1		Caldera de biomasa			109.280,00
1.1		Caldera de biomasa ARES A 500			59.750,00
1.1.1	ud	Caldera de biomasa de agua caliente policombustible de alta potencia, modelo "ARES A 500" de la empresa "FERROLI". Potencia útil de 500 kW, rendimiento superior al 89% y volumen de tolva incorporada de 560 L. Dispone de 3 pasos de humo. Cuerpo de caldera en acero con quemador de hierro fundido por floración con sistema de alimentación mecánico. Incorpora válvula hidrúrica como elemento de seguridad contra retroceso de la llama hasta la tolva. Presión máxima de trabajo de 3 bar (posible fabricación especial a 6 bar). Sinfin para el transporte de combustible con velocidad variable. Control de aire primario y secundario. Clasificada como Clase 3 de acuerdo a la norma UNE-EN 3303.	1,00	59.750,00	59.750,00
1.2		Accesorios			49.530,00
1.2.1	ud	Panel de control electrónico F20 para encendido automático, mantenimiento de quemador encendido, modulación de la llama, predisposición para telecontrol y sonda lambda.	1,00	15.090,00	15.090,00
1.2.2	ud	Extractor de limpieza de cenizas automático. Eficiencia de limpieza 60-70%.	1,00	2.865,00	2.865,00
1.2.3	ud	Panel refractario cámara de combustión.	1,00	2.685,00	2.685,00
1.2.4	ud	Turbuladores para aumentar el rendimiento.	1,00	1.780,00	1.780,00
1.2.5	ud	Válvula de estrella. Elemento de seguridad de antiincendio en tolva.	1,00	2.565,00	2.565,00
1.2.6	ud	Sistema de limpieza neumática pasos de humos a base de golpes de aire.	1,00	9.655,00	9.655,00
1.2.7	ud	Multicición. Elemento para realizar una depuración de ceniza por decantación. Asegura la depresión necesaria en caldera para un correcto funcionamiento de la misma mejorando la combustión y asegurando obtener la potencia máxima de diseño de la caldera.	1,00	14.890,00	14.890,00

Tabla 1. Presupuesto parcial de la caldera de biomasa

NºOrden	Uds.	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
2		Máquina de absorción			275.000,00
2.1		Máquina de absorción AGO CONGELO			275.000,00
2.1.1	ud	Máquina de absorción modelo "AGO CONGELO" de la empresa "AGO ENERGIE + ANLAGEN". Producción de temperaturas frías entre los 5°C y los -40°C. Necesidad de temperaturas de agua caliente entre los 85°C y los 160°C. Capacidad térmica de calor 100-3.000 kW. Capacidad de potencia de frío 50-1.500 kW. COP entre 0,5-0,6.	1,00	275.000,00	275.000,00

Tabla 2. Presupuesto parcial de la máquina de absorción

B.2. RESÚMENS POR CAPÍTULOS

1	Caldera de biomasa	109.280,00
1.1	Caldera de biomasa ARES A 500	59.750,00
1.2	Accesorios	49.530,00

Tabla 3. Resumen capítulo de la caldera de biomasa

2	Máquina de absorción	275.000,00
2.1	Máquina de absorción AGO CONGELO	275.000,00

Tabla 4. Resumen capítulo de la máquina de absorción

B.3. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

1	Caldera de biomasa	109.280,00
2	Máquina de absorción	275.000,00
	Presupuesto de ejecución material (PEM)	384.280,00

Tabla 5. Presupuesto de ejecución material para la alternativa de posos de café

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de TRESCIENTOS OCHENTA Y CUATRO MIL DOSCIENTOS OCHENTA EUROS.

B.4. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

1	Caldera de biomasa		109.280,00
2	Máquina de absorción		275.000,00
	Presupuesto de ejecución material (PEM)		384.280,00
	Gastos generales (GG)	13%	49.956,40
	Beneficio industrial (BI)	6%	23.056,80
	Presupuesto de ejecución por contrata (PEC)		457.293,20
	IVA	21%	96.031,57
	Presupuesto de ejecución por contrata con IVA		553.324,77

Tabla 6. Resumen del presupuesto de la alternativa de posos de café

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata con IVA a la expresada cantidad de QUINIENTOS CINCUENTA Y TRES MIL TRESCIENTOS VEINTE Y CUATRO EUROS CON SETENTA Y SIETE CÉNTIMOS.

C. ANEJOS

ANEJO I. CONSUMOS
ELÉCTRICOS POR HORAS
ACTUALES

ÍNDICDE ANEJO I

I.1. ENERO.....	1
I.2 FEBRERO	2
I.3. MARZO	3
I.4. ABRIL	4
I.5. MAYO	5
I.6. JUNIO.....	6
I.7. JULIO.....	7
I.8 AGOSTO	8
I.9. SEPTIEMBRE	9
I.10 OCTUBRE.....	10
I.11. NOVIEMBRE	11
I.12. DICIEMBRE	12

I.1. ENERO

L	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Dia	Media
19	282,19	259,27	284,75	266,70	277,72	264,20	265,68	258,67	268,67	258,76	285,26	278,93	282,35	277,36	276,60	282,99	263,70	256,20	268,61	264,11	266,74	253,15	256,38	273,42	6472,39	269,68
18	262,50	264,11	269,96	266,60	261,21	262,19	257,69	251,32	252,93	247,07	255,54	252,35	251,91	260,08	258,20	268,42	262,74	263,84	272,09	275,13	280,41	271,65	277,98	267,19	6313,12	263,05
L	272,34	261,69	277,36	266,65	269,46	263,20	261,68	254,99	260,80	252,91	270,40	265,64	267,13	268,72	267,40	275,71	263,22	260,02	270,35	269,62	275,58	262,40	267,18	270,30	6392,76	266,36

Tabla 1. Lunes enero

M	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Dia	Media
19	265,80	260,90	252,74	255,05	257,21	255,96	261,58	261,14	256,13	247,26	270,88	263,25	263,75	260,78	268,37	276,82	270,63	256,40	273,25	254,89	253,83	260,48	256,47	252,07	6255,67	260,65
18	275,24	271,52	275,30	279,83	272,56	264,38	265,84	257,44	261,18	253,70	262,21	264,51	261,69	265,53	268,94	276,04	271,88	281,16	289,31	285,64	288,96	277,75	285,64	271,69	6527,94	272,00
M	270,52	266,21	264,02	267,44	264,89	260,17	263,71	259,29	258,66	250,48	266,54	263,88	262,72	263,16	268,66	276,43	271,26	268,78	281,28	270,26	271,40	269,12	271,06	261,88	6391,80	266,33

Tabla 2. Martes enero

X	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Dia	Media
19	257,01	243,84	262,31	252,39	254,82	249,44	258,39	256,70	252,16	250,03	262,10	263,49	256,00	251,04	270,40	275,47	262,51	242,98	266,71	259,04	265,58	263,44	267,47	256,70	6200,01	258,33
18	275,85	277,35	278,19	275,32	268,14	268,23	272,88	261,22	263,39	256,51	262,42	264,95	263,22	267,93	271,91	276,25	273,76	276,44	278,44	284,74	280,41	274,26	272,73	267,84	6512,36	271,35
X	266,43	260,60	270,25	263,85	261,48	258,83	265,63	258,96	257,78	253,27	262,26	264,22	259,61	259,48	271,16	275,86	268,14	259,71	272,57	271,89	273,00	268,85	270,10	262,27	6356,19	264,84

Tabla 3. Miércoles enero

J	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Dia	Media
19	263,48	232,45	246,84	264,51	261,49	256,99	276,96	271,05	264,45	253,33	257,38	252,60	261,11	253,82	255,50	275,77	266,47	241,71	262,42	260,60	267,77	259,95	264,59	264,99	6236,21	259,84
18	278,89	276,03	274,63	276,92	273,42	271,10	264,47	267,37	272,66	262,29	270,45	264,04	265,58	269,64	275,08	277,87	273,95	272,78	279,86	278,38	285,25	265,91	275,99	274,97	6547,50	272,81
J	271,18	254,24	260,73	270,71	267,46	264,04	270,71	269,21	268,56	257,81	263,91	258,32	263,35	261,73	265,29	276,82	270,21	257,25	271,14	269,49	276,51	262,93	270,29	269,98	6391,85	266,33

Tabla 4. Jueves enero

V	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Dia	Media
19	267,50	240,22	252,97	258,96	254,25	238,84	265,35	249,73	246,53	238,39	264,25	252,40	280,00	269,31	279,62	285,77	279,47	267,65	276,72	274,52	273,77	257,25	259,64	272,09	6305,17	262,72
18	276,36	273,73	270,31	276,06	273,33	270,19	263,06	257,91	264,90	261,57	267,70	273,42	267,32	270,93	265,44	274,15	273,52	274,75	280,02	287,39	281,61	268,76	276,61	267,53	6516,53	271,52
V	271,93	256,98	261,64	267,51	263,79	254,51	264,20	253,82	255,71	249,98	265,97	262,91	273,66	270,12	272,53	279,96	276,49	271,20	278,37	280,95	277,89	263,00	268,12	269,81	6410,85	267,12

Tabla 5. Viernes enero

S	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Dia	Media
19	252,31	240,17	254,61	254,73	267,41	249,22	268,16	258,03	252,86	243,26	268,91	257,06	270,02	268,93	268,10	277,44	267,48	251,71	265,11	257,58	268,89	259,34	255,13	248,32	6224,77	259,37
18	275,82	272,83	270,92	273,73	262,76	263,37	259,90	253,21	261,81	254,42	259,57	263,16	242,36	261,07	263,99	272,85	258,29	263,49	280,00	277,98	278,77	267,36	241,46	228,10	6307,21	262,80
S	264,07	256,50	262,77	264,23	265,08	256,30	264,03	255,62	257,33	248,84	264,24	260,11	256,19	265,00	266,05	275,14	262,89	257,60	272,56	267,78	273,83	263,35	248,29	236,21	6265,99	261,08

Tabla 6. Sábado enero

D	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Dia	Media
19	256,10	238,56	243,93	228,46	222,03	224,85	228,46	227,89	233,26	221,17	242,40	225,88	235,18	239,13	232,66	247,51	240,24	228,60	244,86	240,81	246,34	248,86	271,52	278,48	5747,16	239,46
18	226,59	229,32	234,92	228,77	220,48	223,35	222,29	223,88	228,11	223,47	231,53	230,10	221,24	233,05	233,14	232,59	224,64	228,06	226,30	225,13	238,79	243,86	272,76	258,72	5561,07	231,71
D	241,34	233,94	239,43	228,61	221,25	224,10	225,38	225,89	230,69	222,32	236,96	227,99	228,21	236,09	232,90	240,05	232,44	228,33	235,58	232,97	242,56	246,36	272,14	268,60	5654,11	235,59

Tabla 7. Domingo enero

I.2 FEBRERO

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media			
19	257,56	239,70	256,84	235,80	229,76	224,31	256,40	247,18	231,53	229,77	247,51	254,49	263,54	261,02	276,56	280,34	283,18	267,02	273,35	250,05	243,56	245,02	252,28	258,32	245,02	252,28	258,32	6065,04	252,71
18	247,62	250,05	252,54	251,07	244,26	251,50	241,07	231,71	241,47	232,50	249,10	243,45	240,24	250,08	246,51	257,63	255,58	258,63	270,15	273,04	278,98	264,94	265,44	258,95	258,95	265,44	258,95	6056,49	252,35
L	252,59	244,87	254,69	243,43	237,01	237,90	248,73	239,44	236,50	231,13	248,30	248,97	251,89	255,55	261,53	268,98	269,38	262,82	271,75	261,55	261,27	254,98	258,86	258,63	260,60	260,60	6060,76	252,53	

Tabla 8. Lunes febrero

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media		
19	269,24	234,00	263,86	252,19	258,35	249,16	261,71	267,08	256,22	249,79	255,30	258,03	265,23	263,11	275,77	278,53	276,12	271,18	271,05	269,85	276,89	268,34	278,04	256,83	256,83	263,25	6325,85	263,58
18	261,40	262,14	262,69	258,55	251,02	254,87	236,27	228,68	245,80	232,83	240,50	244,68	243,67	247,68	251,14	250,93	262,57	261,95	271,97	269,81	273,97	258,03	269,20	264,11	264,11	264,11	6104,43	254,35
M	265,32	248,07	263,27	255,37	254,69	252,02	248,99	247,88	251,01	241,31	247,90	251,36	254,45	255,39	263,46	264,73	269,35	266,56	271,51	269,83	275,43	263,18	273,62	260,47	260,47	260,47	6215,14	258,96

Tabla 9. Martes febrero

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media		
19	265,89	246,32	245,49	248,69	245,54	247,54	268,29	250,96	247,03	238,27	251,22	242,45	268,58	260,57	269,81	265,42	268,32	252,55	263,45	271,49	252,30	249,73	265,06	256,42	256,42	256,42	6141,36	255,89
18	269,69	264,32	266,94	267,08	259,34	256,11	249,58	235,44	245,87	236,33	247,46	250,93	248,27	249,55	258,10	273,35	270,74	275,51	277,48	280,74	288,91	273,68	273,66	258,18	258,18	258,18	6277,24	261,55
X	267,79	255,32	256,22	257,88	252,44	251,82	258,93	243,20	246,45	237,30	249,34	246,69	258,42	255,06	263,96	269,38	269,53	264,03	270,46	276,11	270,60	261,71	269,36	257,30	257,30	257,30	6209,30	258,72

Tabla 10. Miércoles febrero

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media		
19	253,33	245,56	249,70	237,92	247,90	241,28	265,51	266,30	249,48	257,05	265,35	264,82	265,44	268,15	257,40	260,12	260,38	248,63	263,95	264,65	268,54	265,13	272,25	244,07	244,07	244,07	6182,89	257,62
18	259,17	253,63	251,81	250,55	245,64	244,17	230,27	233,74	237,49	227,29	233,28	246,27	236,49	251,62	252,50	258,89	246,59	249,72	259,12	271,10	268,84	258,30	259,43	244,30	244,30	244,30	5970,16	248,76
J	256,25	249,60	250,75	244,23	246,77	242,72	247,89	250,02	243,48	242,17	249,32	255,55	250,97	259,88	254,95	259,50	253,48	249,17	261,53	267,87	268,69	261,71	265,84	244,19	244,19	244,19	6076,52	253,19

Tabla 11. Jueves febrero

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media		
19	263,82	242,42	238,22	239,76	251,85	259,80	276,54	275,53	288,62	274,06	282,45	262,29	265,44	258,91	272,16	278,78	273,45	256,99	276,08	252,05	258,54	268,77	256,19	281,63	281,63	281,63	6354,33	264,76
18	253,61	250,15	252,38	254,52	252,14	247,49	240,79	233,83	239,37	229,12	225,97	244,80	236,92	243,81	249,12	259,15	257,61	262,76	269,50	269,10	276,56	259,62	266,37	260,05	260,05	260,05	6034,70	251,45
V	258,72	246,28	245,30	247,14	251,99	253,64	258,66	254,68	263,99	251,59	254,21	253,94	251,18	251,36	260,64	268,96	265,53	259,88	272,79	260,57	267,55	264,19	261,28	270,84	270,84	270,84	6194,51	258,10

Tabla 12. Viernes febrero

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media		
19	280,00	257,33	278,77	253,66	251,10	242,36	266,32	263,61	265,61	262,43	272,02	265,34	268,83	267,58	273,16	271,27	258,47	245,46	254,33	251,28	246,94	243,71	241,50	236,05	236,05	236,05	6217,11	259,05
18	267,13	260,98	264,94	263,90	258,41	259,10	252,69	242,99	242,43	234,18	241,36	243,69	241,43	244,69	247,79	240,46	234,47	234,87	247,18	260,24	263,21	251,24	251,90	226,25	226,25	226,25	5975,48	248,98
S	273,57	259,15	271,85	258,78	254,75	250,73	259,50	253,30	254,02	248,31	256,69	254,51	255,13	256,13	260,47	255,86	246,47	240,16	250,75	255,76	255,07	247,48	246,70	231,15	231,15	231,15	6096,30	254,01

Tabla 13. Sábado febrero

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media		
19	235,73	220,82	227,51	236,78	237,16	225,64	237,32	237,56	241,56	240,20	218,04	223,17	222,15	220,22	259,96	248,25	234,47	215,00	237,25	239,15	234,66	237,20	262,34	260,74	260,74	260,74	5652,87	235,54
18	211,71	210,79	217,43	219,40	211,64	211,32	205,02	208,76	210,78	210,46	218,32	211,86	204,93	216,90	213,57	219,27	210,67	215,75	213,60	222,17	227,56	220,03	246,18	234,88	234,88	234,88	5192,99	216,37
D	223,72	215,80	222,47	228,09	224,40	218,48	221,17	223,16	226,17	225,33	218,18	217,51	213,54	218,56	236,76	233,76	222,57	215,38	225,42	230,66	231,11	228,62	254,26	247,81	247,81	247,81	5422,93	225,96

Tabla 14. Domingo febrero

I.3. MARZO

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	257,56	239,70	256,84	235,80	229,76	224,31	256,40	247,18	231,53	229,77	247,51	254,49	263,54	261,02	276,56	280,34	283,18	267,02	273,35	250,05	243,56	245,02	252,28	258,32	6065,04	252,71
18	247,62	250,05	252,54	251,07	244,26	251,50	241,07	231,71	241,47	232,50	249,10	243,45	240,24	250,08	246,51	257,63	255,58	258,63	270,15	273,04	278,98	264,94	265,44	258,95	6056,49	252,35
L	252,59	244,87	254,69	243,43	237,01	237,90	248,73	239,44	236,50	231,13	248,30	248,97	251,89	255,55	261,53	268,98	269,38	262,82	271,75	261,55	261,27	254,98	258,86	258,63	6060,76	252,53

Tabla 15. Lunes marzo

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	265,06	236,80	246,51	231,41	246,02	242,39	253,78	257,17	248,51	236,35	248,77	253,61	257,29	248,30	267,68	265,63	267,60	247,72	259,93	264,56	255,65	259,81	261,30	235,32	6057,15	252,38
18	277,98	267,32	270,62	270,46	267,44	269,67	236,84	252,47	258,34	247,70	250,91	261,33	254,11	263,21	268,46	267,67	271,76	285,23	291,02	292,40	289,90	268,13	279,74	280,66	6443,35	268,47
M	271,52	252,06	258,57	250,93	256,73	256,03	245,31	254,82	253,42	242,02	249,84	257,47	255,70	255,75	268,07	266,65	269,68	266,48	275,48	278,48	272,78	263,97	270,52	257,99	6250,25	260,43

Tabla 16. Martes marzo

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	245,64	244,95	252,00	245,02	247,22	241,60	254,82	241,75	251,05	245,52	258,77	261,40	260,95	263,56	264,71	256,63	258,65	263,73	269,00	260,84	265,42	268,77	265,42	241,91	6038,28	251,60
18	282,09	283,06	280,95	280,38	276,36	267,13	270,35	266,99	268,31	261,69	264,61	261,60	264,73	266,68	262,61	262,09	282,30	284,18	286,32	289,19	291,14	274,89	272,92	251,80	6552,35	273,01
X	268,86	264,01	266,47	262,70	261,79	254,36	262,58	254,37	259,68	253,60	261,89	261,50	262,84	265,12	263,66	259,36	270,47	273,95	277,66	275,01	278,28	271,83	269,17	246,86	6295,31	262,30

Tabla 17. Miércoles marzo

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	262,08	259,56	263,03	247,87	260,50	246,79	259,77	255,68	263,25	246,16	258,46	259,55	261,80	263,76	271,55	274,66	273,38	259,48	260,50	254,11	254,77	260,95	259,55	252,57	6229,75	259,57
18	270,43	269,55	267,07	268,24	275,15	257,21	257,99	258,22	263,94	253,90	264,85	261,96	263,71	266,27	262,55	269,79	275,05	274,27	284,44	285,09	291,07	279,68	278,80	269,57	6468,82	269,53
J	266,26	264,55	265,05	258,05	267,82	252,00	258,88	256,95	263,60	250,03	261,85	260,75	262,76	265,01	267,05	272,22	274,21	266,88	272,47	269,60	272,92	270,31	269,17	261,07	6349,28	264,55

Tabla 18. Jueves marzo

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	259,80	252,45	256,02	242,24	256,89	242,45	263,16	247,29	250,64	240,32	252,42	251,43	265,72	266,90	270,21	267,68	262,35	249,33	263,31	250,88	271,31	264,60	267,96	258,12	6173,48	257,23
18	276,69	269,58	273,46	274,60	271,94	277,67	266,06	254,11	259,61	248,64	260,88	246,00	269,68	258,64	260,67	265,26	270,00	276,75	270,92	275,69	284,82	266,64	272,17	269,94	6420,40	267,52
V	268,24	261,01	264,74	258,42	264,41	260,06	264,61	250,70	255,12	244,48	256,85	248,71	267,70	262,77	265,44	266,47	266,17	263,04	267,12	263,28	278,06	265,62	270,06	264,03	6296,94	262,37

Tabla 19. Viernes marzo

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	259,00	252,93	258,49	250,22	262,76	240,52	245,04	257,48	260,82	254,42	257,67	259,98	253,16	250,87	261,18	255,18	264,99	252,01	260,90	246,12	251,04	248,32	233,20	235,28	6071,59	252,98
18	275,13	269,64	276,43	276,16	276,73	267,11	258,85	257,82	260,39	248,81	257,48	252,57	250,70	255,62	256,95	270,36	260,06	260,76	265,38	276,93	277,52	266,09	248,55	244,92	6310,97	262,96
S	267,07	261,28	267,46	263,19	269,75	253,81	251,95	257,85	260,60	251,62	257,58	256,28	251,93	253,25	259,07	262,77	262,53	256,39	263,14	261,53	264,28	257,20	240,88	240,10	6191,28	257,97

Tabla 20. Sábado marzo

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	250,79	236,20	241,73	230,22	231,73	228,86	223,11	226,49	219,59	208,38	214,92	214,73	227,29	214,24	222,98	216,51	225,96	228,51	239,58	222,82	231,69	240,79	262,74	259,03	5518,89	229,95
18	229,53	237,42	234,28	232,43	231,37	228,04	216,52	224,18	234,09	220,13	230,23	225,95	216,94	235,70	238,68	234,54	232,03	227,19	236,59	240,10	246,27	238,18	269,26	274,94	5634,55	234,77
D	240,16	236,81	238,00	231,32	231,55	228,45	219,81	225,33	226,84	214,25	222,57	220,34	222,12	224,97	230,83	225,53	228,99	227,85	238,09	231,46	238,98	239,48	266,00	266,98	5576,72	232,36

Tabla 21. Domingo marzo

I.4. ABRIL

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T.Día	Media
19	274,14	264,30	270,55	247,62	271,52	254,78	254,97	246,55	254,27	255,18	260,27	256,28	269,58	251,74	269,47	279,29	272,15	261,94	262,64	264,59	273,49	272,83	269,74	267,87	6325,75	263,57
18	272,70	270,95	271,60	265,58	266,01	262,80	245,56	244,81	257,71	255,68	263,90	256,98	259,62	262,90	260,76	271,88	273,12	275,36	274,13	275,83	282,54	274,80	270,55	262,13	6377,90	265,75
L	273,42	267,62	271,07	256,60	268,77	258,79	250,27	245,68	255,99	253,43	262,08	256,63	264,60	257,32	265,12	275,59	272,63	268,65	268,39	270,21	276,02	273,82	270,14	265,00	6351,82	264,66

Tabla 22. Lunes abril

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T.Día	Media
19	274,19	252,06	260,96	247,53	265,32	251,11	256,95	255,89	249,89	255,45	264,99	253,45	266,20	265,11	277,47	276,95	283,87	275,79	278,46	260,21	258,48	270,63	269,96	263,68	6334,60	263,94
18	273,68	270,85	260,74	270,78	268,98	269,66	243,05	247,96	258,28	252,93	259,86	258,86	263,23	266,98	264,32	257,68	264,61	269,71	280,52	288,19	288,91	278,95	281,24	260,27	6400,23	266,68
M	273,93	261,46	260,85	259,15	267,15	260,39	250,00	251,93	254,09	254,19	262,42	256,15	264,72	266,05	270,90	267,31	274,24	272,75	279,49	274,20	273,69	274,79	275,60	261,97	6367,42	265,31

Tabla 23. Martes abril

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T.Día	Media	
19	267,29	247,67	246,63	248,01	263,49	244,21	262,30	258,13	251,59	251,55	262,47	263,37	273,35	275,22	282,37	281,33	280,45	275,30	282,99	263,66	272,70	261,76	267,32	262,18	6345,34	264,39	
18	276,34	275,79	270,36	268,13	266,68	264,73	247,78	245,02	254,61	244,86	247,98	252,31	257,82	267,94	273,49	270,02	276,72	269,86	269,91	272,31	280,79	280,79	265,79	268,60	262,76	6350,56	264,61
X	271,82	261,73	258,49	258,07	265,08	254,47	255,04	251,57	253,10	248,20	255,23	257,84	265,58	271,58	277,93	275,67	278,58	272,58	276,45	267,99	276,75	263,78	267,96	262,47	6347,95	264,50	

Tabla 24. Miércoles abril

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T.Día	Media
19	267,96	256,82	264,97	255,54	272,28	252,75	274,11	260,00	256,98	253,47	258,82	256,42	266,84	269,55	279,36	270,19	280,02	266,93	272,88	259,33	270,13	253,02	260,19	255,29	6333,82	263,91
18	265,51	271,05	260,66	258,53	260,41	257,81	250,40	250,56	261,74	252,00	252,69	255,18	256,13	258,63	264,47	269,17	257,17	263,43	269,91	274,02	278,34	267,68	282,07	262,40	6299,92	262,50
J	266,74	263,93	262,81	257,03	266,34	255,28	262,26	255,28	259,36	252,73	255,75	255,80	261,49	264,09	271,91	269,68	268,60	265,18	271,39	266,67	274,23	260,35	271,13	258,85	6316,87	263,20

Tabla 25. Jueves abril

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T.Día	Media
19	276,17	253,12	254,33	247,84	265,15	251,85	266,90	269,50	262,40	260,38	272,57	264,96	276,17	274,19	270,35	266,07	261,50	257,69	256,39	259,26	256,77	265,89	263,54	262,87	6315,86	263,16
18	278,77	278,14	273,75	273,16	264,85	262,87	247,46	247,77	258,43	256,35	260,98	253,97	258,32	258,06	260,52	251,00	250,67	255,06	257,44	257,46	275,33	276,37	284,51	267,60	6308,80	262,87
V	277,47	265,63	264,04	260,50	265,00	257,36	257,18	258,64	260,42	258,36	266,77	259,46	267,24	266,12	265,43	258,54	256,08	256,38	256,91	258,36	266,05	271,13	274,02	265,24	6312,33	263,01

Tabla 26. Viernes abril

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T.Día	Media
19	280,95	254,52	264,66	246,70	263,80	257,30	261,48	257,29	257,22	249,54	259,17	252,90	263,88	268,69	270,60	271,63	264,84	261,17	257,96	245,33	249,93	250,24	241,69	240,68	6192,13	258,01
18	277,65	272,81	274,52	268,29	269,50	259,12	248,05	249,32	255,09	253,91	256,11	254,87	250,93	254,06	260,50	265,96	268,29	262,78	278,83	281,88	278,36	264,47	270,47	248,22	6323,99	263,50
S	279,30	263,66	269,59	257,50	266,65	258,21	254,76	253,31	256,16	251,72	257,64	253,88	257,40	261,38	265,55	268,80	266,57	261,97	268,40	263,60	264,14	257,35	256,08	244,45	6258,06	260,75

Tabla 27. Sábado abril

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T.Día	Media
19	253,50	231,05	231,17	217,42	230,34	224,94	233,39	218,39	214,52	213,62	216,30	218,63	217,75	222,24	232,48	221,74	227,44	214,74	224,07	215,98	219,89	231,90	237,25	252,10	5420,82	225,87
18	266,83	255,30	248,86	243,33	230,67	229,38	226,18	229,59	241,81	235,78	236,14	242,61	223,95	239,58	247,89	240,12	236,04	253,88	257,77	261,28	263,06	252,31	270,91	249,89	5883,15	245,13
D	260,17	243,17	240,01	230,37	230,50	227,16	229,79	223,99	228,17	224,70	226,22	230,62	220,85	230,91	240,18	230,93	231,74	234,31	240,92	238,63	241,47	242,11	254,08	251,00	5651,99	235,50

Tabla 28. Domingo abril

I.5. MAYO

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	268,36	259,79	269,90	257,46	253,57	258,89	265,01	273,38	269,91	256,00	258,72	254,13	273,49	283,23	287,93	291,49	281,64	269,87	271,75	261,58	271,90	267,22	267,37	257,46	6430,03	267,92
18	271,57	274,08	272,00	269,69	270,52	268,53	255,39	251,35	255,25	250,83	269,27	256,82	251,38	254,78	266,92	277,22	281,78	286,86	280,76	287,41	292,89	275,35	285,24	270,84	6476,73	269,86
I	269,96	266,94	270,95	263,58	262,04	263,71	260,20	262,36	262,58	253,42	263,99	255,48	262,44	269,00	277,42	284,36	281,71	278,37	276,25	274,49	282,39	271,29	276,30	264,15	6453,38	268,89

Tabla 29. Lunes mayo

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	268,05	245,92	261,95	250,46	259,27	250,55	257,87	264,90	249,13	250,84	261,69	260,45	260,64	258,89	271,45	264,49	269,60	257,37	256,66	262,80	270,67	273,18	269,72	266,99	6263,53	260,98
18	270,93	273,29	274,31	263,96	269,11	266,87	247,62	253,27	257,44	250,55	265,50	251,82	256,51	262,38	266,12	262,61	261,33	267,40	274,52	277,52	278,91	275,32	289,07	269,88	6386,23	266,09
M	269,49	259,60	268,13	257,21	264,19	258,71	252,74	259,08	253,29	250,69	263,59	256,13	258,58	260,63	268,78	263,55	265,47	262,38	265,59	270,16	274,79	274,25	279,39	268,43	6324,88	263,54

Tabla 30. Martes marzo

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	256,87	253,76	266,51	250,28	259,93	251,72	263,99	256,28	254,59	252,83	257,17	257,93	265,68	264,96	280,83	290,22	285,24	267,01	274,11	263,97	263,94	261,30	262,85	265,58	6327,52	263,65
18	273,00	276,97	277,24	269,77	268,08	259,11	247,30	255,05	261,24	253,64	263,73	251,88	263,90	263,14	274,17	277,75	282,52	279,48	285,27	286,32	290,61	280,34	283,83	263,44	6487,79	270,32
X	264,93	265,37	271,87	260,02	264,01	255,42	255,64	255,66	257,91	253,23	260,45	254,91	264,79	264,05	277,50	283,99	283,88	273,24	279,69	275,14	277,27	270,82	273,34	264,51	6407,66	266,99

Tabla 31. Miércoles marzo

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	258,28	253,15	260,55	267,69	272,04	274,16	271,46	265,14	268,76	255,22	264,14	267,88	277,28	270,46	270,81	281,00	278,93	262,07	272,66	262,29	272,02	268,71	273,47	274,64	6442,78	268,45
18	277,03	274,50	275,34	269,41	262,72	261,89	252,03	253,72	253,68	264,68	271,67	260,60	261,75	260,62	273,72	270,16	271,78	274,60	292,82	291,45	294,68	283,72	294,51	283,02	6530,08	272,09
J	267,66	263,83	267,94	268,55	267,38	268,02	261,74	259,43	261,22	259,95	267,90	264,24	269,51	265,54	272,27	275,58	275,36	268,34	282,74	276,87	283,35	276,21	283,99	278,83	6486,43	270,27

Tabla 32. Jueves marzo

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	273,46	259,17	267,22	258,60	253,76	256,77	268,19	260,16	255,45	257,44	268,81	263,65	268,27	278,58	279,79	276,04	266,77	260,94	268,44	268,82	266,75	273,12	271,97	266,56	6388,69	266,20
18	275,96	267,51	276,20	271,33	267,53	260,40	253,61	258,67	260,83	256,70	265,20	257,84	270,69	261,98	272,97	279,09	277,22	287,84	287,10	282,50	287,22	270,76	284,22	273,85	6507,22	271,13
V	274,71	263,34	271,71	264,97	260,64	258,59	260,90	259,41	258,14	257,07	267,00	260,75	269,48	270,28	276,38	277,57	272,00	274,39	277,77	275,66	276,98	271,94	278,10	270,20	6447,95	268,66

Tabla 33. Viernes marzo

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	258,55	252,02	259,41	258,13	256,37	248,44	249,96	257,59	258,24	257,59	267,10	265,73	264,66	275,06	274,04	277,34	268,91	251,39	260,91	257,53	251,97	252,02	238,08	239,73	6200,75	258,36
18	278,62	270,88	276,06	266,89	268,12	260,00	257,30	253,95	264,70	258,87	274,32	258,31	257,20	264,42	269,95	278,20	274,11	267,13	267,08	273,44	275,03	261,60	270,69	258,51	6405,35	266,89
S	268,59	261,45	267,73	262,51	262,25	254,22	253,63	255,77	261,47	258,23	270,71	262,02	260,93	269,74	272,00	277,77	271,51	259,26	263,99	265,49	263,50	256,81	254,38	249,12	6303,05	262,63

Tabla 34. Sábado marzo

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	231,43	225,85	223,71	216,04	220,06	221,96	228,99	229,41	217,75	217,37	236,34	236,49	226,83	229,11	245,84	234,53	231,86	215,04	240,98	234,52	229,84	223,64	263,41	270,48	5551,47	231,31
18	252,45	252,24	250,57	247,27	238,06	233,81	226,28	227,75	237,89	229,25	242,24	230,20	219,22	231,64	236,30	234,04	231,91	231,57	243,33	251,52	260,03	256,27	279,79	256,32	5799,90	241,66
D	241,94	239,04	237,14	231,66	229,06	227,88	227,63	228,58	227,82	223,31	239,29	233,34	223,03	230,37	241,07	234,29	231,88	223,31	242,15	243,02	244,93	239,96	271,60	263,40	5675,69	236,49

Tabla 35. Domingo marzo

I.6. JUNIO

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media	
19	264,83	244,71	263,38	253,52	254,23	255,28	254,44	260,72	253,11	254,10	251,31	260,07	258,15	261,39	267,13	284,60	277,19	263,85	266,48	263,54	257,05	255,82	264,94	253,33	255,82	6243,15	260,13
18	273,71	273,61	270,43	269,38	267,08	266,06	260,00	262,87	260,33	261,95	265,52	266,77	264,54	265,92	272,16	267,70	277,50	273,11	282,18	286,72	291,21	276,27	293,73	287,06	6535,77	272,32	
L	269,27	259,16	266,90	261,45	260,66	260,67	257,22	261,79	256,72	258,02	258,41	263,42	261,34	263,65	269,64	276,15	277,35	268,48	274,33	275,13	274,13	266,05	279,33	270,19	6389,46	266,23	

Tabla 36. Lunes junio

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	269,33	257,67	268,04	260,63	266,67	251,91	252,35	258,27	260,06	261,36	260,91	258,96	260,71	253,45	267,48	282,66	263,18	259,03	259,62	254,04	245,30	248,88	246,53	245,28	6212,29	258,85
18	278,56	277,41	281,82	273,57	268,39	264,59	256,92	263,42	264,69	262,11	275,70	270,43	258,32	266,25	271,95	273,16	277,60	275,13	283,66	285,51	295,96	285,27	289,73	278,88	6578,99	274,12
M	273,94	267,54	274,93	267,10	267,53	258,25	254,64	260,85	262,37	261,73	268,30	264,69	259,51	259,85	269,71	277,91	270,39	267,08	271,64	269,78	270,63	267,07	268,13	262,08	6395,64	266,49

Tabla 37. Martes junio

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	267,24	248,41	270,70	251,83	250,84	253,56	258,53	262,45	261,21	259,41	264,35	267,24	275,16	270,62	270,99	282,04	283,20	275,70	281,09	268,12	268,79	267,79	255,80	255,17	6370,22	265,43
18	272,56	270,49	269,96	265,63	263,33	259,81	251,48	254,12	268,42	263,38	277,96	277,12	265,96	268,14	278,59	287,62	293,82	281,45	289,67	287,98	292,38	273,75	289,76	272,90	6576,26	274,01
X	269,90	259,45	270,33	258,73	257,08	256,69	255,00	258,28	264,81	261,39	271,15	272,18	270,56	269,38	274,79	284,83	288,51	278,57	285,38	278,05	280,58	270,77	272,78	264,04	6473,24	269,72

Tabla 38. Miércoles junio

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	273,84	247,61	260,05	267,21	274,33	261,61	257,83	261,36	255,28	259,74	254,73	266,39	259,83	250,03	263,68	282,87	280,00	267,18	269,48	265,56	254,77	261,54	247,20	249,70	6291,77	262,16
18	279,88	282,26	275,32	271,68	263,43	261,02	254,86	261,19	263,07	264,88	286,70	281,23	269,36	267,77	272,97	275,20	285,32	287,05	278,56	271,24	294,77	279,72	291,62	274,87	6593,92	274,75
J	276,86	264,93	267,69	269,45	268,88	261,31	256,34	261,27	259,17	262,31	270,71	273,81	264,60	258,90	268,33	279,03	282,66	277,11	274,02	268,40	274,77	270,63	269,41	262,29	6442,84	268,45

Tabla 39. Jueves junio

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	272,61	252,97	262,30	261,73	287,19	270,00	262,11	249,81	233,95	240,55	257,03	244,44	274,03	266,13	265,51	277,90	275,91	265,18	274,90	267,79	260,85	256,19	261,73	260,23	6301,03	262,54
18	276,06	276,63	279,76	274,73	275,93	262,84	261,49	267,86	269,98	261,96	279,10	271,78	265,27	266,15	274,56	275,67	275,53	283,11	292,74	300,38	288,41	286,28	287,54	285,58	6639,34	276,64
V	274,34	264,80	271,03	268,23	281,56	266,42	261,80	258,83	251,96	251,26	268,06	258,11	269,65	266,14	270,03	276,78	275,72	274,14	283,82	284,08	274,63	271,24	274,64	272,91	6470,19	269,59

Tabla 40. Viernes junio

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	276,11	256,11	262,91	267,60	269,97	254,07	246,16	258,38	256,21	241,81	260,89	261,42	279,15	270,13	275,36	269,47	260,90	254,26	277,54	271,52	261,81	262,95	252,91	251,28	6298,90	262,45
18	268,33	274,37	278,08	278,67	278,49	269,07	259,23	267,11	260,80	254,76	269,09	266,75	270,43	273,06	273,27	273,80	285,67	284,21	288,35	281,44	280,77	264,57	243,82	253,59	6526,52	271,94
S	272,22	265,24	270,50	273,13	274,23	261,57	252,69	262,75	258,51	248,28	264,99	264,09	274,79	271,59	274,32	271,64	273,29	269,23	282,95	276,48	271,29	263,76	248,36	252,44	6412,71	267,20

Tabla 41. Sábado junio

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	246,80	236,06	247,39	235,85	242,69	242,20	222,95	235,06	226,82	216,98	251,66	247,86	213,14	211,13	222,28	232,07	225,30	206,64	242,19	233,10	230,10	234,20	250,05	259,23	5611,72	233,82
18	255,66	256,68	256,03	247,92	250,76	241,60	233,40	233,07	244,70	232,74	256,70	254,42	235,30	236,94	243,97	234,74	238,55	227,44	235,56	239,06	252,31	240,06	278,55	261,35	5887,48	245,31
D	251,23	246,37	251,71	241,88	246,72	241,90	228,17	234,06	235,76	224,86	254,18	251,14	224,22	224,04	233,12	233,40	231,92	217,04	238,88	236,08	241,20	237,13	264,30	260,29	5749,60	239,57

Tabla 42. Domingo junio

I.7. JULIO

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	MEDIA
19	264,94	253,28	255,52	259,42	256,42	258,22	261,79	271,47	253,09	255,30	264,11	255,23	258,31	257,03	261,15	268,39	257,80	257,78	270,60	264,83	266,71	264,96	264,09	264,13	6264,55	261,02
18	281,75	280,28	284,49	283,57	283,79	276,21	273,95	279,84	277,87	271,22	275,66	275,30	273,91	273,14	277,90	274,16	287,30	297,13	311,90	310,34	310,60	300,72	300,85	297,17	6859,07	285,79
L	273,35	266,78	270,00	271,49	270,10	267,22	267,87	275,65	265,48	263,26	269,89	265,27	266,11	265,08	269,53	271,27	272,55	277,46	291,25	287,58	288,66	282,84	282,47	280,65	6561,81	273,41

Tabla 43. Lunes julio

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	MEDIA
19	264,92	248,53	246,57	258,35	248,25	250,80	256,58	257,23	250,28	257,96	259,36	262,04	258,60	263,27	267,77	277,03	275,41	265,68	258,28	249,51	271,96	263,28	265,65	269,10	6246,39	260,27
18	298,58	291,64	287,76	293,47	292,14	283,60	273,36	275,15	276,56	268,35	281,12	284,40	282,47	280,94	279,31	281,21	283,41	292,67	303,08	302,38	303,16	292,19	293,39	292,22	6892,54	287,19
M	281,75	270,08	267,17	275,91	270,19	267,20	264,97	266,19	263,42	263,15	270,24	273,22	270,53	272,11	273,54	279,12	279,41	279,17	280,68	275,94	287,56	277,73	279,52	280,66	6569,47	273,73

Tabla 44. Martes julio

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	MEDIA
19	271,10	259,91	247,41	243,97	249,68	271,87	260,08	275,39	265,09	264,71	276,16	268,75	266,04	267,09	270,50	281,13	277,47	264,30	273,92	270,41	264,21	263,16	268,19	273,28	6393,78	266,41
18	286,60	289,03	292,21	295,84	291,19	282,61	275,08	283,35	271,90	271,68	280,50	281,74	283,54	281,16	282,33	278,86	287,48	303,39	310,49	303,08	303,94	285,15	299,07	289,50	6909,70	287,90
X	278,85	274,47	269,81	269,91	270,43	277,24	267,58	279,37	268,50	268,19	278,33	275,24	274,79	274,13	276,41	280,00	282,47	283,85	292,21	286,74	284,07	274,16	283,63	281,39	6651,74	277,16

Tabla 45. Miércoles julio

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	MEDIA
19	278,32	250,56	260,63	263,06	253,92	270,29	266,71	281,10	274,43	252,04	262,59	268,82	271,52	268,51	271,79	294,56	293,13	269,48	272,09	264,59	259,08	274,89	263,51	273,48	6459,08	269,13
18	284,92	291,00	289,17	284,42	283,25	277,87	275,00	274,40	269,43	273,95	284,87	287,53	293,23	292,54	295,68	294,68	298,62	301,11	312,37	308,29	305,72	293,25	289,93	286,39	6947,56	289,48
J	281,62	270,78	274,90	273,74	268,58	274,08	270,86	277,75	271,93	262,99	273,73	278,17	282,38	280,53	283,73	294,62	295,87	285,29	292,23	286,44	282,40	284,07	276,72	279,93	6703,32	279,31

Tabla 46. Jueves julio

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	MEDIA
19	272,56	256,09	254,04	256,04	239,22	277,31	265,95	272,25	270,90	264,16	266,63	260,17	261,11	272,72	270,12	279,21	267,46	269,43	274,46	270,62	264,77	275,87	260,24	272,04	6393,35	266,39
18	283,58	290,62	288,02	292,49	297,05	286,32	280,64	280,61	275,65	273,07	280,83	283,47	277,38	277,20	283,47	284,28	288,47	295,20	299,83	297,79	301,66	289,24	295,13	288,76	6890,71	287,11
V	278,07	273,35	271,03	274,26	268,13	281,81	273,29	276,43	273,27	268,61	273,73	271,82	269,24	274,96	276,79	281,74	277,97	282,31	287,15	284,20	283,21	282,55	277,69	280,40	6642,03	276,75

Tabla 47. Viernes julio

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	MEDIA
19	272,56	256,09	254,04	256,04	239,22	277,31	265,95	272,25	270,90	264,16	266,63	260,17	261,11	272,72	270,12	279,21	267,46	269,43	274,46	270,62	264,77	275,87	260,24	272,04	6393,35	266,39
18	283,58	290,62	288,02	292,49	297,05	286,32	280,64	280,61	275,65	273,07	280,83	283,47	277,38	277,20	283,47	284,28	288,47	295,20	299,83	297,79	301,66	289,24	295,13	288,76	6890,71	287,11
V	278,07	273,35	271,03	274,26	268,13	281,81	273,29	276,43	273,27	268,61	273,73	271,82	269,24	274,96	276,79	281,74	277,97	282,31	287,15	284,20	283,21	282,55	277,69	280,40	6642,03	276,75

Tabla 48. Sábado julio

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	MEDIA
19	234,56	224,38	232,02	229,53	217,42	229,56	221,26	230,58	231,52	233,57	235,62	246,95	223,88	231,20	238,52	236,09	233,66	225,96	247,98	236,13	230,22	230,37	247,10	264,23	5612,29	233,85
18	270,48	272,26	272,75	271,45	263,32	257,46	256,59	247,80	242,58	229,10	245,53	245,94	235,97	241,27	250,72	241,21	248,66	250,84	249,46	247,75	253,30	248,47	283,81	282,59	6109,30	254,55
D	252,52	248,32	252,39	250,89	240,37	243,51	238,92	239,19	237,05	231,33	240,58	246,45	229,92	236,24	244,62	238,65	241,16	238,40	248,72	241,94	241,76	239,42	265,46	273,41	5860,79	244,20

Tabla 49. Domingo julio

I.8 AGOSTO

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	262,33	242,88	254,99	254,45	242,45	258,20	259,58	256,20	255,97	248,09	258,37	250,24	253,87	268,72	277,96	275,82	277,96	252,01	251,98	257,87	253,92	258,38	261,20	255,77	6189,17	257,88
18	278,10	278,03	279,17	276,89	282,35	273,26	270,71	274,02	271,67	265,12	269,01	264,23	266,62	268,34	279,41	280,28	288,55	295,79	303,68	300,02	306,06	289,90	293,91	280,36	6735,46	280,64
L	270,22	260,46	267,08	265,67	262,40	265,73	265,14	265,11	263,82	256,61	263,69	257,24	260,25	268,53	278,68	278,05	283,26	273,90	277,83	278,94	279,99	274,14	277,55	268,06	6462,32	269,26

Tabla 50. Lunes agosto

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	264,09	238,05	251,16	246,58	251,86	257,14	263,61	265,32	260,60	248,51	263,76	257,06	255,35	265,51	261,23	279,85	270,12	257,29	272,28	262,47	257,13	268,13	256,92	257,62	6231,61	259,65
18	276,72	280,71	273,21	275,32	274,11	261,97	259,48	272,05	271,40	272,35	279,79	277,70	274,94	273,18	275,25	277,06	281,52	278,83	294,01	292,23	295,11	285,58	290,19	275,85	6668,54	277,86
M	270,41	259,38	262,18	260,95	262,99	259,56	261,54	268,68	266,00	260,43	271,77	267,38	265,14	269,35	268,24	278,45	275,82	268,06	283,15	277,35	276,12	276,85	273,55	266,73	6450,07	268,75

Tabla 51. Martes julio

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	263,14	241,59	264,13	259,24	250,43	260,79	258,96	265,06	255,94	247,15	265,40	263,09	253,86	264,11	265,54	275,91	264,73	248,86	260,76	254,04	248,28	252,21	255,72	255,20	6194,13	258,09
18	280,21	280,26	280,18	279,46	274,10	267,81	257,38	270,87	265,44	264,58	277,87	278,91	282,31	280,03	284,35	281,97	291,87	301,43	298,86	300,61	303,61	291,36	292,99	279,75	6766,21	281,93
X	271,67	260,93	272,16	269,35	262,27	264,30	258,17	267,97	260,69	255,87	271,63	271,00	268,08	272,07	274,94	278,94	278,30	275,14	279,81	277,33	275,94	271,79	274,36	267,47	6480,17	270,01

Tabla 52. Miércoles julio

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	263,50	245,82	254,13	258,84	247,90	261,98	263,69	265,54	258,03	242,40	265,42	258,68	258,52	270,95	269,05	283,62	272,17	250,98	264,92	270,57	265,86	259,47	260,97	260,67	6273,68	261,40
18	280,20	281,42	280,79	273,06	277,29	259,61	260,52	268,75	263,58	262,46	268,55	263,42	273,84	265,53	274,60	275,53	285,48	285,39	294,53	286,59	297,90	288,34	291,76	281,30	6640,43	276,68
J	271,85	263,62	267,46	265,95	262,60	260,79	262,10	267,14	260,80	252,43	266,99	261,05	266,18	268,24	271,83	279,58	278,83	268,18	279,72	278,58	281,88	273,91	276,36	270,99	6457,06	269,04

Tabla 53. Jueves julio

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	264,22	241,05	254,63	257,44	240,74	243,12	259,15	264,26	251,11	248,79	263,61	261,60	254,10	262,84	264,60	277,45	277,83	244,16	269,53	271,52	260,57	261,75	256,51	257,90	6208,47	258,69
18	282,43	280,79	280,64	280,79	280,17	274,37	264,45	268,16	264,97	260,08	274,85	278,74	278,29	276,71	279,98	283,98	292,49	291,66	301,01	293,77	298,80	292,06	293,21	282,61	6755,01	281,46
V	273,33	260,92	267,63	269,11	260,45	258,74	261,80	266,21	258,04	254,44	269,23	270,17	266,19	269,77	272,29	280,72	285,16	267,91	285,27	282,64	279,69	276,91	274,86	270,26	6481,74	270,07

Tabla 54. Viernes julio

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	267,13	250,29	263,63	254,51	246,50	262,64	256,35	253,91	260,24	241,94	267,34	257,71	244,59	259,50	253,98	264,30	262,06	242,70	255,62	242,96	235,41	237,24	220,27	227,87	6028,64	251,19
18	282,94	283,33	281,52	278,22	275,94	265,44	263,02	266,77	264,04	266,46	277,72	279,98	277,93	277,03	278,38	275,91	279,86	284,70	284,85	280,73	284,77	272,73	275,30	257,03	6614,59	275,61
S	275,04	266,81	272,58	266,37	261,22	264,04	259,68	260,34	262,14	254,20	272,53	268,84	261,26	268,26	266,18	270,11	270,96	263,70	270,23	261,85	260,09	254,99	247,79	242,45	6321,62	263,40

Tabla 55. Sábado julio

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	224,36	205,43	221,99	216,85	209,30	219,72	219,84	219,18	220,06	204,10	229,48	220,09	211,38	225,44	218,14	230,92	229,25	216,26	235,58	220,15	220,91	227,13	246,69	256,37	5348,63	222,86
18	261,73	263,18	262,19	254,00	250,10	244,21	245,30	247,82	247,39	246,79	256,35	246,37	242,69	244,80	253,75	249,48	248,98	243,37	244,99	240,15	244,69	251,10	284,25	275,92	6049,58	252,07
D	243,05	234,31	242,09	235,42	229,70	231,97	232,57	233,50	233,73	225,45	242,92	233,23	227,04	235,12	235,94	240,20	239,11	229,82	240,29	230,15	232,80	239,11	265,47	266,15	5699,10	237,46

Tabla 56. Domingo julio

I.9. SEPTIEMBRE

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	271,17	256,38	263,59	263,92	246,06	250,02	257,28	258,79	262,16	252,54	273,94	269,93	271,58	275,39	283,47	288,91	282,78	264,36	263,73	267,30	263,19	269,72	272,69	271,01	6399,89	266,66
18	269,41	273,87	261,62	262,57	266,65	259,46	255,06	264,04	253,99	261,74	267,39	257,39	261,95	271,71	271,10	277,03	284,70	278,98	286,83	280,07	290,39	274,80	282,18	262,52	6475,40	269,81
L	270,29	265,12	262,60	263,24	256,36	254,74	256,17	261,42	258,08	257,14	270,67	263,66	266,76	273,55	277,28	282,97	283,74	271,67	275,28	273,68	276,79	272,26	277,44	266,77	6437,64	268,24

Tabla 57. Lunes septiembre

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	271,17	256,38	263,59	263,92	246,06	250,02	257,28	258,79	262,16	252,54	273,94	269,93	271,58	275,39	283,47	288,91	282,78	264,36	263,73	267,30	263,19	269,72	272,69	271,01	6399,89	266,66
18	269,41	273,87	261,62	262,57	266,65	259,46	255,06	264,04	253,99	261,74	267,39	257,39	261,95	271,71	271,10	277,03	284,70	278,98	286,83	280,07	290,39	274,80	282,18	262,52	6475,40	269,81
M	270,29	265,12	262,60	263,24	256,36	254,74	256,17	261,42	258,08	257,14	270,67	263,66	266,76	273,55	277,28	282,97	283,74	271,67	275,28	273,68	276,79	272,26	277,44	266,77	6437,64	268,24

Tabla 58. Martes julio

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	268,32	254,77	271,39	265,19	264,05	265,13	272,76	267,91	262,07	251,81	270,93	258,94	269,13	276,27	278,91	285,20	283,59	261,15	275,68	268,15	267,55	266,77	263,29	269,31	6438,22	268,26
18	270,63	277,70	266,91	268,43	270,17	262,28	253,88	266,77	256,53	261,31	271,12	268,01	268,82	276,06	276,01	279,67	278,79	279,14	278,83	275,99	287,78	279,21	279,36	264,40	6517,76	271,57
X	269,47	266,23	269,15	266,81	267,11	263,70	263,32	267,34	259,30	256,56	271,02	263,47	268,97	276,16	277,46	282,43	281,19	270,14	277,25	272,07	277,67	272,99	271,33	266,85	6477,99	269,92

Tabla 59. Miércoles julio

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	266,27	237,20	263,43	253,38	260,19	266,68	273,92	264,21	259,07	251,12	265,99	269,58	269,57	277,73	282,02	282,04	282,68	255,97	282,18	269,46	268,03	265,35	265,15	259,70	6256,85	260,70
18	268,15	273,80	269,75	268,41	266,49	268,20	258,81	271,95	264,85	265,35	265,09	255,96	262,76	271,28	268,91	276,98	287,43	280,97	290,16	283,82	290,62	282,68	282,21	269,00	6543,61	272,65
J	267,21	255,50	266,59	260,89	263,34	267,44	266,37	268,08	261,96	258,23	265,54	262,77	266,17	274,50	275,46	279,51	285,06	268,47	286,17	276,64	279,32	274,01	273,68	264,35	6400,23	266,68

Tabla 60. Jueves julio

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	269,05	238,53	251,85	258,00	257,37	258,51	267,12	273,21	263,75	255,56	266,61	266,30	263,61	267,57	272,21	275,11	281,33	261,52	281,33	266,61	262,09	253,23	269,59	267,18	6347,21	264,47
18	273,66	276,65	266,93	267,10	265,73	257,20	249,46	259,91	253,78	262,04	263,85	258,15	263,16	274,63	275,32	281,14	277,65	273,38	281,11	279,57	293,99	284,89	286,32	266,41	6492,02	270,50
V	271,35	257,59	259,39	262,55	261,55	257,86	258,29	266,56	258,77	258,80	265,23	262,22	263,39	271,10	273,77	278,12	279,49	267,45	281,22	273,09	278,04	269,06	277,95	266,79	6419,62	267,48

Tabla 61. Viernes julio

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	269,79	244,94	258,03	254,66	250,43	253,88	254,42	258,91	251,31	247,53	264,83	266,96	266,17	255,51	280,46	269,05	267,46	232,52	250,67	250,08	244,99	235,37	235,48	222,45	6085,88	253,58
18	271,07	278,21	270,51	265,13	264,24	251,85	252,86	262,25	258,03	265,98	270,04	269,49	271,76	276,29	275,15	275,34	274,39	267,95	266,80	269,41	274,58	268,62	268,82	237,39	6406,18	266,92
S	270,43	261,58	264,27	259,90	257,34	252,86	253,64	260,58	254,67	256,75	267,43	268,22	268,97	265,90	277,80	272,19	270,93	250,24	258,74	259,74	259,79	252,00	252,15	229,92	6246,03	260,25

Tabla 62. Sábado julio

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	224,73	206,42	222,19	227,74	220,98	224,61	217,90	228,58	221,11	207,92	230,91	247,87	228,41	222,41	235,87	219,43	222,12	218,86	239,67	231,81	226,80	230,62	259,08	265,31	5481,34	228,39
18	258,52	259,36	258,24	255,16	253,26	235,18	240,05	241,22	242,79	234,34	238,95	228,54	226,09	240,38	243,06	238,56	244,84	223,83	238,25	235,04	246,19	242,15	269,22	253,09	5846,30	243,60
D	241,63	232,89	240,22	241,45	237,12	229,89	228,98	234,90	231,95	221,13	234,93	238,20	227,25	231,39	239,46	228,99	233,48	221,34	238,96	233,43	236,50	236,38	264,15	259,20	5663,82	235,99

Tabla 63. Domingo julio

I.10 OCTUBRE

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	274,85	241,88	254,61	255,68	248,88	251,95	258,27	248,10	247,96	249,79	267,08	277,73	269,69	278,22	283,85	275,35	254,59	273,86	257,79	277,84	257,14	279,72	275,72	275,72	6336,18	264,01
18	263,50	267,95	263,03	260,92	260,35	256,34	254,87	269,33	263,35	265,63	268,65	267,62	269,87	274,58	273,28	269,47	273,82	271,31	273,23	268,73	278,85	264,74	270,12	257,25	6406,79	266,95
L	269,17	254,92	258,82	258,30	254,61	254,14	256,57	258,72	255,66	257,71	267,86	271,74	273,80	272,14	275,75	276,66	274,58	262,95	273,44	263,26	278,35	260,94	274,92	266,49	6371,49	265,48

Tabla 64. Lunes octubre

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	274,98	246,71	256,76	252,09	251,41	252,52	261,09	259,32	255,96	240,86	266,98	267,63	264,76	261,57	272,22	273,19	273,63	254,16	273,14	276,04	277,13	262,42	279,34	268,60	6322,48	263,44
18	264,41	264,64	262,57	261,81	258,43	253,72	255,47	260,79	265,32	267,74	268,97	272,90	267,34	277,18	281,50	283,15	285,41	278,23	281,53	279,42	283,97	275,30	272,40	258,64	6450,14	268,76
M	269,69	255,67	259,66	256,95	254,92	253,12	258,28	260,05	260,64	254,30	267,98	270,26	266,05	269,37	276,86	278,17	279,52	266,19	277,34	277,73	280,55	268,86	275,87	263,62	6386,31	266,10

Tabla 65. Martes octubre

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	274,69	244,40	258,71	255,70	257,08	259,51	263,43	261,11	258,18	249,69	268,65	264,96	271,29	271,58	279,94	282,16	281,13	258,11	281,38	267,56	271,86	257,69	272,31	267,34	6377,85	265,74
18	266,41	268,82	262,57	257,38	255,92	252,90	260,90	269,70	266,77	269,11	271,52	270,97	270,13	275,93	276,84	281,13	282,60	280,20	279,79	277,33	286,19	274,77	276,36	260,29	6494,54	270,61
X	270,55	256,61	260,64	256,54	256,50	256,20	262,17	265,40	262,48	259,40	270,08	267,66	270,71	273,76	278,39	281,65	281,87	269,16	280,58	272,44	279,03	266,23	274,33	263,82	6436,20	268,17

Tabla 66. Miércoles octubre

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	271,29	244,71	269,72	260,95	270,10	267,24	272,12	263,94	266,60	252,25	268,08	268,29	274,56	267,66	278,63	286,63	285,09	262,12	277,89	272,75	273,29	266,08	277,34	276,96	6474,26	269,76
18	264,28	258,67	259,62	258,58	257,32	250,60	256,66	268,41	268,77	265,06	266,58	272,12	266,44	277,27	281,94	286,94	287,51	284,94	280,50	280,55	288,76	270,76	277,72	260,72	6490,68	270,45
J	267,78	251,69	264,67	259,76	263,71	258,92	264,39	266,17	267,68	258,66	267,33	270,21	270,50	272,46	280,28	286,78	286,30	279,53	279,19	276,65	281,02	268,42	277,53	268,84	6482,47	270,10

Tabla 67. Jueves octubre

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	280,26	256,20	270,74	269,63	258,31	263,30	265,87	265,91	259,80	261,53	274,39	274,70	261,14	262,28	269,43	280,74	274,94	267,87	273,64	275,13	267,72	266,92	265,58	263,60	6429,60	267,90
18	267,75	265,13	265,77	264,32	260,95	252,33	262,10	266,20	260,71	259,10	264,87	271,45	270,52	279,22	275,16	280,57	285,13	282,52	274,53	275,54	282,57	270,00	268,10	249,98	6454,49	268,94
V	274,00	260,66	268,25	266,97	259,63	257,82	263,98	266,06	260,26	260,31	269,63	273,08	265,83	270,75	272,29	280,65	280,04	275,19	274,08	275,33	275,14	268,46	266,84	256,79	6442,04	268,42

Tabla 68. Viernes octubre

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	238,47	245,31	271,56	269,83	256,01	251,76	254,96	250,72	251,38	240,31	253,57	251,74	257,60	260,88	265,85	268,86	269,12	246,46	256,60	254,66	241,48	244,04	235,86	235,58	6072,58	253,02
18	263,68	261,98	265,77	262,52	264,97	248,75	259,24	269,10	265,44	266,42	265,54	271,12	261,69	267,77	285,51	288,10	287,27	268,03	260,84	256,54	265,84	263,41	249,39	250,62	6369,49	265,40
S	251,07	253,64	268,66	266,18	260,49	250,25	257,10	259,91	258,41	253,36	259,55	261,43	259,64	264,33	275,68	278,48	278,19	257,25	258,72	255,60	253,66	253,73	242,63	243,10	6221,04	259,21

Tabla 69. Sábado octubre

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	227,25	210,72	235,21	226,78	216,92	221,90	226,80	227,28	229,87	218,61	221,41	230,84	240,68	239,93	237,41	235,70	244,73	225,04	239,48	236,68	232,69	241,50	271,85	271,38	5610,63	233,78
18	239,76	238,86	238,17	232,38	225,13	233,64	227,13	227,46	243,33	239,85	244,97	239,63	222,38	239,25	244,04	234,14	238,65	220,74	229,34	231,47	241,38	240,50	275,51	259,48	5707,19	237,80
D	233,51	224,79	236,69	229,58	221,02	227,77	226,96	227,37	236,60	229,23	233,19	235,24	231,53	239,59	240,72	234,92	241,69	222,89	234,41	234,08	237,04	241,00	273,68	265,43	5658,91	235,79

Tabla 70. Domingo octubre

I.11. NOVIEMBRE

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	268,91	249,34	261,90	263,60	248,82	248,34	264,32	262,19	247,39	237,56	256,82	254,52	258,19	268,44	263,66	277,01	268,29	254,93	255,27	254,96	265,25	263,71	262,91	264,80	6221,10	259,21
18	258,02	264,25	231,22	276,04	261,50	264,39	259,46	266,64	266,74	260,00	273,42	268,51	260,34	271,52	268,77	278,52	277,35	269,11	275,30	284,47	291,69	286,10	272,66	249,34	6435,35	268,14
L	263,47	256,79	246,56	265,82	255,16	256,36	261,89	264,42	257,06	248,78	265,12	261,51	259,26	269,98	266,22	271,76	272,82	262,02	265,29	269,71	278,47	274,90	267,79	257,07	6328,22	263,68

Tabla 71. Lunes noviembre

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	267,34	234,41	259,45	264,33	255,80	266,77	271,20	273,83	266,37	243,17	258,32	257,11	250,49	257,59	277,35	294,84	289,81	273,79	280,12	280,58	272,45	262,80	266,96	271,24	6396,09	266,50
18	272,35	277,34	279,79	277,12	272,41	269,67	264,90	276,05	265,75	259,17	270,83	267,50	264,07	267,46	270,64	273,09	284,70	269,10	278,72	281,63	291,69	281,62	277,98	276,93	6570,48	273,77
M	269,85	255,88	269,62	270,73	264,11	268,22	268,05	274,94	266,06	251,17	264,57	262,31	257,28	262,52	274,00	283,96	287,25	271,45	279,42	281,10	282,07	272,21	272,47	274,09	6483,29	270,14

Tabla 72. Martes noviembre

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	276,06	247,05	260,83	271,04	263,73	259,46	272,28	273,94	270,35	251,57	273,30	273,97	273,23	272,83	283,04	281,78	286,03	256,94	268,86	271,00	265,56	255,20	267,69	259,30	6435,02	268,13
18	282,95	280,42	264,70	269,06	276,46	267,69	271,85	273,21	266,44	262,52	281,75	273,09	280,50	289,10	285,86	287,95	282,99	278,49	285,58	275,09	284,19	276,50	264,64	274,75	6635,75	276,49
X	279,50	263,73	262,77	270,05	270,09	263,57	272,06	273,57	268,39	257,04	271,53	273,53	276,86	280,96	284,45	284,87	284,51	267,71	277,22	273,05	274,87	265,85	266,16	267,02	6535,39	272,31

Tabla 73. Miércoles noviembre

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	272,07	249,92	246,82	275,33	258,94	246,25	259,14	255,66	264,35	264,84	278,29	273,64	270,48	262,76	272,12	270,06	266,58	248,66	264,18	268,61	259,71	249,16	262,85	273,29	6313,67	263,07
18	247,03	260,57	273,99	274,87	269,64	274,56	263,94	267,73	274,91	263,85	274,75	277,01	274,54	278,53	275,18	282,54	281,49	271,67	288,67	282,09	277,17	273,16	265,65	271,03	6544,56	272,69
J	259,55	255,25	260,40	275,10	264,29	260,40	261,54	261,89	269,63	264,35	276,52	275,32	272,51	270,64	273,65	276,30	274,04	260,16	276,42	275,35	268,44	261,16	264,25	272,16	6429,11	267,88

Tabla 74. Jueves noviembre

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	274,32	245,70	262,68	255,27	235,71	263,02	259,27	261,22	259,87	247,64	269,15	267,68	264,47	260,01	276,73	281,61	283,17	266,69	271,99	277,20	265,33	255,83	263,64	265,40	6333,58	263,90
18	268,52	256,99	266,47	266,16	269,59	265,25	259,05	267,08	274,85	264,35	274,13	262,81	263,05	278,52	263,71	283,60	274,87	259,46	276,77	259,19	272,31	280,70	279,98	275,49	6462,89	269,29
V	271,42	251,34	264,58	260,72	252,85	264,13	259,16	264,15	267,36	255,99	271,64	265,25	263,76	269,26	270,22	282,61	279,02	263,07	274,38	268,19	268,82	268,26	271,81	270,44	6398,23	266,59

Tabla 75. Viernes noviembre

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	264,60	246,03	265,06	249,39	257,63	246,58	263,33	268,74	261,66	250,58	265,76	260,20	260,38	264,68	265,58	268,92	257,08	264,93	260,31	254,08	242,24	240,71	239,49	229,29	6147,24	256,14
18	269,15	267,58	273,09	277,22	281,76	273,11	258,95	271,67	273,87	257,77	265,98	260,84	258,32	258,17	262,72	261,96	267,63	267,50	287,20	278,53	273,63	266,11	240,90	265,45	6419,06	267,46
S	266,87	256,80	269,07	263,30	269,89	259,84	261,14	270,20	267,76	254,18	265,87	260,52	259,35	261,43	264,15	265,44	262,35	266,22	273,75	266,30	257,94	253,41	240,19	247,37	6283,15	261,80

Tabla 76. Sábado noviembre

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	237,26	210,28	229,05	227,40	221,27	228,14	232,51	225,47	236,18	217,85	238,70	240,60	237,70	228,63	231,33	219,40	216,13	236,84	240,89	238,13	230,10	221,31	258,88	259,14	5563,16	231,80
18	258,70	246,03	248,63	248,27	245,01	244,25	231,24	241,10	237,04	242,97	248,91	240,55	249,29	252,00	241,22	233,43	228,10	231,02	253,00	247,96	246,33	244,92	255,47	265,82	5881,22	245,05
D	247,98	228,15	238,84	237,84	233,14	236,20	231,87	233,28	236,61	230,41	243,81	240,57	243,49	240,31	236,27	226,41	222,12	233,93	246,94	243,05	238,21	233,12	257,18	262,48	5722,19	238,42

Tabla 77. Domingo noviembre

I.12. DICIEMBRE

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	260,22	238,27	258,34	274,53	266,33	265,92	263,99	273,80	268,39	248,57	267,82	273,02	273,72	270,48	274,69	283,72	283,44	269,11	274,77	277,13	266,18	259,64	270,81	254,85	6417,72	267,40
18	280,35	269,05	277,62	257,25	269,97	290,48	266,63	250,05	249,96	249,36	258,94	262,73	265,57	273,44	270,43	282,23	263,08	252,54	264,32	254,57	267,51	274,60	272,16	260,34	6383,14	265,96
L	270,29	253,66	267,98	265,89	268,15	278,20	265,31	261,92	259,17	248,96	263,38	267,87	269,65	271,96	272,56	282,97	273,26	260,83	269,54	265,85	266,84	267,12	271,48	257,59	6400,43	266,68

Tabla 78. Lunes diciembre

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	261,39	245,46	247,84	271,30	272,70	253,40	268,27	267,87	259,28	251,68	272,34	274,43	275,48	275,57	271,69	273,54	260,25	248,63	261,69	261,54	258,85	268,19	253,54	266,96	6321,87	263,41
18	253,95	251,17	263,78	260,86	264,18	253,03	253,15	257,53	264,06	253,52	269,24	273,17	272,47	278,77	277,00	273,35	286,75	281,78	284,22	280,20	263,40	283,39	255,06	263,02	6417,01	267,38
M	257,67	248,32	255,81	266,08	268,44	253,21	260,71	262,70	261,67	252,60	270,79	273,80	273,97	277,17	274,34	273,44	273,50	265,20	272,95	270,87	261,12	275,79	254,30	264,99	6369,44	265,39

Tabla 79. Martes diciembre

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	263,48	264,87	259,84	262,40	252,76	250,25	257,14	258,70	262,65	246,19	273,20	275,79	268,45	273,64	280,32	286,65	294,76	271,77	275,39	270,35	264,58	246,69	260,09	269,93	6389,89	266,25
18	288,67	258,28	269,55	267,34	277,79	276,56	264,44	277,22	274,47	263,36	276,86	273,02	279,76	277,39	267,74	279,78	275,06	276,63	283,32	278,78	280,93	281,81	260,55	286,43	6595,71	274,82
X	276,07	261,58	264,69	264,87	265,27	263,40	260,79	267,96	268,56	254,77	275,03	274,41	274,11	275,52	274,03	282,22	284,91	274,20	279,35	274,56	272,76	264,25	260,32	278,18	6492,80	270,53

Tabla 80. Miércoles diciembre

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	265,53	248,12	274,09	267,77	254,00	257,77	264,84	276,46	270,69	258,37	278,72	278,39	275,20	275,03	281,93	285,03	280,71	267,89	277,48	280,71	265,50	259,49	270,45	255,94	6472,10	269,67
18	288,67	258,28	269,55	267,34	277,79	276,56	264,44	277,22	274,47	263,36	276,86	273,02	279,76	277,39	267,74	279,78	275,06	276,63	283,32	278,78	280,93	281,81	260,55	286,43	6595,71	274,82
J	277,10	253,20	271,82	267,55	265,89	267,16	264,64	276,84	272,58	260,86	277,79	275,70	277,48	276,21	274,83	282,41	278,88	272,26	280,40	279,75	273,22	270,65	265,50	271,19	6533,90	272,25

Tabla 81. Jueves diciembre

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	255,80	247,20	256,66	276,27	268,01	273,42	266,43	266,66	273,52	248,06	273,73	272,52	270,45	263,28	270,62	279,03	282,43	257,56	276,74	267,37	262,82	265,85	263,59	249,58	6387,33	266,15
18	271,42	253,09	279,05	262,28	275,76	278,20	275,08	272,26	259,20	259,61	280,29	266,58	263,38	278,38	273,04	284,77	269,78	276,91	281,83	273,18	269,62	274,11	257,87	280,12	6515,79	271,49
V	263,61	250,14	267,85	269,27	271,88	275,81	270,75	269,46	266,36	253,84	277,01	269,55	266,91	270,83	271,83	281,90	276,10	267,23	279,28	270,27	266,22	269,98	260,73	264,85	6451,66	268,82

Tabla 82. Viernes diciembre

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	259,17	247,99	258,60	273,35	267,88	264,97	265,88	270,38	276,27	257,79	285,01	286,48	283,35	267,08	274,94	279,79	279,50	251,13	258,13	255,18	242,76	249,39	251,22	247,06	6353,29	264,72
18	274,63	252,58	260,71	262,52	271,52	277,36	264,45	270,11	265,61	262,74	273,08	272,30	286,51	281,23	266,16	271,94	274,94	256,99	277,93	263,49	267,17	264,11	258,41	263,35	6439,83	268,33
S	266,90	250,28	259,66	267,93	269,70	271,16	265,16	270,25	270,94	260,26	279,05	279,39	284,93	274,16	270,55	275,86	277,22	254,06	268,03	259,34	254,97	256,75	254,82	255,21	6396,56	266,52

Tabla 83. Sábado diciembre

Día	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	T. Día	Media
19	225,88	210,25	226,21	241,21	235,46	233,11	237,17	245,41	227,02	227,57	225,83	245,30	245,59	249,55	253,64	240,42	241,24	229,58	243,59	239,88	231,85	231,90	249,00	253,28	5689,92	237,08
18	258,17	240,43	250,81	248,43	242,78	241,64	238,36	249,31	259,78	231,67	250,64	232,54	235,35	244,68	230,77	247,58	237,60	222,71	246,33	244,49	250,92	253,82	262,78	284,79	5906,37	246,10
D	242,02	225,34	238,51	244,82	239,12	237,37	237,77	247,36	243,40	229,62	238,24	238,92	240,47	247,12	242,20	244,00	239,42	226,14	244,96	242,18	241,39	242,86	255,89	269,03	5798,15	241,59

Tabla 84. Domingo diciembre

ANEJO II. INFORMACIÓN
DETALLADA DEL MODELO
EXCEL EMPLEADO PARA EL
ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE
LA ALTERNATIVA
SELECCIONADA

ÍNDICE

II.1 CONSUMOS ELÉCTRICOS MENSUALES.....	1
II.2 POTENCIA ELÉCTRICA DEMANDADA PARA USOS GENERALES.....	2
II.3 CONSUMO ELÉCTRICO PARA LA PRODUCCIÓN DE FRÍO	3
II.4 POTENCIA DE FRÍO DEMANDA.....	4
II.5 DEMANDA DE CALOR POR LA MÁQUINA DE ABSORCIÓN	5
II.6 CURVA MONÓTONA DE DEMANDA DE CALOR VIRTUAL	6
II.7 EQUIPOS	7
II.8 MODO DE OPERACIÓN.....	8
II.9 CALOR DESTINADO A LA MÁQUINA DE ABSORCIÓN	9
II.10 FRÍO GENERADO POR LA MÁQUINA DE ABSORCIÓN.....	10
II.11 FRÍO GENERADO POR LA MÁQUINA DE COMPRESIÓN	11
II.12 NUEVA DEMANDA ELÉCTRICA DERIVADA DE LAS MÁQUINAS DE COMPRESIÓN.....	12
II.13 NUEVA DEMANDA ELÉCTRICA TOTAL.....	13
II.14 POTENCIA DE LOS POSOS DE CAFÉ	14
II.15 TONELADAS DE POSOS DE CAFÉ CONSUMIDAS	15
II.16 BALANCE ENERGÉTICO	16
II.17 PERÍODOS TARIFA ELÉCTRICA SELECCIONADA	17
II.18 ESTIMACIÓN DEL COSTE DE LAS FUENTES DE ENERGÍA	18
II.19 BALANCE ECONÓMICO.....	19
II.20 ESTUDIO DE RENTABILIDAD.....	20
II.21 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	21

II.1 CONSUMOS ELÉCTRICOS MENSUALES

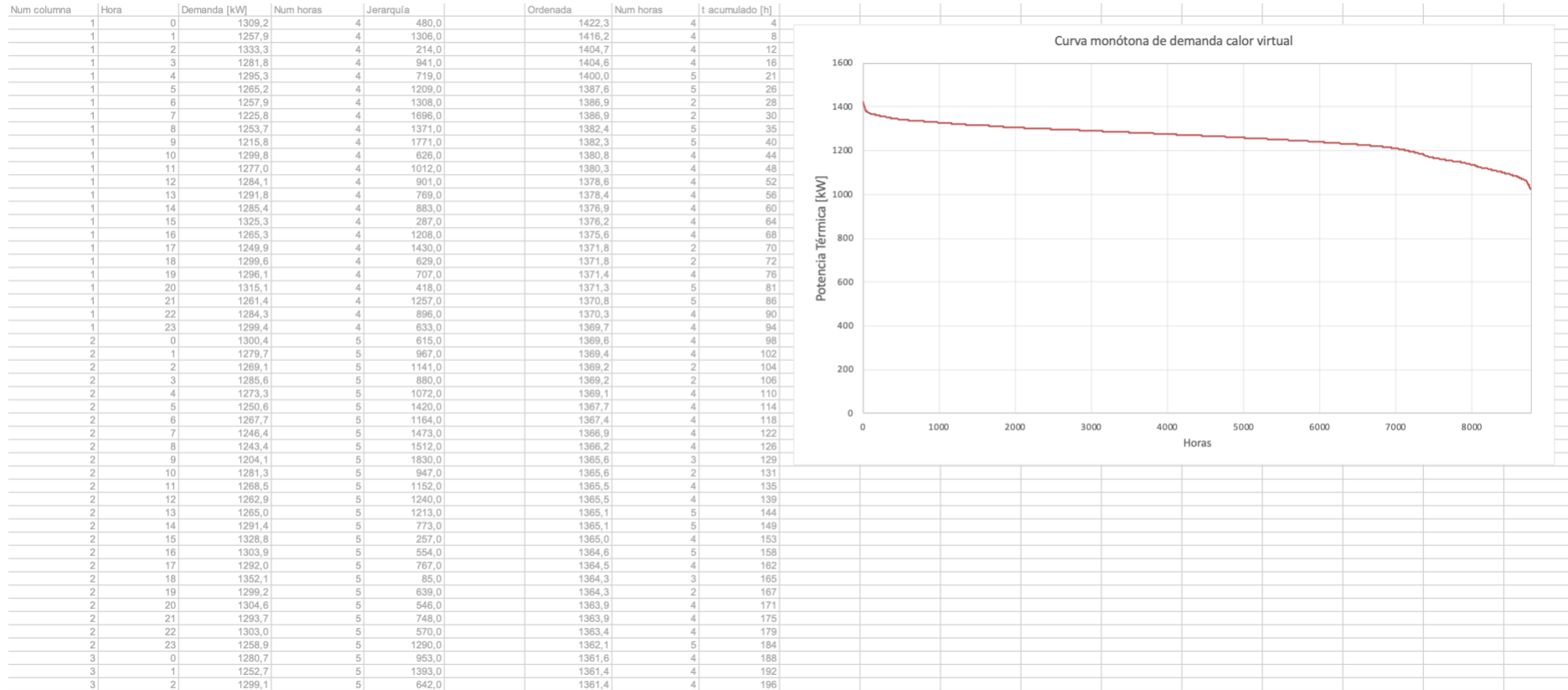
Lo primero que hay que hacer para empezar a trabajar con el modelo Excel diseñado es la introducción de los consumos eléctricos horarios semanales tipo para cada mes del año que se toma como referencia a la hora de realizar el análisis de viabilidad del proyecto. La obtención de esta información puede ser compleja (la respectiva al presente TFM se detalla en el *Anejo I. Consumos eléctricos por horas actuales*) y, en el caso de que no se conociesen los consumos eléctricos a este nivel de detalle, se podría simplificar esta ventana y estimar un día tipo común para cada mes del año en vez de una semana tipo donde se diferencian los consumos horarios para los 7 días de la semana de cada mes del año.

Tanto en ésta como en el resto de capturas solamente se muestran los datos de los meses de enero a mayo ya que son suficientes para hacerse una idea global de la ventana con la que se está trabajando. Si se añadiesen todos los meses del año no se apreciaría correctamente la información.

A1		CONSUMOS SEMANALES [kWh]																																								
CONSUMOS SEMANALES [kWh]		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ					
Num.Mes	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5				
Num.Columna	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5			
Num.Día semana	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Mes	enero	ma	mi	ju	vi	sá	do	febrero	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	marzo	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	abril	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	mayo	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do			
Día semana	0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7			
1	272.34	270.52	266.43	271.18	271.93	264.07	241.34	292.59	265.32	267.79	256.25	258.72	273.57	223.72	263.66	271.52	263.86	266.26	268.24	267.07	240.16	273.42	273.93	271.82	266.74	277.47	279.30	260.17	269.96	269.49	264.93	267.66	274.71	268.59	241.94							
2	261.69	266.21	260.60	254.24	256.98	256.50	233.94	244.87	248.07	255.32	249.60	246.28	259.15	215.80	260.30	252.06	264.01	264.55	261.01	261.28	266.81	267.62	261.46	261.73	263.93	265.63	263.06	243.17	266.94	259.60	265.37	263.83	263.64	261.45	239.04							
3	277.36	264.02	270.25	260.73	261.64	262.77	239.43	254.69	263.27	256.22	250.75	245.30	271.85	222.47	262.97	258.57	268.47	268.05	264.74	267.46	238.00	271.07	260.85	258.49	262.61	264.04	269.59	240.01	270.95	268.13	271.87	267.94	271.71	267.73	237.14							
4	266.65	267.44	263.85	270.71	267.51	264.23	228.61	243.43	255.37	257.88	244.23	247.14	258.78	228.09	252.85	250.93	262.70	258.05	258.42	263.19	231.32	256.60	259.15	258.07	257.03	260.50	257.50	230.37	263.58	257.21	260.02	268.55	264.97	262.51	231.66							
5	269.46	264.89	261.48	267.46	263.79	265.08	221.25	237.01	254.69	252.44	246.77	251.99	254.75	224.40	255.16	256.73	261.79	267.82	264.41	269.75	231.55	268.77	267.15	265.08	266.34	265.00	266.65	230.50	262.04	264.19	264.01	267.38	260.64	262.25	229.06							
6	263.20	260.17	258.83	264.04	254.51	256.30	224.10	237.90	252.02	251.82	242.72	253.64	250.73	218.48	249.78	256.03	254.36	252.00	260.06	253.81	228.45	258.79	260.39	254.47	255.28	257.36	258.21	227.16	263.71	258.71	255.42	268.02	258.59	254.22	227.88							
7	261.68	263.71	265.63	270.71	264.20	264.03	225.38	248.73	248.99	258.93	247.89	258.66	259.50	221.17	253.02	245.31	262.58	258.88	264.61	251.95	219.81	250.27	250.00	255.04	262.26	257.18	254.76	259.79	260.20	252.74	255.64	261.74	260.90	253.63	227.63							
8	254.99	259.29	258.96	269.21	253.62	255.62	225.89	239.44	247.88	243.20	250.02	254.98	253.30	223.16	266.21	264.82	254.37	256.95	250.70	257.65	225.33	245.68	251.93	251.57	255.28	258.64	253.31	223.99	262.36	259.08	255.66	259.43	259.41	255.77	228.58							
9	260.80	268.66	257.78	268.56	255.71	257.33	230.69	236.50	251.01	246.45	243.48	263.96	254.02	226.17	264.13	263.42	259.68	263.60	261.50	259.12	260.60	226.84	256.99	263.10	259.36	260.42	256.16	228.17	262.58	263.29	267.91	261.22	258.14	261.47	227.82							
10	252.91	250.48	253.27	257.81	249.98	248.84	222.32	231.13	241.91	237.30	242.17	251.59	248.31	225.33	256.27	242.02	253.60	250.03	244.48	251.62	214.25	255.43	254.19	248.20	252.73	258.36	251.72	224.70	263.42	250.69	263.23	259.95	257.07	258.23	223.31							
11	270.40	266.64	262.26	263.91	265.97	264.24	236.96	248.30	247.90	249.34	249.32	254.21	256.69	218.18	265.41	249.84	261.69	261.65	256.65	257.58	222.57	262.08	262.42	255.23	255.75	266.77	257.64	226.22	263.99	263.59	260.45	267.90	267.00	270.71	238.29							
12	265.64	263.88	264.22	258.32	262.91	260.11	227.99	248.97	251.36	246.69	255.55	253.54	254.51	217.51	257.86	257.47	261.50	260.75	248.71	256.28	220.34	256.63	256.15	265.80	259.46	253.88	230.62	255.48	256.13	254.91	264.24	260.75	262.02	233.34								
13	262.73	262.72	269.61	263.35	273.66	256.19	228.21	251.89	254.45	258.42	250.97	251.18	255.13	213.54	262.90	255.70	262.84	262.76	267.70	251.93	222.12	264.60	264.72	265.88	261.49	267.24	257.40	220.85	262.44	258.58	264.79	269.51	269.48	260.93	223.03							
14	268.72	263.16	259.48	261.73	270.12	265.00	236.09	255.55	255.39	255.06	259.88	261.36	256.13	218.56	255.69	265.12	262.77	265.02	262.77	265.25	224.97	257.32	266.05	271.58	264.09	266.12	261.38	230.91	269.00	260.63	264.05	265.54	270.28	269.74	230.37							
15	267.40	268.66	271.16	265.29	272.53	266.05	232.90	261.53	263.46	263.96	254.95	260.64	260.47	236.76	271.48	268.07	263.66	267.05	265.44	259.07	230.83	265.12	270.90	277.93	271.91	265.43	265.55	240.18	277.42	268.78	277.50	272.27	276.38	272.00	241.07							
16	275.71	276.43	275.86	276.62	279.96	275.14	240.05	268.98	264.73	269.38	259.50	266.96	255.86	233.76	261.07	268.65	259.36	272.22	265.47	262.77	225.53	275.59	267.31	275.67	269.68	258.54	268.80	230.83	264.36	263.55	263.99	275.58	277.57	277.77	234.29							
17	260.02	268.78	259.71	257.25	271.20	257.60	228.33	262.82	266.56	264.03	249.17	259.88	240.16	215.38	255.69	266.48	273.95	266.88	263.04	256.39	227.85	268.65	272.75	272.58	265.18	256.38	261.97	234.31	278.37	262.38	273.24	268.94	274.39	259.26	223.31							
18	270.35	281.28	272.57	271.14	278.37	272.56	235.58	271.75	271.51	270.46	261.53	272.79	250.75	225.42	264.60	275.48	277.66	272.47	267.12	263.14	238.09	268.39	279.49	267.45	271.39	256.91	268.40	240.02	276.25	265.59	279.69	282.74	277.77	263.99	242.15							
19	269.62	270.26	271.89	269.49	280.95	267.78	232.97	261.55	269.83	276.11	267.87	260.57	255.76	230.66	260.12	278.48	278.28	272.92	278.06	264.28	238.98	278.02	273.69	276.75	274.23	266.05	264.14	241.47	282.39	274.79	277.27	283.35	278.98	263.50	244.93							
20	273.58	271.40	273.00	276.51	277.69	273.83	242.56	261.27	275.43	270.60	268.69	267.55	255.07	231.11	271.49	278.78	278.28	272.92	278.06	264.28	238.98	278.02	273.69	276.75	274.23	266.05	264.14	241.47	282.39	274.79	277.27	283.35	278.98	263.50	244.93							
21	262.40	269.12	268.85	262.93	263.00	263.35	246.36	254.98	263.18	261.71	264.19	247.48	238.62	227.84	228.62	257.94	263.97	271.83	270.31	265.62	239.48	273.82	274.79	263.78	260.35	271.13	257.35	242.11	271.29	274.25	270.82	276.21	271.94	256.81	239.96							
22	267.16	271.06	270.10	270.29	268.12	248.29	272.14	258.86	273.62	269.36	265.84	261.28	246.70	254.26	275.42	270.52	269.17	268.17	270.06	240.88	266.00	270.14	275.60	267.96	271.13	274.02	256.08	254.08	276.30	279.39	273.34	283.99	278.10	254.38	271.60							
23	270.30	261.68	262.27	269.98	269.81	238.21	268.60	258.63	260.47	257.30	244.19	270.84	231.15	245.81	266.04	257.99	261.07	260.03	240.10	266.98	265.00	261.97	262.47	258.85	265.24	244.45	251.00	264.15	268.43	264.51	278.83	270.20	249.12	263.40								
1																																										
2																																										
3	Consumo diario [kWh]	6392.756	6391.801	6356.185	6391.854	6410.847	6285.987	5654.112	6060.764	6215.142	6209.298	6076.525	6194.514	6096.295	5422.928	6271.218	6250.247	6340.82	6349.281	6296.941	6191.282	5576.723	6351.823	6367.415	6347.95	6316.87	6312.33	6258.06	5651.985	6453.378	6324.878	6407.685	6486.834	6447.952	6303.049	5675.885						
4	Num.Días	4	5	4	4	3	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5	4	4	4	4	5	4	4	5	4	4	4	4	5						
5	Consumo según día [kWh]	25571.03	31959.01	31780.93	25567.42	25643.39	18797.96	33924.67	24243.96	24860.57	24337.1	24306.1	24778.06	24385.18	21691.71	25084.97	25000.99	25365.28	31746.4	25187.77	30956.41	27883.62	31759.12	25469.66	25391.8	25287.48	25249.32	28259.83	25813.51	25299.51	32038.29	32432.17	25791.81	25212.2	28378.43							
6	Potencia máxima [kW]	277.4	281.3	275.9	276.8	281.0	275.1	272.1																																		

II.6 CURVA MONÓTONA DE DEMANDA DE CALOR VIRTUAL

La captura siguiente muestra la curva monótona de la demanda de calor virtual de la nueva instalación. Como en esta ocasión sólo se precisa calor para la producción de frío, la curva solamente muestra la potencia térmica requerida para esta actividad. Sin embargo, el modelo Excel incluye otra ventana previa donde se resume la demanda de calor para otras labores, ya que el diseño del Excel se puede aplicar incluso a instalaciones de trigeneración.



Captura 6. Curva monótona de demanda de calor

II.9 CALOR DESTINADO A LA MÁQUINA DE ABSORCIÓN

Una vez definidas las características de los equipos y el modo de operación de los mismos, se calcula el calor que pueden producir, en este caso dedicado exclusivamente a la máquina de absorción y obtenido gracias a los posos de café en la caldera de biomasa. En otras circunstancias donde se precise calor para otras actividades, como la calefacción, existe otra ventana que también calcula el calor generado a partir de los respectivos equipos. Como es lógico, en este análisis esa ventana es igual a 0.

CALOR DESTINADO A LA MAQUINA DE ABSORCIÓN [kW]																																										
Num. Mes	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5							
Num. Columna	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5								
Num. Día semana	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7							
Mes	enero							febrero							marzo							abril							mayo													
Día semana	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do
0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500					
1	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500				
2	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500			
3	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500			
4	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500			
5	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500			
6	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500			
7	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500			
8	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500			
9	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500			
10	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500			
11	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500			
12	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500			
13	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500			
14	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500			
15	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500			
16	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500			
17	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500			
18	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500			
19	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500			
20	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500			
21	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500			
22	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500			
23	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500			
Consumo diario [kWh]	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000				
Num. Dias	4	5	5	4	4	3	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4					
Consumo según día [kWh]	48000	60000	60000	48000	48000	36000	72000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000				

RESUMEN													
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
Mes	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	
Consumo mensual total [MWh]	372	336	372	360	372	360	372	372	360	372	360	372	4380

Captura 9. Calor destinado a la máquina de absorción

II.10 FRÍO GENERADO POR LA MÁQUINA DE ABSORCIÓN

En la siguiente captura se resume la producción de frío generada en las máquinas de absorción. Se obtiene con un simple cálculo: multiplicando el calor generado de la ventana anterior por el COP de la máquina de absorción seleccionada.

FRÍO GENERADO MAQUINA DE ABSORCIÓN [kW]																																										
Num. Mes	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5								
Num. Columna	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5									
Num. Día semana	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7							
Mes	enero							febrero							marzo							abril							mayo													
Día semana	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do
0	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250					
1	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250				
2	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250				
3	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250				
4	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250				
5	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250				
6	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250				
7	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250				
8	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250				
9	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250				
10	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250				
11	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250				
12	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250				
13	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250				
14	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250				
15	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250				
16	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250				
17	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250				
18	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250				
19	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250				
20	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250				
21	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250				
22	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250				
23	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250				
Consumo diario [kWh]	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000					
Num. Dias	4	5	5	4	4	3	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4					
Consumo según día [kWh]	24000	30000	30000	24000	24000	18000	36000	24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000					

RESUMEN													
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
Consumo mensual total [MWh]	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	186
	186	168	186	180	186	180	186	186	180	186	180	186	2190

Captura 10. Frío generado por la máquina de absorción

II.13 NUEVA DEMANDA ELÉCTRICA TOTAL

Para conocer la demanda eléctrica total necesaria en el nuevo escenario, simplemente hay que sumar la nueva demanda derivada de las máquinas de compresión para la producción de frío a la demanda eléctrica dedicada a los usos generales del edificio que permanece igual. En situaciones donde se trabajase con instalaciones de cogeneración o trigeneración y se produjese también electricidad, el modelo Excel cuenta con tres ventanas adicionales donde se mostrarían la electricidad autogenerada, la electricidad importada y la electricidad exportada.

NUEVA DEMANDA ELÉCTRICA TOTAL [kW]		enero												febrero												marzo												abril												mayo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Num. Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Num. Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Num. Día semana	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Día semana	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
0	171,0282	171,7052	167,6174	172,3692	173,1136	165,2577	142,5267	153,7742	166,5027	168,7072	157,4327	159,9077	174,7918	124,9057	164,8442	172,2922	165,0472	167,4444	169,4267	168,2577	141,3677	174,0247	175,1162	173,0027	167,5207	178,6542	160,4842	161,3077	171,1462	170,6757	166,1197	168,9477	175,9922	167,7242	143,1219	162,1527	161,7634	155,4272	168,1077	157,6842	135,1227	146,2512	156,2077	145,4827	160,3262	116,9811	161,4842	153,2477	165,1522	165,7327	162,2022	162,4077	137,9931	168,9262	162,6477	162,6174	165,1162	166,8157	164,9457	144,3576	166,1277	160,7852	166,2511	165,0177	164,5227	162,6342	140,2294	178,5422	165,2022	171,4347	161,9177	162,6242	163,9527	140,9169	146,4562	157,4077	151,9372	146,4827	133,6962	129,6744	164,1527	168,7077	167,6527	166,2384	164,8962	145,4162	159,0962	164,6176	156,5642	159,0962	164,3377	158,2162	163,3777	137,9931	168,9262	162,6477	162,6174	165,1162	166,8157	164,9457	144,3576	166,1277	160,7852	166,2511	165,0177	164,5227	162,6342	140,2294	178,5422	165,2022	171,4347	161,9177	162,6242	163,9527	140,9169	146,4562	157,4077	151,9372	146,4827	133,6962	129,6744	164,1527	168,7077	167,6527	166,2384	164,8962	145,4162	159,0962	164,6176	156,5642	159,0962	164,3377	158,2162	163,3777	137,9931	168,9262	162,6477	162,6174	165,1162	166,8157	164,9457	144,3576	166,1277	160,7852	166,2511	165,0177	164,5227	162,6342	140,2294	178,5422	165,2022	171,4347	161,9177	162,6242	163,9527	140,9169	146,4562	157,4077	151,9372	146,4827	133,6962	129,6744	164,1527	168,7077	167,6527	166,2384	164,8962	145,4162	159,0962	164,6176	156,5642	159,0962	164,3377	158,2162	163,3777	137,9931	168,9262	162,6477	162,6174	165,1162	166,8157	164,9457	144,3576	166,1277	160,7852	166,2511	165,0177	164,5227	162,6342	140,2294	178,5422	165,2022	171,4347	161,9177	162,6242	163,9527	140,9169	146,4562	157,4077	151,9372	146,4827	133,6962	129,6744	164,1527	168,7077	167,6527	166,2384	164,8962	145,4162	159,0962	164,6176	156,5642	159,0962	164,3377	158,2162	163,3777	137,9931	168,9262	162,6477	162,6174	165,1162	166,8157	164,9457	144,3576	166,1277	160,7852	166,2511	165,0177	164,5227	162,6342	140,2294	178,5422	165,2022	171,4347	161,9177	162,6242	163,9527	140,9169	146,4562	157,4077	151,9372	146,4827	133,6962	129,6744	164,1527	168,7077	167,6527	166,2384	164,8962	145,4162	159,0962	164,6176	156,5642	159,0962	164,3377	158,2162	163,3777	137,9931	168,9262	162,6477	162,6174	165,1162	166,8157	164,9457	144,3576	166,1277	160,7852	166,2511	165,0177	164,5227	162,6342	140,2294	178,5422	165,2022	171,4347	161,9177	162,6242	163,9527	140,9169	146,4562	157,4077	151,9372	146,4827	133,6962	129,6744	164,1527	168,7077	167,6527	166,2384	164,8962	145,4162	159,0962	164,6176	156,5642	159,0962	164,3377	158,2162	163,3777	137,9931	168,9262	162,6477	162,6174	165,1162	166,8157	164,9457	144,3576	166,1277	160,7852	166,2511	165,0177	164,5227	162,6342	140,2294	178,5422	165,2022	171,4347	161,9177	162,6242	163,9527	140,9169	146,4562	157,4077	151,9372	146,4827	133,6962	129,6744	164,1527	168,7077	167,6527	166,2384	164,8962	145,4162	159,0962	164,6176	156,5642	159,0962	164,3377	158,2162	163,3777	137,9931	168,9262	162,6477	162,6174	165,1162	166,8157	164,9457	144,3576	166,1277	160,7852	166,2511	165,0177	164,5227	162,6342	140,2294	178,5422	165,2022	171,4347	161,9177	162,6242	163,9527	140,9169	146,4562	157,4077	151,9372	146,4827	133,6962	129,6744	164,1527	168,7077	167,6527	166,2384	164,8962	145,4162	159,0962	164,6176	156,5642	159,0962	164,3377	158,2162	163,3777	137,9931	168,9262	162,6477	162,6174	165,1162	166,8157	164,9457	144,3576	166,1277	160,7852	166,2511	165,0177	164,5227	162,6342	140,2294	178,5422	165,2022	171,4347	161,9177	162,6242	163,9527	140,9169	146,4562	157,4077	151,9372	146,4827	133,6962	129,6744	164,1527	168,7077	167,6527	166,2384	164,8962	145,4162	159,0962	164,6176	156,5642	159,0962	164,3377	158,2162	163,3777	137,9931	168,9262	162,6477	162,6174	165,1162	166,8157	164,9457	144,3576	166,1277	160,7852	166,2511	165,0177	164,5227	162,6342	140,2294	178,5422	165,2022	171,4347	161,9177	162,6242	163,9527	140,9169	146,4562	157,4077	151,9372	146,4827	133,6962	129,6744	164,1527	168,7077	167,6527	166,2384	164,8962	145,4162	159,0962	164,6176	156,5642	159,0962	164,3377	158,2162	163,3777	137,9931	168,9262	162,6477	162,6174	165,1162	166,8157	164,9457	144,3576	166,1277	160,7852	166,2511	165,0177	164,5227	162,6342	140,2294	178,5422	165,2022	171,4347	161,9177	162,6242	163,9527	140,9169	146,4562	157,4077	151,9372	146,4827	133,6962	129,6744	164,1527	168,7077	167,6527	166,2384	164,8962	145,4162	159,0962	164,6176	156,5642	159,0962	164,3377	158,2162	163,3777	137,9931	168,9262	162,6477	162,6174	165,1162	166,8157	164,9457	144,3576	166,1277	160,7852	166,2511	165,0177	164,5227	162,6342	140,2294	178,5422	165,2022	171,4347	161,9177	162,6242	163,9527	140,9169	146,4562	157,4077	151,9372	146,4827	133,6962	129,6744	164,1527	168,7077	167,6527	166,2384	164,8962	145,4162	159,0962	164,6176	156,5642	159,0962	164,3377	158,2162	163,3777	137,9931	168,9262	162,6477	162,6174	165,1162	166,8157	164,9457	144,3576	166,1277	160,7852	166,2511	165,0177	164,5227	162,6342	140,2294	178,5422	165,2022	171,4347	161,9177	162,6242	163,9527	140,9169	146,4562	157,4077	151,9372	146,4827	133,6962	129,6744	164,1527	168,7077	167,6527	166,2384	164,8962	145,4162	159,0962	164,6176	156,5642	159,0962	164,3377	158,2162	163,3777	137,9931	168,9262	162,6477	162,6174	165,1162	166,8157	164,9457	144,3576	166,1277	160,7852	166,2511	165,0177	164,5227	162,6342	140,2294	178,5422	165,2022	171,4347	161,9177	162,6242	163,9527	140,9169	146,4562	157,4077	151,9372	146,4827	133,6962	129,6744	164,1527	168,7077	167,6527	166,2384	164,8962	145,4162	159,0962	164,6176	156,5642	159,0962	164,3377	158,2162	163,3777	137,9931	168,9262	162,6477	162,6174	165,1162	166,8157	164,9457	144,3576	166,1277	160,7852	166,2511	165,0177	164,5227	162,6342	140,2294	178,5422	165,2022	171,4347	161,9177	162,6242	163,9527	140,9169	146,4562	157,4077	151,9372	146,4827	133,6962	129,6744	164,1527	168,7077	167,6527	166,2384	164,8962	145,4162	159,0962	164,6176	156,5642	159,0962	164,3377	158,2162	163,3777	137,9931	168,9262	162,6477	162,6174	165,1162	166,8157	164,9457	144,3576	166,1277	160,7852	166,2511	165,0177	164,5227	162,6342	140,2294	178,5422	165,2022	171,4347	161,9177	162,6242	163,9527	140,9169	146,4562	157,4077	151,9372	146,4827	133,6962	129,6744	164,1527	168,7077	167,6527	166,2384	164,8962	145,4162	159,0962	164,6176	156,5642	15

II.16 BALANCE ENERGÉTICO

La siguiente ventana resume y calcula los principales parámetros para realizar un balance energético comparando la situación actual con el nuevo escenario planteado. Se puede observar cómo hay ciertas celdas que dan error o son "0" debido a que el modelo Excel está diseñado para utilizarse también en situaciones de cogeneración o trigeneración.

BALANCE ENERGÉTICO ANUAL [MWh/año]			
	SITUACIÓN ACTUAL	NUEVA SITUACIÓN	
ENERGÍA TÉRMICA			
Calor generado M. compresión	0,0	0,0	
Calor generado motor		4380,0	
Calor aprovechado para calefacción		0,0	
Calor aprovechado para M. absorción		4380,0	
Calor evacuado		0,0	
Total calor generado	0,0	4380,0	
Frío generado M. compresión	5499,5	3309,5	
Frío generado M. absorción		2190,0	
Total frío generado	5499,5	5499,5	
Combustible motor		4921,3	
TOTAL COMBUSTIBLE	0,0	4921,3	
Calor útil		2190,0	
COBERTURA DE LA DEMANDA FRÍO		39,8%	
COBERTURA DE LA DEMANDA CALOR		#,DIV/0!	
ENERGÍA ELÉCTRICA			
IMPORTACION	2288,1	1422,5	
P1	409,3	259,3	
P2	679,8	429,8	
P3	1199,0	733,4	
P4	0,0	0,0	
P5	0,0	0,0	
P6	0,0	0,0	
CONSUMO ELÉCTRICO EVITADO		865,6	
EXPORTACION		0,0	
P1		0,0	
P2		0,0	
P3		0,0	
P4		0,0	
P5		0,0	
P6		0,0	
TOTAL AUTOGENERACION		0,0	
PORCENTAJE AUTOCONSUMO		#,DIV/0!	
COBERTURA DE LA DEMANDA ELÉCTRICA		37,8%	

BALANCE ENERGÉTICO ANUAL [MWh/año]			
	SITUACIÓN ACTUAL	POSOS DE CAFÉ	
ENERGÍA TÉRMICA			
Calor generado por caldera	0	4380	
Combustible caldera	0	4921,3	
Calor aprovechado por M. absorción	0	4380	
Frío generado por M. Absorción	0	2190	
Frío generado por M. Compresión	5499,5	3309,5	
Total frío generado	5449,5	5449,5	
Cobertura de la demanda de frío		39,80%	
ENERGÍA ELÉCTRICA			
P1	409,3	259,3	
P2	679,8	429,8	
P3	1199,0	733,4	
P4	0,0	0,0	
P5	0,0	0,0	
P6	0,0	0,0	
Importación	2288,1	1422,5	
Consumo eléctrico evitado		865,6	
Ahorro en el consumo de electricidad		37,83%	

Captura 16. Balance energético

II.17 PERÍODOS TARIFA ELÉCTRICA SELECCIONADA

Por último quedaría por cuantificar económicamente los consumos energéticos de la situación actual y la futura. Para ello, en primer lugar hay que escoger la tarifa eléctrica más adecuada para las necesidades eléctricas de la instalación y en función de la seleccionada (2, 3 o 6 períodos) habrá que ajustar todas las horas del año a su correspondiente período en la siguiente ventana:

Calendario tarifario (con 1a quincena de junio)																																																							
Num. Mes	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	6	6														
Num. Columna	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6														
Num. Día semana	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2											
Mes	enero							febrero							marzo							abril							mayo							junio		1a quincena																	
Día semana	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	lu	ma											
0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3							
1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3				
2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3				
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
7	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
9	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
10	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
11	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
12	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
13	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
14	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
15	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
16	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
17	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
18	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
19	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
20	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
21	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
22	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
23	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Num. Días	4	5	5	4	4	3	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4			
Según periodo																																																							
Num horas al día [h]																																																							
Periodo tarifario																																																							
1	6	6	6	6	6	0	0	6	6	6	6	6	6	0	0	6	6	6	6	6	6	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6					
2	10	10	10	10	10	0	0	10	10	10	10	10	10	0	0	10	10	10	10	10	10	0	0	10	10	10	10	10	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
3	8	8	8	8	8	24	24	8	8	8	8	8	8	24	24	8	8	8	8	8	8	8	24	24	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8			
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Num hora según día [h]																																																							
1	24	30	30	24	24	0	0	24	24	24	24	24	0	0	24	24	24	30	24	0	0	30	24	24	24	24	0	0	24	24	30	30	24	0	0	24	24	30	30	24	0	0	12	12	0	0	0	0	0	0	0				
2	40	50	50	40	40																																																		

II.18 ESTIMACIÓN DEL COSTE DE LAS FUENTES DE ENERGÍA

En esta ventana se calcula los costes derivados de la compra de las diferentes fuentes de energía (electricidad y posos de café en este caso) utilizadas en cada uno de los escenarios de estudio. Se vuelve a observar que está adaptado en el caso en el que se produjese electricidad y se decidiese vender.

GAS NATURAL													
PRECIOS Y TARIFAS COMBUSTIBLE INDUSTRIAL													
Término capacidad, fijo (PCI)	€/mes / MWh/d	79,51											
Término energía, variable (PCI)	€/MWh	32,95											
CAFÉ													
	café (€/t)	80,00											
	café (€/MWh)	13,23											
PRECIOS													
Término potencia (€/kW/año)	TARIFA	P1	P2	P3	TARIFA 3.1A								
Término energía (€/MWh)	3.1A	61,639	38,011	8,716	Término	P1	P2	P3	P4	P5	P6		
		127,460	113,960	77,751	Ya (€/MWh)	127,46	113,58	77,751					
					Tp (€/kW/año)	61,639	38,011	8,716					
Qfacturada													
85% Qmax < 85% Qcontra 85% Qcontra													
85% Qc < Qmax < 105% Qc Qmax													
Qmax > 105% Qcontra Qmax + 2 · (Qmax - 1,05 · Qcontra)													
SITUACIÓN POSOS DE CAFÉ													
	TOTALES	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	mes 7	mes 8	mes 9	mes 10	mes 11	mes 12
Combustible café demandado (t)	651,0	55,29	48,94	55,29	53,51	55,29	53,51	55,29	55,29	53,51	55,29	53,51	55,29
Combustible demandado total (MWh)	4921,3	417,98	377,53	417,98	404,49	417,98	404,49	417,98	417,98	404,49	417,98	404,49	417,98
Gasto en café (€)	32.551	2.764,60	2.497,06	2.764,60	2.675,42	2.764,60	2.675,42	2.764,60	2.764,60	2.675,42	2.764,60	2.675,42	2.764,60
Base imponible (€)	32.551												
Total posos de café (€)	39.387												
ELECTRICIDAD ACTUAL													
	TOTALES	P1	P2	P3	P4	P5	P6						
Electricidad demandada (MWh)	2298,1	403,3	673,8	1199,0									
Potencia máxima (kW)	294,6	295,9	294,9										
Potencia contratada (kW)	294,6	295,9	295,9										
FACTURACIÓN ELECTRICIDAD ACTUAL													
	TOTALES	P1	P2	P3	P4	P5	P6						
Término de potencia (€)	31.985	18.160	11.246	2.579									
Término energía (€)	222.605	52.163	77.215	93.227									
Penalización exceso de potencia (€)	0	0	0	0									
Impuesto electricidad (€)	13.016												
Base imponible (€)	267.607												
IVA (21%) (€)	56.197												
Total electricidad actual (€)	323.804												
ELECTRICIDAD POSOS DE CAFÉ													
	TOTALES	P1	P2	P3	P4	P5	P6						
Electricidad importada (MWh)	1422,5	259,3	429,8	733,4									
Potencia Máxima (kW)	195,8	197,1	186,1										
Potencia contratada (kW)	195,8	197,1	197,1										
FACTURACIÓN ELECTRICIDAD POSOS DE CAFÉ													
	TOTALES	P1	P2	P3	P4	P5	P6						
Término de potencia (€)	21.277	12.069	7.490	1.718									
Término energía (€)	138.889	33.044	48.820	57.025									
Penalización exceso de potencia (€)	0	0	0	0									
Impuesto electricidad (€)	8.189												
Base imponible (€)	168.355												
IVA (21%) (€)	35.355												
Total electricidad (€)	203.709												
FACTURACIÓN EXPORTACION													
	TOTALES												
Retribución mercado	€	-											
Retribución por inversión	€	-											
Retribución por operación	€	#VALORI											
Retribución específica base	€	#VALORI											
Factor de minoración		#DIVIDI											
Retribución específica (minorada)	€	#VALORI											
Subtotal	€	#VALORI											
Pesaje generación (0,5 €/MWh)	€	#VALORI											
Impuesto producción eléctrica (%)	€	#VALORI											
Total Exportación cogeneración	€	-											

Captura 18. Estimación del coste de las fuentes de energía

II.19 BALANCE ECONÓMICO

Conocidos los costes asociados a los diferentes combustibles, la inversión aproximada de la nueva instalación y los costes de operación y mantenimiento de los diferentes equipos se realiza el balance económico que permite conocer si es viable económicamente la alternativa planteada respecto a la situación actual.

BALANCE ECONOMICO €/año									
	SITUACION ACTUAL	POSOS DE CAFÉ							
GASTOS COMBUSTIBLE		39 387 €							
COMPRA ELECTRICIDAD	323 804 €	203 709 €							
Retribución mercado		-							
Retribución por inversión		-							
Retribución por operación		-							
VENTA ELECTRICIDAD		-							
TOTAL	323 804 €	243 096 €							
GASTOS EXPLOTACION									
Combustible + Electricidad	323 804 €	243 096 €							
Mantenimiento	13 729 €	20 390 €							
TOTAL	337 532 €	263 486 €							
AHORRO ANUAL		74 046 €							
INVERSIÓN			VARIACION	0					
Caldera de biomasa + máquina absorción		385 000 €	BASE	385 000 €					
TIEMPO DE RETORNO [años]		5,20	0,192328219						
BENEFICIO ANUAL NETO [€/año]		58 646 €							
TASA DE RENTABILIDAD ARITMETICA		15,2%							
Precio medio gas natural [€/MWh]		8,00 €							
Precio medio electricidad compra [€/MWh]	141,52 €	143,20 €							
Precio medio electricidad venta [€/MWh]		- €							
Precio medio electricidad venta mercado [€/MWh]		- €							
Precio medio electricidad venta R. específica [€/MWh]		- €							
COMBUSTIBLE	€/MWh	€/Tn	€/MWh	PCI (MJ/kg)	PCI(MWh/T)	€/MWhf			
ELECTRICIDAD		143,20	56,60			56,60			
CAFÉ		300	39,69	27,214	7,56	79,37			
		250	33,07	27,214	7,56	66,14			
		200	26,46	27,214	7,56	52,91			
		50	6,61	27,214	7,56	13,23			
			0,00	27,214	7,56	0,00			
			0,00	27,214	7,56	0,00			
ACEITE		500	47,37	38	10,56	94,74			
		450	42,63	38	10,56	85,26			
		350	33,16	38	10,56	66,32			

BALANCE ECONÓMICO ANUAL		
RESULTADOS	SITUACIÓN ACTUAL	POSOS DE CAFÉ
Compra de electricidad (€)	323.803,88	203.709,41
Gasto combustible (€)	0	39.386,70
Gastos de operación y mantenimiento (€)	13.728,60	20.390,00
Gasto total (€)	337.532,48	263.486,11
Ahorro anual (€)		74.046,36
Inversión (€)		385.000,00
Tiempo de retorno (años)		5,20
Beneficio anual neto (€)		58.646,36
Tasa de rentabilidad aritmética (%)		15,23%
TIR a los 25 años (%)		18,01%
VAN a los 25 años (€)		846.173,70

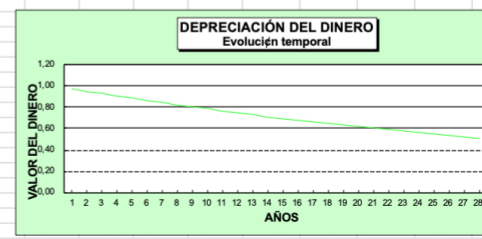
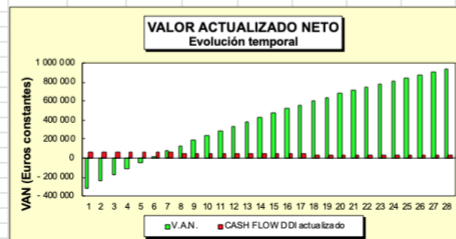
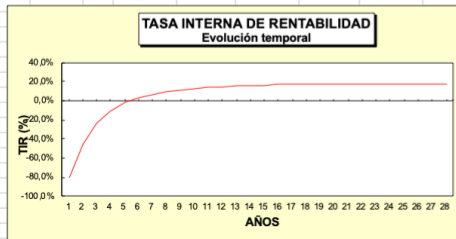
Costes de Operación y Mantenimiento	Coste unitario	Coste anual (€/año)
Costes OyM caldera biomasa (€/kW)	4,0	2000,0
C OyM m.absorción (€/MWhf)	4,5	9.855,00
C OyM frío m.compresión (€/MWh)	6,0	8535,0
C OyM nueva instalación (€/año)		20390,0
C OyM m.compresión actual (€/MWh)	6,0	13728,6

Captura 19. Balance económico

II.20 ESTUDIO DE RENTABILIDAD

Si del balance económico anterior se deduce la viabilidad económica del proyecto planteado se procede a realizar un análisis más detallado de su rentabilidad por medio de la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) y el Valor Actualizado Neto (VAN).

ESTUDIO DE RENTABILIDAD																										
AÑO:	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Tasa crec. I.P.C	1,08%	1,000	1,011	1,022	1,033	1,044	1,055	1,067	1,078	1,090	1,102	1,113	1,125	1,138	1,150	1,162	1,175	1,188	1,200	1,213	1,226	1,240	1,253	1,267	1,280	1,294
Tasa crec. Combustible	0,30%	1,000	1,003	1,006	1,009	1,012	1,015	1,018	1,021	1,024	1,027	1,030	1,033	1,037	1,040	1,043	1,046	1,049	1,052	1,055	1,059	1,062	1,065	1,068	1,071	1,075
Tasa crec. Electricidad	-0,26%	1,000	0,997	0,995	0,992	0,990	0,987	0,985	0,982	0,979	0,977	0,974	0,972	0,969	0,967	0,964	0,962	0,959	0,957	0,954	0,952	0,949	0,947	0,944	0,942	0,939
SITUACIÓN ACTUAL																										
Combustible	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Compra Electricidad	323 804	322 962	322 122	321 285	320 449	319 616	318 785	317 956	317 130	316 305	315 483	314 663	313 844	313 028	312 215	311 403	310 593	309 786	308 980	308 177	307 376	306 576	305 779	304 984	304 191	
Mantenimiento	13 729	13 693	13 657	13 622	13 586	13 551	13 516	13 481	13 446	13 411	13 376	13 341	13 306	13 272	13 237	13 203	13 168	13 134	13 100	13 066	13 032	12 998	12 964	12 931	12 897	
TOTAL	337 532	336 655	335 780	334 907	334 036	333 167	332 301	331 437	330 575	329 716	328 859	328 004	327 151	326 300	325 452	324 606	323 762	322 920	322 080	321 243	320 408	319 575	318 744	317 915	317 088	
NUOVA SITUACIÓN																										
Combustible	39 387	39 505	39 623	39 742	39 861	39 981	40 101	40 221	40 342	40 463	40 584	40 706	40 828	40 951	41 074	41 197	41 320	41 444	41 569	41 693	41 818	41 944	42 070	42 196	42 323	
Compra Electricidad	203 709	203 180	202 652	202 125	201 599	201 075	200 552	200 031	199 511	198 992	198 475	197 958	197 444	196 930	196 418	195 908	195 398	194 890	194 384	193 878	193 374	192 871	192 370	191 870	191 371	
Retribución mercado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Retribución por inversión	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Retribución por operación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Venta Electricidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mantenimiento	20 390	20 610	20 833	21 058	21 285	21 515	21 747	21 982	22 220	22 460	22 702	22 947	23 195	23 446	23 699	23 955	24 214	24 475	24 740	25 007	25 277	25 550	25 826	26 105	26 387	
TOTAL	263 486	263 295	263 108	262 925	262 746	262 571	262 401	262 234	262 072	261 915	261 761	261 612	261 467	261 327	261 191	261 060	260 932	260 810	260 692	260 578	260 469	260 365	260 265	260 170	260 080	
AHORRO ANUAL	74 046	73 360	72 672	71 982	71 290	70 596	69 900	69 203	68 503	67 801	67 097	66 391	65 683	64 973	64 261	63 546	62 829	62 110	61 388	60 665	59 938	59 209	58 478	57 745	57 008	
INVERSIONES	385 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
CASH FLOW	- 385 000	74 046	73 360	72 672	71 982	71 290	70 596	69 900	69 203	68 503	67 801	67 097	66 391	65 683	64 973	64 261	63 546	62 829	62 110	61 388	60 665	59 938	59 209	58 478	57 745	57 008
TASA ACTUALIZACI	2,46%																									
Actualización dinero	1,00	0,98	0,95	0,93	0,91	0,89	0,86	0,84	0,82	0,80	0,78	0,77	0,75	0,73	0,71	0,69	0,68	0,66	0,65	0,63	0,62	0,60	0,59	0,57	0,56	0,54
CASH FLOW ACTUA	- 385 000	72 269	69 880	67 562	65 314	63 133	61 018	58 966	56 976	55 045	53 173	51 358	49 598	47 890	46 235	44 630	43 074	41 566	40 104	38 686	37 312	35 980	34 689	33 438	32 226	31 051
VALOR ACTUALIZADO!	- 385 000	- 312 731	- 242 852	- 175 290	- 109 976	- 46 843	14 175	73 141	130 116	185 162	238 335	289 693	339 291	387 181	433 416	478 047	521 121	562 687	602 791	641 477	678 789	714 769	749 458	782 896	815 122	846 174
TASA INTERNA DE RENTABILIL	-80,8%	-45,7%	-23,5%	-10,2%	-1,9%	3,6%	7,3%	9,9%	11,8%	13,2%	14,3%	15,1%	15,7%	16,2%	16,6%	16,9%	17,2%	17,4%	17,5%	17,6%	17,7%	17,8%	17,9%	18,0%	18,0%	
Estimación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Vida útil regulatoria		25																								



Captura 20. Estudio de rentabilidad

II.21 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Esta última ventana se utiliza para realizar un análisis de sensibilidad fruto de la modificación de los valores de los parámetros más influyentes en la alternativa planteada.

	van	tir	tasas de crecimiento		VARIACIÓN PRECIO		tanto x 1	PRECIO
5	-46.842,6	-1,9%	1,08%	Tasa crec. I.P.C	1,08%	ELECTRICIDAD	0	50
10	238.335,1	13,2%	0,30%	Tasa crec. Combustible	0,30%	CAFÉ	0	385000
15	478.046,8	16,6%	-0,26%	Tasa crec. Electricidad	-0,26%	IMP. INVERSIÓN	0	385000
20	678.788,6	17,6%						
25	846.173,7	18,0%						

PRECIO ELECTRICIDAD										
INCREMENTO										
DISMINUCIÓN										
ESCENARIO ESPERADO										
5%										
15%										
5%										
15%										
AÑOS	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR
5	-183.063,2	-16,6%	-165.362,5	-14,5%	-147.661,9	-12,4%	-200.763,8	-18,9%	-236.165,1	-23,8%
10	-16.959,8	1,6%	16.213,5	3,3%	49.386,7	4,9%	-50.133,0	-0,2%	-116.479,5	-4,1%
15	118.665,7	6,5%	165.364,0	8,0%	212.062,3	9,4%	71.967,4	5,0%	-21.429,2	1,7%
20	228.422,9	8,4%	286.943,9	9,7%	345.464,8	11,0%	169.902,0	7,0%	52.860,1	4,0%
25	316.275,8	9,2%	385.131,2	10,4%	453.986,6	11,6%	247.420,4	7,9%	109.709,5	5,1%

PRECIO CAFÉ										
INCREMENTO										
DISMINUCIÓN										
ESCENARIO ESPERADO										
5%										
15%										
5%										
15%										
AÑOS	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR
5	-183.063,2	-16,6%	-192.276,7	-17,8%	-210.703,7	-20,2%	-173.849,7	-15,5%	-155.422,6	-13,3%
10	-16.959,8	1,6%	-34.455,7	0,6%	-69.447,7	-1,3%	536,2	2,5%	35.528,1	4,2%
15	118.665,7	6,5%	93.724,3	5,7%	43.841,5	4,0%	143.607,1	7,3%	193.490,0	8,8%
20	228.422,9	8,4%	196.788,4	7,6%	133.519,5	6,1%	260.057,4	9,1%	323.326,3	10,5%
25	316.275,8	9,2%	278.624,6	8,5%	203.322,3	7,0%	353.926,9	9,9%	429.229,3	11,2%

VOLUMEN DE INVERSIÓN										
INCREMENTO										
DISMINUCIÓN										
ESCENARIO ESPERADO										
5%										
15%										
5%										
15%										
AÑOS	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR
5	-183.063,2	-16,6%	-202.313,2	-17,8%	-240.813,2	-20,0%	-163.813,2	-15,3%	-125.313,2	-12,4%
10	-16.959,8	1,6%	-36.209,8	0,6%	-74.709,8	-1,0%	2.290,2	2,6%	40.790,2	4,9%
15	118.665,7	6,5%	99.415,7	5,7%	60.915,7	4,3%	137.915,7	7,4%	176.415,7	9,3%
20	228.422,9	8,4%	209.172,9	7,7%	170.672,9	6,4%	247.672,9	9,1%	286.172,9	10,9%
25	316.275,8	9,2%	297.025,8	8,5%	258.525,8	7,4%	335.525,8	9,9%	374.025,8	11,5%

Captura 21. Análisis de sensibilidad