



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

**ANÁLISIS, VALORACIÓN Y
OPTIMIZACIÓN DE LA CONTRATACIÓN
DEL SUMINISTRO ENERGÉTICO DE GAS Y
ELECTRICIDAD APLICADO A UNA
INSTALACIÓN INDUSTRIAL DEDICADA A
LA PRODUCCIÓN DE BARNICES Y
PINTURAS**

AUTOR: DANIEL JURADO CLEMENTE

TUTOR: MANUEL ALCÁZAR ORTEGA

Curso Académico: 2015-16

RESUMEN

El trabajo consiste en la optimización del contrato energético de una instalación industrial dedicada a la fabricación de barnices y pinturas.

En primer lugar, se contextualiza el panorama español, dando una visión general de los mercados energéticos de electricidad y gas natural en nuestro país.

En segundo lugar, se describe la situación de partida, presentando el proceso productivo de la instalación industrial y realizando los estudios tanto energéticos como económicos. También se realizarán previsiones de los consumos energéticos de la instalación, y de los costes asociados a estos.

Finalmente, se evaluarán ofertas de suministro de diferentes compañías comercializadoras con la intención de optimizar la contratación del suministro, tanto de electricidad como de gas natural, para minimizar los costes de la empresa.

Este estudio tendrá como conclusiones las recomendaciones que se le realizan a la empresa referentes al suministro energético, detallando las razones que han llevado a tomar estas decisiones.

Palabras clave: Optimización, suministro eléctrico, suministro de gas natural, instalación industrial, costes, consumos.

ÍNDICE DE DOCUMENTOS

- DOCUMENTO 1: MEMORIA.....6
- DOCUMENTO 2: PRESUPUESTO.....68

DOCUMENTO 1

MEMORIA

Realizado por: Daniel Jurado Clemente

Dirigido por: Dr. Manuel Alcázar Ortega

ÍNDICE

1. Objeto del trabajo	10
1.1. Antecedentes	10
1.2. Objetivos	10
1.3. Alcance	10
1.4. Motivación y justificación	11
1.5. Organización del trabajo	11
2. Contexto del panorama energético español	12
2.1. Mercado eléctrico	12
2.1.1. Situación del mercado eléctrico en España	13
2.1.2. Tarifas y Facturación del suministro eléctrico	14
2.2. Mercado de gas natural	18
2.2.1 Situación del mercado de gas natural en España	18
2.2.2 Contratación del gas natural en España	19
3. Caso de aplicación: Instalación industrial dedicada a la producción de barnices y pinturas	21
3.1. Introducción	21
3.2. Descripción de la instalación	21
3.2.1. Proceso industrial	22
3.2.2. Diagramas de proceso	22
3.3. Caso base: Estudio energético de la situación actual	27
3.3.1. Suministro de electricidad inicial	27
3.3.1.1 Análisis del consumo	27
3.3.1.2. Descripción del contrato vigente en 2015	28
3.3.1.3. Obtención de la curva de carga	29
3.3.2. Suministro de gas natural inicial	38
3.3.2.1 Análisis del consumo	38
3.3.2.2 Descripción del contrato vigente en 2015	39
3.3.2.3 Obtención de los consumos mensuales	40
3.4. Caso base: Estudio económico de la situación actual	45
3.4.1. Estudio económico del suministro de electricidad	45
3.4.1.1 Resultados para el año 2015	45

3.4.1.2	Previsión de gasto para el año 2016	48
3.4.2.	Estudio económico del suministro de gas natural	50
3.4.2.1	Resultados para el año 2015	50
3.4.2.2	Previsión de gasto para el año 2016	52
4.	Optimización del contrato eléctrico.....	54
4.1	Optimización de la tarifa de acceso	54
4.1.1.	Optimización de la potencia contratada	55
4.1.1.1	Metodología	55
4.1.1.2	Resultados.....	57
4.1	Optimización del contrato de suministro de electricidad.....	59
4.2.1.	Metodología	59
4.2.2.	Ofertas de suministro.....	60
4.2.3.	Análisis y valoración de ofertas.....	61
5.	Optimización del contrato de gas natural	62
5.1	Metodología	62
5.2	Ofertas de suministro	64
5.3	Análisis y valoración de ofertas	64
6.	Conclusiones	65
6.1	Contratación del suministro de electricidad	65
6.2	Contratación del suministro de gas natural	65
7.	Bibliografía.....	66

1. Objeto del trabajo

1.1. Antecedentes

En el presente documento se expone el Trabajo Final de Grado del alumno Daniel Jurado Clemente, matriculado en el Grado en Ingeniería de la Energía perteneciente a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Valencia.

1.2. Objetivos

El trabajo pretende tres objetivos básicos:

- a) En primer lugar, aplicar a un caso práctico los conceptos adquiridos por el alumno durante el grado en general y, particularmente, en las asignaturas "Mercados Energéticos" y "Auditoría Energética"
- b) En segundo lugar, proporcionar al alumno las habilidades necesarias para analizar el consumo de energía de una instalación industrial, partiendo desde un punto de vista global y descendiendo hasta el proceso productivo de forma que pueda analizar y comprender dónde y cómo se utiliza la energía
- c) Finalmente, poner en contacto al alumno con una instalación real, donde se tendrá que enfrentar con problemas similares a los que tendrá que gestionar en su vida profesional.

1.3. Alcance

Los objetivos antes mencionados se alcanzarán a través de un caso práctico de aplicación, donde se llevará a cabo la optimización del contrato energético de una instalación industrial real dedicada a la fabricación de barnices y pinturas. Para ello, se estudiará en detalle y se caracterizará el consumo energético de la instalación de acuerdo con el proceso productivo realizado; se evaluarán ofertas de suministro de diferentes compañías comercializadoras de acuerdo con las posibilidades de contratación que ofrecen los mercados energéticos en España; y, finalmente, se diseñará el contrato óptimo que minimizaría los costes energéticos de la industria, considerando las previsiones de consumo de la instalación para el próximo año.

1.4. Motivación y justificación

La entrega del trabajo se realiza con la intención de finalizar el grado en Ingeniería de la Energía y obtener la titulación correspondiente para poder introducirse al mercado laboral.

El hecho de elegir un trabajo consistente en optimizar una factura, se basa en el interés despertado durante las asignaturas “Mercados Energéticos” y “Auditoría Energética”, siendo estas dos las asignaturas que mejor han reflejado la salida profesional que pretendo tomar. Además, he tenido en cuenta la gran importancia que tienen y van a tener en el futuro a corto plazo las auditorías energéticas debido a 4 factores:

1. La obligatoriedad de realizar auditorías energéticas en las empresas del sector industrial cada cuatro años, debido a la entrada en vigor del Real Decreto 56/2016.
2. La gran ventaja que supone realizar una auditoría a la hora de aumentar la eficiencia energética en las empresas.
3. El gran ahorro que puede obtenerse al hacer una contratación óptima, sin grandes cambios en la forma de consumo.
4. La importancia del conocimiento de las posibilidades de contratación en el mercado, con la intención de minimizar el coste energético.

1.5. Organización del trabajo

El trabajo está estructurado de la siguiente manera: en primer lugar, el capítulo 2 presenta una visión general de los mercados energéticos en España, tanto para la electricidad como para el gas natural. El capítulo 3 describe la situación inicial de la empresa, donde se detalla el proceso productivo, y los estudios energéticos y económicos previos a la realización del estudio. En el capítulo 4 se realiza el estudio de optimización del suministro eléctrico, tanto de la tarifa de acceso como del contrato. En el capítulo 5, se presenta un estudio parecido, pero aplicado al suministro de gas natural. Por último, en el capítulo 6 se muestran las conclusiones obtenidas durante la realización del trabajo, presentado los cambios que deben realizarse en la instalación para obtener la mejor solución posible,

2. Contexto del panorama energético español

Los mercados energéticos, son mercados tremendamente complejos y estratégicos, debido a la gran importancia de su producto para el funcionamiento de nuestra sociedad. Por ello, son mercados que se ven poco influenciados por factores macroeconómicos, en cambio, aspectos como la estacionalidad del consumo son los que más le afectan.

Los mercados energéticos más importantes son el del petróleo, el del gas natural, el del carbón, el mercado de emisiones de gases de efecto invernadero y el mercado eléctrico.

2.1. Mercado eléctrico

De entre todos los mercados energéticos existentes en España, uno de los más importantes es el mercado eléctrico, debido a la absoluta dependencia que tiene la sociedad de electricidad. Además, es un mercado muy complejo, en el que el producto principal (la electricidad) no se asemeja al resto de productos de un mercado tradicional de bienes de consumo, debido principalmente a 4 factores:

- La electricidad no puede almacenarse, por tanto, se tiene que producir en cada momento la electricidad que se demande, es decir, la consumida más la pérdida en la red de transporte.
- La generación es anónima, es decir, el consumidor no le está comprando la energía a un generador, si no que la toma de la red, donde todos han generado.
- El servicio requiere una gran calidad, sin fluctuaciones en la frecuencia y la tensión, ya demás, no puede interrumpirse el suministro en ningún momento.
- El consumo es marcadamente irregular, ya que, a pesar de haber componentes estacionales muy marcadas, hay también un cierto factor de aleatoriedad. Este punto hace que el sistema eléctrico en general deba ser muy robusto para soportar todas estas variaciones.

Cabe destacar que en el mercado eléctrico conviven una gran cantidad de tecnologías de generación como las centrales térmicas, las renovables y las hidráulicas, cada una con sus peculiaridades que hace que gestionarlas a todas a la vez sea aún más complicado.

Por último, debe mencionarse el cambio en el escenario en el que se sitúa este mercado, ya que en la última época se están viviendo acontecimientos que hacen replantearse la estructura del sistema. Uno de los problemas a los que debe enfrentarse el sector es al agotamiento de yacimientos de combustibles fósiles como el petróleo o el carbón, ya que actualmente se es muy dependiente de este tipo de tecnologías. Otro de los problemas a afrontar, es el impacto medioambiental de algunas de las tecnologías más usadas. Este es un factor que lleva tiempo tratándose de adaptar, introduciendo nuevas tecnologías que produzcan un menor impacto medioambiental, como la producción de energías renovable.

2.1.1. Situación del mercado eléctrico en España

En España, se entendía la electricidad como un servicio público regulado estatalmente, entre otras formas mediante el uso de tarifas, lo que elevaba en gran medida el precio para el consumidor final.

El 27 de noviembre de 1997 se promulga la Ley 54/1997 del Sector Eléctrico, en la que la energía pasa a considerarse un bien de consumo comerciable, con la intención de liberalizar este sector para aumentar la competitividad de la economía española.

La aplicación de esta ley ha derivado en una gran expansión del mercado, así como en el desarrollo e introducción de nuevas tecnologías al sector y también de un gran número de nuevas empresas. Todos estos factores se han traducido en un mejor servicio para el cliente final.

En 2001 se empezó a crear el Mercado Ibérico de Electricidad (MIBEL), un conjunto de mercados eléctricos en los que se realizan transacciones y se negocian instrumentos financieros derivados, que engloba a España y Portugal. Pero no fue hasta 2004 cuando se sentaron las bases del régimen que iba a regularlo.

El MIBEL se crea para reforzar la conexión España-Portugal, aumentando las transacciones entre ambos países y logrando que se actúe de forma conjunta. Esto finalmente debería traducirse en mejorar la competitividad en precios.

Los mecanismos de mercado minorista del MIBEL en España permiten comprar la energía de 2 formas: Mediante tarifa regulada para consumidores con baja potencia contratada (menor de 10 kW) a través del Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor (PVPC), diferente para España y Portugal; o a través del mercado liberalizado, que comparten ambos países, y se divide en mercados organizados y no organizados.

El MIBEL funciona por tanto como un mercado mayorista de energía, mediante mecanismos de mercados liberalizados de bienes de consumo, en el que la gran mayoría de energía vendida se hace en grandes paquetes.

La gran parte de los consumidores, por el contrario, necesitan poca energía en comparación a los grandes paquetes que suelen comprarse en el mercado mayorista. Por tanto, se crea un mercado minorista donde la gran mayoría de consumidores compran la energía a empresas comercializadoras.

2.1.2. Tarifas y Facturación del suministro eléctrico

En España, hay varias formas de contratar la electricidad, pero los conceptos que pueden aparecer en las facturas, son básicamente:

- **Consumo:** es un término que varía según cuanta energía consume el cliente, donde el pago se realiza a la comercializadora y puede negociarse con ella.
- **Acceso a redes:** se corresponde con el dinero que recibirá la distribuidora por los costes de las redes, incentivos a renovables, etc. Este concepto, por tanto, son pagos al sistema, y están regulados según el Real Decreto 1164/2001. Incluye términos variables y términos fijos.
- **Alquiler del equipo de medida:** es un término fijo que se paga a la compañía distribuidora.
- **Impuestos:** El estado recauda impuestos de la factura eléctrica a partir del Impuesto Eléctrico (IE) y el IVA.
- **Servicios complementarios** como aumentar la potencia contratada, o actuaciones en la instalación (enganche, verificación, etc.)

Estos son los conceptos que aparecen en las facturas eléctricas, pero esto no coincide exactamente con los términos del contrato de suministro eléctrico pactado con la compañía comercializadora, ya que esos solo son 3, que se detallan a continuación:

- **Energía:** Se pactan los precios a los que se paga la energía consumida en cts€/kWh, ya sea a un precio fijo o a un precio indexado al mercado diario, donde los precios varían según la hora del día.
Para el precio fijo, pueden determinarse periodos de facturación diferentes, en los que en cada periodo se pagará un precio por la energía consumida.
Este concepto pactado en el contrato incluye el término de energía de la tarifa de acceso, y otra parte que va a la propia comercializadora.
- **Potencia:** Se contrata la potencia que puede usarse en función del periodo horario. Son parte de la tarifa de acceso, es decir, los precios están regulados y son para la distribuidora.
La única restricción a la hora de contratar distintas potencias es que la potencia en cada periodo debe ser mayor o igual a la potencia del periodo anterior.
- **Equipo de medida:** Puede pagarse por completo como coste inicial, de forma que es propiedad del consumidor, que se encargará de su mantenimiento; o puede pagarse un alquiler mensual, de forma que el equipo pertenece a la distribuidora.

En España, a la hora de contratar el suministro eléctrico a través de una comercializadora, existen dos opciones que se presentan a continuación.

2.1.2.1. Tarifa para el pequeño consumidor

Los consumidores que quieran contratar una potencia menor o igual a 10 kW pueden acogerse a este tipo de tarifa en el que se paga el llamado Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor (PVPC). Es una tarifa diseñada para consumos residenciales o en pequeños comercios.

Para este caso, la energía se cobra en barras de central, con lo que el consumidor paga tanto la energía que le llega, como las pérdidas de la red correspondientes a esa energía consumida. Estas pérdidas son calculadas horariamente por Red Eléctrica de España.

Además de pagar por la energía consumida, también debe pagarse por la potencia contratada por el consumidor. A estos dos términos se les aplica el impuesto eléctrico. Obteniendo el coste energético, al que sumando el alquiler del equipo de medida obtenemos la base imponible, sobre la que se aplica el IVA para obtener el precio final de la factura.

En el término de potencia se incluye el peaje de la tarifa de acceso, y un margen para la comercializadora, fijado por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

Dentro de este tipo de tarifa, está la llamada Tarifa de Último Recurso (TUR) o bono social, por el cual se aplica un descuento del 25% en todos los términos sobre el PVPC, aplicable a consumidores que cumplan una de estas 4 condiciones:

- La potencia contratada en la primera vivienda es menor a 3 kW.
- Pensionistas con suministro con más de 60 años de antigüedad.
- Familias numerosas.
- Desempleados.

2.1.2.2. Mercado liberalizado

Para todo aquel consumidor que no pueda acogerse a una tarifa para el pequeño consumidor, o aquel que pudiendo contratarla no quiera hacerlo, existe una segunda opción, que es el mercado liberalizado.

En la contratación en mercado liberalizado se paga por tener acceso a la red de distribución, es decir, se paga por poder conectarse a la red un término de la tarifa cuyos precios están regulados, a esto se le llama Tarifa de Acceso; y también se paga otro término a la comercializadora por la energía que esta le proporciona al usuario, cuyos precios se pactan libremente entre el consumidor y la comercializadora.

Además, durante la contratación, el consumidor también debe pactar con la comercializadora la potencia contratada en cada periodo, y si el equipo de medida se alquila o se compra.

Los precios y condiciones de la tarifa de acceso dependen de dos factores: El escalón de tensión proporcionado al cliente, y el número de periodos de facturación. Así, existen 14 tarifas de acceso con condiciones diferentes, cuyos precios están regulados en el B.O.E, que son las enumeradas a continuación:

Baja tensión:

- Tarifa 2.0A: Un periodo, potencia menor o igual a 10 kW.
- Tarifa 2.0DHA: Dos periodos, potencia menor o igual a 10 kW.
- Tarifa 2.1A: Un periodo, potencia mayor de 10 kW, pero igual o menor a 15 kW.
- Tarifa 2.1DHA: Dos periodos, potencia mayor de 10 kW, pero igual o menor a 15 kW.
- Tarifa 3.0A: Tres periodos, potencia mayor de 15 kW.
- Tarifa 2.0DHS: Tres periodos, potencia menor o igual a 10 kW.
- Tarifa 2.1DHS: Tres periodos, potencia mayor de 10 kW, pero igual o menor a 15 kW.

Alta tensión:

- Tarifa 3.1A: 3 periodos, potencia menor o igual a 450 kW, tensión menor o igual a 36kV.
- Tarifa 6.1A: 6 periodos, potencia mayor de 450 kW, tensión entre 1kV y 30kV.
- Tarifa 6.1B: 6 periodos, potencia mayor de 450 kW, tensión entre 30kV y 36kV.
- Tarifa 6.2: 6 periodos, potencia mayor de 450 kW, tensión entre 36kV y 72.5kV.
- Tarifa 6.3: 6 periodos, potencia mayor de 450 kW, tensión entre 72.5kV y 145kV.
- Tarifa 6.4: 6 periodos, potencia mayor de 450 kW, tensión mayor de 145kV.
- Tarifa 6.5: Conexiones internacionales.

Entre estas 14 tarifas de acceso, por tanto, la diferencia está en los precios regulados por el estado, que el consumidor le paga al sistema, pero todas tienen algo en común, y es que están formadas por 4 términos:

Término de energía: El consumidor paga en función de la energía que consuma en cada periodo.

Término de potencia: El consumidor paga por la potencia contratada en cada periodo.

Término de reactiva: El consumidor paga una penalización si el consumo de energía reactiva supera el límite marcado por la regulación. Este límite se sitúa en el 33% del consumo de energía activa.

Este término solo es aplicable a tarifas de 3 o 6 periodos, en las que en la instalación el consumo de reactiva supere en un periodo el 33% del consumo de activa, pero nunca se penaliza en valle. Además, solo se paga por la parte de reactiva que supere ese 33% del consumo de activa.

Término de excesos de potencia: Es un complemento que se paga en las tarifas de 3 y 6 periodos cuando la potencia demandada supera la potencia contratada.

Para el caso de 3 periodos, las instalaciones tienen instalados maxímetros que registran la máxima potencia mensual demandada en cada periodo. Después, en cada periodo de facturación debe aplicarse la siguiente regla:

- Si $P_{Registrada} \leq 0.85 \cdot P_{Contratada} \rightarrow$ Descuento del 15%.
- Si $0.85 \cdot P_{Contratada} \leq P_{Registrada} \leq 1.05 \cdot P_{Contratada} \rightarrow$ Sin penalización.
- Si $P_{Registrada} \geq 1.05 \cdot P_{Contratada} \rightarrow$ Penalización.

La penalización se calcula con la siguiente fórmula:

$$P = T \left(\frac{\text{€}}{\text{kW} \cdot \text{mes}} \right) \cdot [(P_{Registrada} - P_{Contratada}) + 2(P_{Registrada} - 1.05 \cdot P_{Contratada})] \quad (2.1)$$

Para el caso de 6 periodos, las instalaciones cuentan con equipos de teled medida que registran el valor de potencia máxima suministrada cada cuarto de hora, penalizando todos los valores que excedan la potencia contratada.

El término de excesos facturado es:

$$Excesos = 1.4064 \cdot \sum_{i=1}^6 K_i \cdot A_{ei} \quad (2.2)$$

Donde, K_i viene determinada en la siguiente tabla:

Periodo	1	2	3	4	5	6
K_i	1	0.5	0.37	0.37	0.37	0.17

Y el Coeficiente A_{ei} se calcula, para cada periodo, mediante la siguiente fórmula:

$$A_{ei} = \sqrt{\sum P_{Sobrepasada \text{ en cada cuarto de hora}}^2} \quad (2.3)$$

Por último, en el término pactado entre el consumidor y la comercializadora el precio de la energía puede ser un precio fijo dividido en 1, 2, 3 o 6 periodos, o puede ser un precio “indexado al pool”, lo que significa que el precio depende completamente del resultado de la casación oferta-demanda realizada para cada hora.

Sumando la tarifa de acceso y el término al comercializador, se obtiene el coste sin impuestos. Si a este coste se le suma el Impuesto eléctrico y el alquiler del equipo de medida se obtiene la base imponible, sobre la que se aplica el I.V.A para obtener el total a pagar en la factura

2.2. Mercado de gas natural

Otro de los mercados energéticos más importantes, tanto a nivel mundial como nacional, es el mercado del gas natural, debido principalmente a la gran cantidad de calderas que lo usan como combustible.

2.2.1 Situación del mercado de gas natural en España

El mercado de gas natural ha estado tradicionalmente regulado, es decir, la administración fijaba los precios, pero en 1998 se comenzó a llevar a cabo un proceso de liberalización que culminaría el 1 de enero de 2003, fecha a partir de la cual el consumidor podía elegir quien le suministraba el gas natural. La liberalización total, en cambio, se da a partir del 1 de julio de 2008, cuando se suprimen las tarifas para los consumidores industriales.

Cabe destacar, que la liberalización solo se ha dado en la comercialización, es decir, que el consumidor puede elegir quien le suministra el gas natural, y pactar con él las condiciones del contrato, pero todas las actividades relacionadas con la seguridad del suministro (regasificación, almacenamiento, transporte y distribución) siguen estando reguladas estatalmente mediante el pago de peajes por acceder a las instalaciones.

Un dato relevante es que, en España, carecemos de yacimientos, ya que solo hay 3 que producen únicamente el 0.13% del aprovisionamiento, de forma que dependemos en gran medida de las importaciones del extranjero, especialmente de Argelia, Francia, Qatar y Nigeria. Por esto, los mayores consumos de gas natural se dan en la zona costera del mediterráneo, debido a la facilidad de regasificar el gas natural licuado recibido en los puertos.

En España, la industria es la principal consumidora de gas natural, ya que supone el 63% del consumo total, seguida por el consumo doméstico, que supone un 20%. El 17% restante, es usado para la generación de electricidad.

2.2.2 Contratación del gas natural en España

En España, puede contratarse el suministro de gas natural de 3 formas: Mediante tarifa de último recurso, a través de una comercializadora, o comprando directamente en el mercado internacional. Vamos a centrarnos en las 2 primeras, dado que la última opción es solo para consumidores de una gran envergadura.

Un dato curioso es que, en España, a pesar de que el 25% de los clientes contrata su suministro a través de la tarifa de último recurso, entre todos ellos solo suman un 3% del consumo de gas natural. Esto es debido a que es una tarifa pensada solo para pequeños consumidores, ya que solo pueden contratarla consumidores con gaseoductos de presión inferior o igual a 4 bares, y cuyo consumo anual sea inferior a 50000 kWh/año.

2.2.2.1. Tarifa de último recurso.

La contratación de gas natural mediante la tarifa de último recurso es una opción pensada para pequeños consumidores, de hecho, deben atenerse a las condiciones anteriormente citadas, en la que el cliente le paga el gas natural a un precio regulado a la distribuidora, en el que se incluye el coste del gas en sí, los peajes por el uso de infraestructuras, y los costes de comercialización y seguridad del suministro; todos estos conceptos englobados en un precio con un concepto fijo y otro variable, publicados periódicamente en el BOE.

Existen dos tipos de tarifa, la TUR 1 que puede contratarse si el consumo anual es igual o inferior a 5000kWh/año, y la TUR 2 que puede contratarse hasta los 50000kWh/año. Obviamente, los precios para cada una son distintos, el precio fijo es más barato en la TUR 1, pero es más caro el variable.

Así, el consumidor que contrate el suministro de gas mediante la tarifa de último recurso, pagará en su factura 3 conceptos:

- Término fijo dependiente del máximo consumo anual.
- Término variable en función del consumo.
- Alquiler del equipo de medida (si no es propiedad del consumidor)

A la suma de estos 3 conceptos, debe aplicársele el IVA del 21% para obtener el total a pagar.

2.2.2.2. Mercado liberalizado.

La otra opción disponible para la contratación del suministro de gas natural en España es pactando a un precio libre y en competencia con una comercializadora, que a su vez compra el gas natural en mercados internacionales y paga el acceso a las redes de transporte y distribución. Esta opción se conoce como mercado liberalizado.

La factura de este tipo de suministro suele basarse en 4 conceptos, cuyo precio no está regulado, y depende de muchos factores. Los conceptos son:

- Término fijo pactado con la comercializadora, que suele incluir el término fijo de los peajes de acceso a las infraestructuras de transporte y distribución.
- Término variable, que suele estar basado en la siguiente fórmula, donde los coeficientes k_i se pactan con la comercializadora:

$$T_v = (k_1 + k_2 \cdot G + k_3 \cdot F + k_4 \cdot BD) \cdot Tc + f \quad \text{cts€/kWh} \quad (2.4)$$

Donde:

- G es la media de los seis meses anteriores al trimestre de cobro, del precio del gasóleo 0.1% CIF NorthWest en \$/tonelada.
- F es la media de los seis meses anteriores al trimestre de cobro, del precio del fuel 1% CIF NorthWest en \$/tonelada.
- BD es la media de los seis meses anteriores al trimestre de cobro, del precio del Brend Dated en \$/barril.
- Tc es el tipo de cambio €/ \$ del trimestre anterior al de cobro.
- F es un término que cuenta los peajes.
- Impuesto Especial sobre Hidrocarburos, aprobado por la Ley 15/2012, de 27 de diciembre. También conocido como céntimo verde. Los tipos impositivos son dos:
 - General: 0.234cts€/kWh si el gas es para uso doméstico o se usa como carburante para la generación o cogeneración de electricidad.
 - Reducido: 0.154cts€/kWh si el gas es para uso industrial.
- Alquiler del equipo de medida.

A la suma de estos 4 conceptos, debe aplicársele el IVA del 21% para obtener el total a pagar.

3. Caso de aplicación: Instalación industrial dedicada a la producción de barnices y pinturas

3.1. Introducción

La industria seleccionada para la realización del trabajo es la sede y centro de fabricación de Omar Coatings S.A. Una PYME valenciana fundada en 1920, pero refundada en 1946 por Alberto Mora Galiana, momento al cual se remontan los inicios de la fabricación.

En la actualidad, el proceso productivo llevado a cabo por la planta industrial presenta dos líneas claramente diferenciadas: La primera consiste en la fabricación de recubrimientos de todo tipo, especialmente barnices y pinturas, que a su vez se subdivide en disolventes, productos incoloros, productos pigmentados al disolvente y productos pigmentados acuosos; por otra parte, la segunda línea de producción es la destinada a la fabricación de resinas, mucho más reciente, creada inicialmente, con el fin de autoabastecerse en la línea de fabricación principal.

En la actualidad, Omar Coatings S.A. es una de las principales compañías del sector en España, y también cuenta con gran reconocimiento en el extranjero. Su estrategia se define con el objetivo de seguir liderando el mercado nacional y crecer en el internacional. Para conseguir este objetivo, dispone de un centro de fabricación con 30000 metros cuadrados de superficie, situado en el polígono industrial de Silla, en Valencia, y con diversas delegaciones situadas en distintos puntos de España.

En los últimos años, ha diversificado su mercado, exportando en la actualidad gran parte de su producción a países de la Unión Europea y a otros como Santo Domingo, Canadá, India, China, o Egipto.

En la actualidad, fabrica aproximadamente 15000 toneladas anuales entre todos sus productos, y cuenta con una plantilla de 100 personas aproximadamente.

3.2. Descripción de la instalación

Como se ha citado anteriormente, el proceso productivo presenta dos líneas distintas, con subdivisiones en una de ellas. Estas serían:

- Línea de fabricación de recubrimientos
 - Disolventes, endurecedores y tintes
 - Productos incoloros
 - Productos pigmentados al disolvente
 - Productos pigmentados acuosos
- Línea de fabricación de resinas

La división en estas dos líneas se hace debido a que durante la fabricación de resinas se dan una serie de reacciones químicas que necesitan de unas condiciones muy determinadas, mientras que para la fabricación de recubrimientos solo se dan procesos físicos, y además es necesario evitar durante la producción y el almacenamiento las reacciones químicas, teniéndose que dar estas únicamente en la aplicación y el secado.

3.2.1. Proceso industrial

Durante la fabricación de los recubrimientos, por tanto, solo se dan procesos físicos aparentemente simples, como mezclas de productos en polvo en una base líquida, dispersiones, moliendas, filtrados y envasado.

Por otra parte, en la línea de fabricación de resinas, el proceso está basado en la esterificación a base de ácido ftálico. También se dan procesos como la dilución en disolventes orgánicos, y filtraciones.

Aunque estas dos líneas de fabricación estén totalmente diferenciadas, ambas constan de 5 fases fundamentales:

1. Recepción y almacenamiento de materias primas: Llegada en cisternas y camiones, con el necesario control de la documentación necesaria.
2. Proceso de mecanizado de la materia prima (o fabricación): Es la producción como tal.
3. Control de calidad: Una vez se produce un lote de producto, se selecciona una muestra representativa y se realizan los controles de calidad establecidos,
4. Envasado y almacenamiento: Los lotes se envasan en el formato necesario y se almacenan en la nave correspondiente.
5. Expedición: Se preparan los pedidos según las necesidades del cliente y se envían en camiones tras ser cargados en pallets.

3.2.2. Diagramas de proceso

Con la idea de conocer exhaustivamente todos los procesos de fabricación, para posteriormente poder realizar el análisis de consumo energético en la central, se estudian a continuación los diagramas de estos procesos, distinguiendo en las 5 divisiones ya mencionadas.

Comenzando por la línea de fabricación de recubrimientos, tenemos las 4 subdivisiones de fabricación antes comentadas.

En la figura 3.1. observamos el diagrama del proceso de fabricación de disolventes, tintes y endurecedores. En este proceso, el mayor consumo de energía se da en el proceso de agitación.

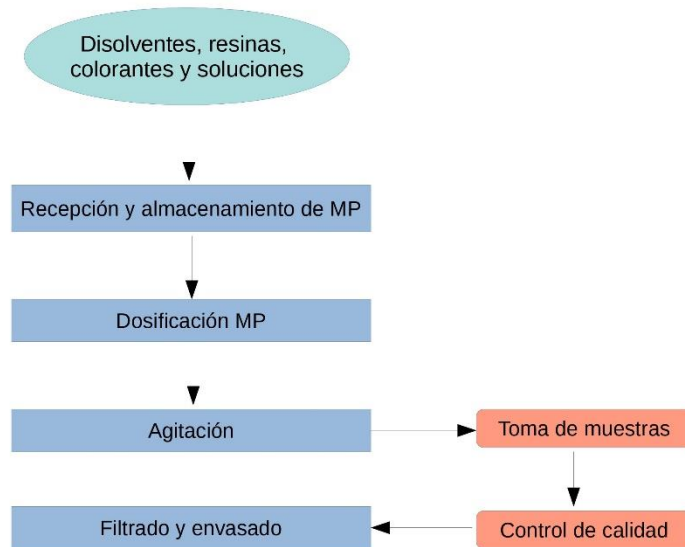


Figura 3.1. Diagrama de fabricación disolventes, tintes y endurecedores

En la figura 3.2. observamos el diagrama del proceso de fabricación de productos incoloros. En este proceso, el mayor consumo de energía se da en el proceso de agitación y en el de fundición de ceras.

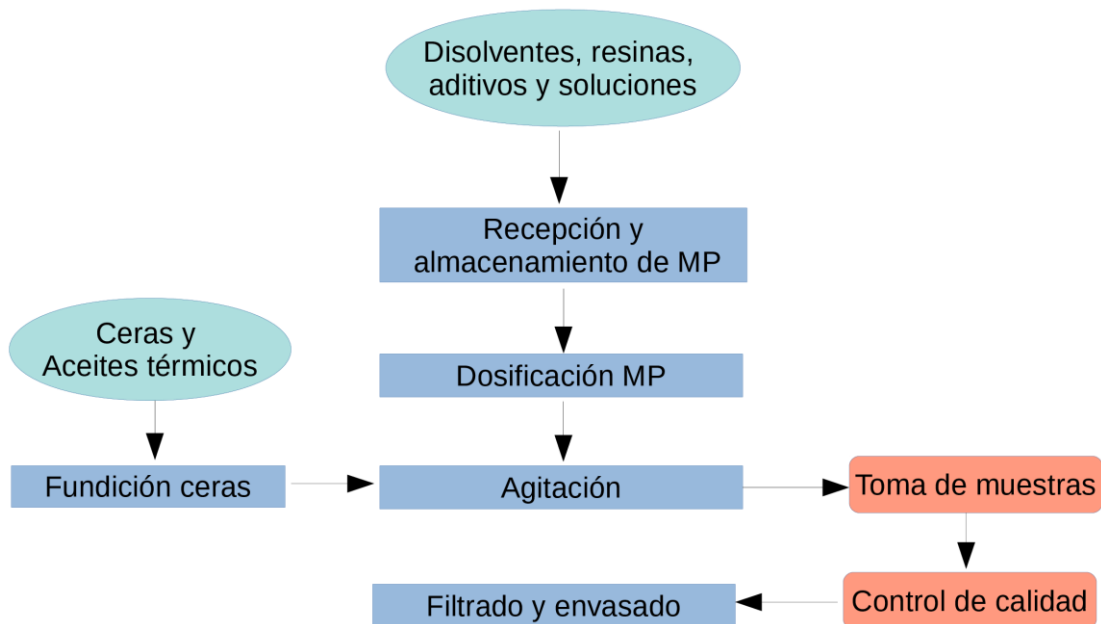


Figura 3.2. Diagrama de fabricación productos incoloros

En la figura 3.3. observamos el diagrama del proceso de fabricación de productos pigmentados al disolvente. En este proceso, el mayor consumo de energía se da en el proceso de molienda, y en el de mezcla y dispersión.

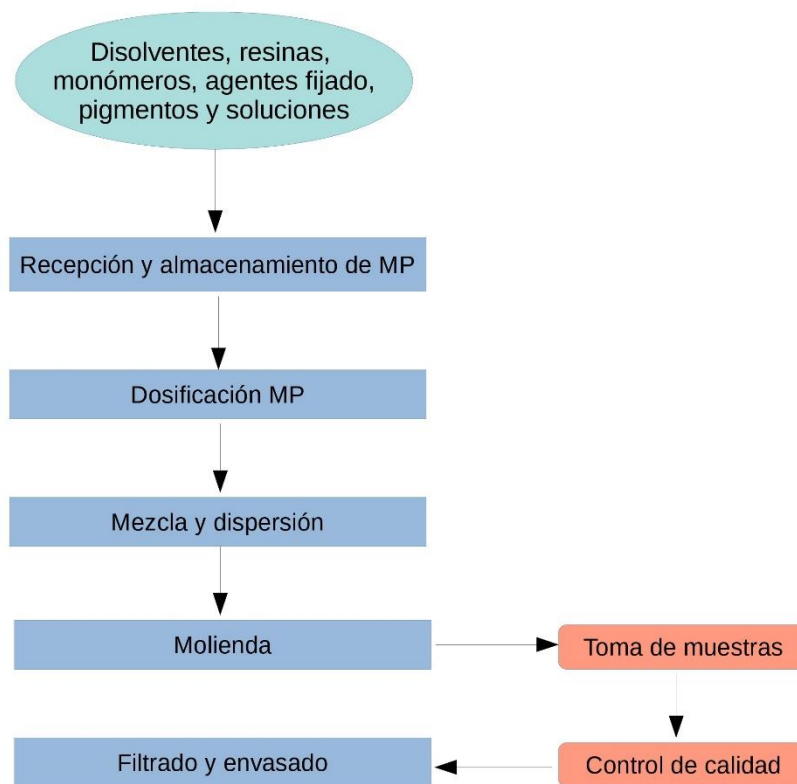


Figura 3.3. Diagrama de fabricación productos pigmentados al disolvente

En la figura 3.4. observamos el diagrama del proceso de fabricación de productos acuosos. En este proceso, el mayor consumo de energía se da en el proceso de molienda, y en el de mezcla y dispersión.

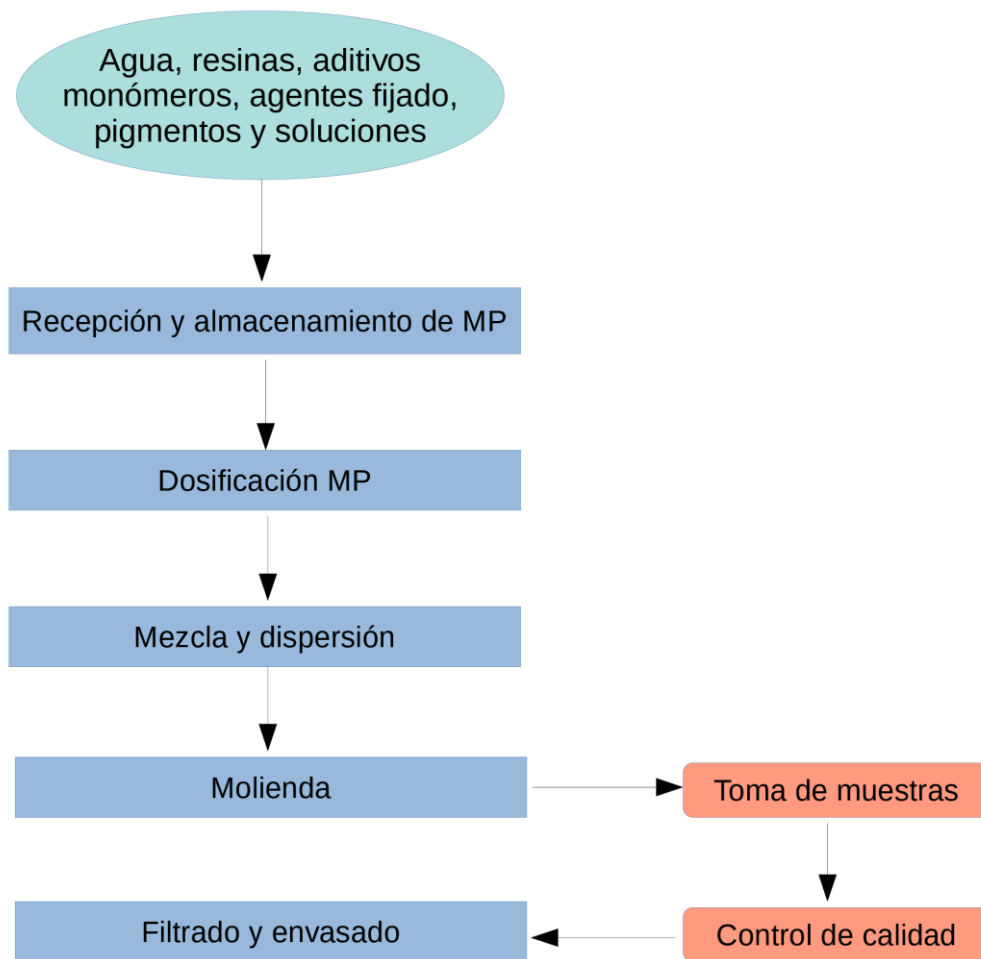


Figura 3.4. Diagrama de fabricación productos acuosos

En la figura 3.5. observamos el diagrama del proceso de fabricación de resinas. En este proceso, el mayor consumo de energía se da en el proceso de calentamiento, reacción y vacío.

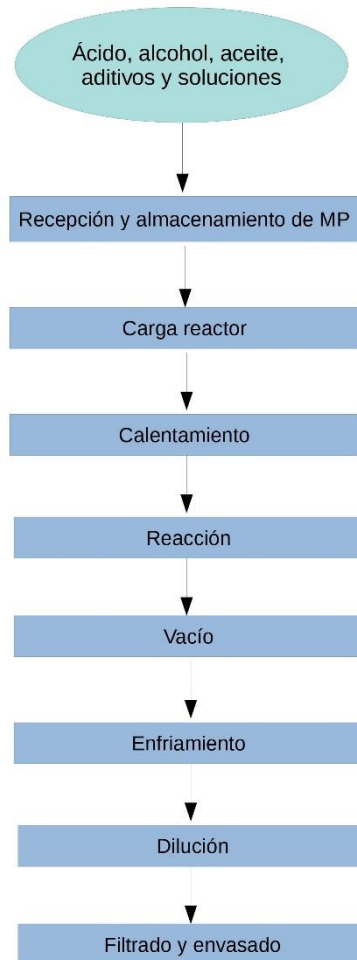


Figura 3.5. Diagrama de fabricación resinas

3.3. Caso base: Estudio energético de la situación actual

3.3.1. Suministro de electricidad inicial

En este apartado va a ser analizado el consumo de la industria, es decir, los consumos energéticos en cada periodo para el periodo representativo, que es el año 2015. Una vez obtenidos estos consumos, y modelizados los distintos días representativos de consumo mediante su curva de carga, se extrapolarán estos datos al año 2016, con el fin de predecir cuales serían los consumos de energía en ese periodo, y poder optimizar finalmente la contratación del suministro de electricidad.

También se presenta en este punto la descripción del contrato de suministro vigente durante el año 2015, y los consumos de la industria en ese año.

3.3.1.1 Análisis del consumo

Como toda instalación, la forma en la que esta industria consume la energía es diferente a todo el resto de instalaciones, y tiene estas peculiaridades debido al proceso productivo que se lleva a cabo en la empresa.

Omar Coatings está dividida en 8 sectores diferenciados según la actividad llevada a cabo en ellos, que son:

- Sector 1: Disolventes, endurecedores y tintes.
- Sector 2: Productos incoloros.
- Sector 3A: Productos pigmentados y acuosos.
- Sector 3R: Resinas.
- Sector 4: Almacén de productos terminados y oficina de expediciones.
- Sector 5: Oficinas y laboratorio de investigación.
- Sector 6: Control de calidad, almacén de envases y productos.
- Sector 7: Oficinas y administración.
- Sector 8: Oficinas y mantenimiento.

Como es obvio, cada sector consumirá de forma diferente, dado que tienen la maquinaria necesaria para llevar a cabo la actividad a la que están destinados, así como unos horarios de trabajo distintos. Por ejemplo, en el sector 7 los principales consumos serán en iluminación y climatización, mientras que en el sector 3R, requerirá de grandes potencias para alimentar los reactores de resinas.

Durante las visitas de campo a la empresa, los técnicos informaron sobre la imposibilidad de facilitar información detallada de la forma de consumo, ya que no tenían ningún estudio específico de ello, ni contaban con un analizador de redes que realizara la curva de carga. Por tanto, la única información de la que partía era la de los horarios de los turnos de cada sector.

Todos los sectores realizan turnos de lunes a viernes, de 8:00 am a 17:30 pm, mientras que, el sector 3R correspondiente a resinas, necesita tener los reactores siempre en marcha, por características de la actividad que allí se lleva a cabo. Por otra parte, los fines de semana la situación es la misma que en el horario en el que no trabajan los otros 7 sectores, es decir, solo está consumiendo energía el sector de resinas.

Esta información no es muy detallada, pero es suficiente para realizar una curva de carga básica que represente el consumo de la empresa. Es obvio que la curva no será muy parecida a la real de la instalación, pero la energía consumida en cada periodo, que es el objetivo de realizarla, si coincide con la realidad.

3.3.1.2. Descripción del contrato vigente en 2015

Cabe destacar que, al haber seleccionado el año 2015 como periodo representativo para nuestro estudio, el contrato de suministro que se va a analizar era el vigente durante ese año, y no el actual. Esta decisión se ha tomado con la finalidad de simular que, como ingenieros de la empresa, deberíamos tomar una decisión respecto al suministro, únicamente con la información real que tendríamos en 2015, y así elegir entre renovar el contrato, o buscar nuevas ofertas.

Desde el año 2012 hasta el año 2016, la empresa tuvo vigente el mismo contrato para el suministro eléctrico, renovando año tras año sin negociar ningún concepto, por lo que ese es el contrato que se va a analizar.

El contrato de suministro, está firmado en 2012 con Unión Fenosa Comercial S.L, pero al desaparecer esta compañía y convertirse en Gas Natural Fenosa Comercializadora, pasó el contrato a esta última. En los precios de este, se incluye: el coste de adquisición de la electricidad, los costes de gestión y operación, y el impuesto eléctrico.

La tarifa establecida en el contrato es del tipo 3.1A, con coste de acceso a la red incluido, estando el equipo de medida alquilado por el consumidor, y siendo este del tipo 3. La facturación es mensual.

En la Tabla 3.1, se observan las potencias contratadas en cada periodo, en kW:

P1	P2	P3
296	340	340

Tabla 3.1. Potencias contratadas

En la Tabla 3.2. se observan los precios del término de potencia, en cts€/kW/año. Se exponen sin el impuesto eléctrico:

P1	P2	P3
5917,3464	3649,0692	836,7732

Tabla 3.2. Precios del término de potencia

En la Tabla 3.3. se presentan los precios del término de energía, en cts€/kWh. Se exponen sin el impuesto eléctrico:

P1	P2	P3
13,3203	11,4634	7,5950

Tabla 3.3. Precios del término de energía

Por otra parte, los excesos de potencia y la penalización por reactiva se indica que se facturan según lo establecido en el artículo 9 del RD 1164/2001. Esta forma de facturar, está expuesta en el punto 2.1.2.2 de este mismo trabajo, en el que se explica la contratación del suministro mediante mercado liberalizado.

3.3.1.3. Obtención de la curva de carga

Como se ha nombrado anteriormente, va a ser analizado el consumo de la instalación industrial objeto de estudio con la intención de obtener una curva de carga representativa. Esta curva de carga no pretende representar las potencias demandadas por la instalación hora a hora ya que, a pesar de que sería una información muy útil para la empresa, no se disponen de datos suficientes para ello, escapando por tanto del alcance de este trabajo.

Por tanto, el objetivo de realizar esta curva, no es conocer con detalle la forma de consumo, sino saber cómo se consume la energía en los distintos periodos cada mes, para poder realizar una estimación de esta información para el año 2016, que es en el que se pretende optimizar la contratación.

Metodología

El primer paso a realizar es diferenciar en 2 tipos los días representativos en función de la forma de consumo. Atendiendo a este criterio, se ha decidido que hay 2 días tipo: Laborables y festivos. Los festivos incluyen los sábados, domingos y los 8 festivos nacionales.

Una vez separados los días, se procede a la división del día en los distintos periodos de estudio. Para ello se usa la división que aparece en la orden ITC/3801/2008, que aparece representada en la tabla 3.4.

	Invierno		Verano	
	Laborable	Festivo	Laborable	Festivo
Valle	0-7	0-17	0-7	0-17
Llano	8-16 y 23	18-23	8-9 y 16-23	18-23
Punta	17-22		10-15	

Tabla 3.4. Clasificación días laborables y festivos

La separación entre invierno y verano se establece mediante el cambio de hora oficial, es decir, se considera verano todas las horas desde el último domingo de marzo hasta el último sábado de octubre, y se considera invierno todas las horas desde el último domingo de octubre hasta el último sábado de marzo.

Con el fin de simplificar ligeramente la hoja de cálculo, se consideran para la realización del trabajo meses completos, quedando la división de la siguiente forma:

- 5 meses de invierno, que corresponden con: noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo.
- 7 meses de verano, que corresponden con: abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre

Con toda esta información, a partir de ahora se trabaja con una hoja de cálculo, usando el Software Excel del paquete Office.

Se pretenden construir 2 curvas de carga para cada mes, una para los días laborables y otra para los festivos, cuyo resultado sea que el área encerrada bajo la curva, en cada periodo, coincida con la energía consumida en dicho periodo. Para ello, deberá obtenerse una potencia demandada en cada periodo, que represente el consumo durante esas horas.

Para preparar la hoja de cálculo, los pasos previos son los siguientes:

- Primero: Se cuentan los días para cada mes de 2015, realizando la separación entre laborables y festivos, y se identifica si pertenece a invierno o verano
- Segundo: Se ve el horario que le corresponde a cada día, contando las horas diarias que le corresponden a cada periodo.
- Tercero: Se introduce la energía consumida en cada periodo en ese mes, información que se obtiene de las facturas eléctricas de la empresa.

Una vez preparada la hoja de cálculo, debemos calcular las potencias demandadas que representan a cada periodo. Para ello, usaremos la hoja de cálculo preparada, a la que debemos introducirle una serie de fórmulas que relacionen los datos de los que disponemos, con estas potencias.

Es conocido que la energía consumida en cada periodo será el área encerrada bajo la curva Potencias-tiempo, y se considera esta curva como la suma de rectángulos, cuya altura es la potencia demandada equivalente, y la base es las horas de cada periodo. Por tanto, obtenemos 3 ecuaciones que relacionan la energía consumida en cada periodo, el número de días de cada tipo, las horas que corresponden a cada periodo, y las potencias equivalentes. Las ecuaciones son:

$$E_1 = n_{laborables} * P_{punta} * h_{punta} \quad (3.1)$$

$$E_2 = (n_{laborables} * P_{llano}^{lab} * h_{llano}^{lab}) + (n_{festivos} * P_{llano}^{fest} * h_{llano}^{fest}) \quad (3.2)$$

$$E_3 = (n_{laborables} * P_{valle}^{lab} * h_{valle}^{lab}) + (n_{festivos} * P_{valle}^{fest} * h_{valle}^{fest}) \quad (3.3)$$

Donde:

- E_1, E_2, E_3 : Energías consumidas en punta, llano y valle respectivamente, en un mes.
- $n_{laborables}, n_{festivos}$: Número de días laborables y festivos en cada mes.
- h_{punta} : número de horas en periodo punta en los días laborables.
- h_{llano}^{lab} : número de horas en periodo llano en los días laborables.
- h_{llano}^{fest} : número de horas en periodo llano en los días festivos.
- h_{valle}^{lab} : número de horas en periodo valle en los días laborables.
- h_{valle}^{fest} : número de horas en periodo valle en los días festivos.
- P_{punta} : Potencia demandada equivalente durante el periodo punta en días laborables.
- P_{llano}^{lab} : Potencia demandada equivalente durante el periodo llano en días laborables.
- P_{llano}^{fest} : Potencia demandada equivalente durante el periodo llano en días festivos.
- P_{valle}^{lab} : Potencia demandada equivalente durante el periodo valle en días laborables.
- P_{valle}^{fest} : Potencia demandada equivalente durante el periodo valle en días festivos.

Como las incógnitas son todas las potencias, se obtiene un sistema con 5 incógnitas y 3 ecuaciones, y se deben buscar relaciones entre las potencias para completar con 2 ecuaciones más.

Al fijarse en los horarios de la empresa descritos en el apartado 4.1.1, puede observarse que la potencia demandada en los festivos es constante, ya que solo está trabajando el sector 3R, y además, es igual a la potencia consumida de 0:00 a 8:00, Con estos datos, construimos las 2 ecuaciones que nos faltan:

$$P_{valle}^{fest} = P_{llano}^{fest} \quad (3.4)$$

$$P_{valle}^{lab} = P_{valle}^{fest} \quad (3.5)$$

Obteniendo así un sistema de 5 ecuaciones con 5 incógnitas, que despejando las incógnitas queda:

$$P_{punta} = \frac{E_1}{n_{laborables} * h_{punta}} \quad (3.6)$$

$$P_{valle}^{lab} = \frac{E_3}{(n_{laborables} * h_{valle}^{lab}) + (n_{fes} * h_{valle}^{fest})} \quad (3.7)$$

$$P_{valle}^{fest} = P_{valle}^{lab} \quad (3.4)$$

$$P_{llano}^{fest} = P_{valle}^{lab} \quad (3.5)$$

$$P_{llano}^{lab} = \frac{E_2 - (n_{festivos} * P_{llano}^{fest} * h_{llano}^{fest})}{(n_{laborables} * h_{llano}^{lab})} \quad (3.8)$$

Resultados

Para resolver el sistema, se ha usado una hoja de cálculo, a partir de la cual se obtienen las potencias demandadas equivalentes para cada periodo mes a mes, estos resultados se muestran en la Tabla 3.5. donde los valores representados tienen como unidades kW.

Potencias	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Punta	135	152	131	197	254	241	270	161	254	218	166	182
Llano	190	218	187	162	201	183	204	117	202	176	220	251
Valle	106	143	127	116	168	187	173	107	183	146	155	161
Festivos	106	143	127	116	168	187	173	107	183	146	155	161

Tabla 3.5. Potencias demandadas equivalentes 2015

Con estos resultados, se construyen en la hoja de cálculo una tabla para días laborables, y otra para días festivos, en las que se representan, para cada mes, las potencias demandada hora a hora durante un día, en función del periodo al que pertenece cada hora. Por ejemplo, en la celda correspondiente a las 7:00am de enero, de la tabla de días laborables, aparecerá el valor 106 Kw, por ser esta la potencia demandada en ese momento.

Una vez construida esta tabla se decide que, para no trabajar con 24 días representativos (1 laborable y 1 festivo cada mes), se van a realizar agrupaciones de meses en grupos, cuyas potencias equivalentes sean la media aritmética de todos los meses que constituyan ese grupo.

La propuesta más común al realizar estos estudios es agrupar todos los meses de verano y todos los meses de invierno. Se estudia esta opción, pero rápidamente es descartada porque se obtienen desviaciones de hasta el 34.4% entre los promedios del grupo y los valores reales de un mes.

Por tanto, analizando los resultados representados en la tabla 3.5. se realiza otra propuesta, que consta en los siguientes 5 grupos:

- Grupo 1: Enero, febrero y marzo
- Grupo 2: Abril
- Grupo 3: Agosto
- Grupo 4: Mayo, junio, julio, septiembre y octubre
- Grupo 5: Noviembre y diciembre

Con esta propuesta, la máxima desviación observada entre el promedio y el valor real es del 15.4%. Así pues, consideramos esta como una buena propuesta de agrupación, obteniendo solo 10 días representativos, lo cual facilita el trabajo.

Con esta propuesta, volvemos a realizar el mismo trabajo, de modo que primero se obtienen las potencias demandadas equivalentes para cada periodo mes a mes, estos resultados se muestran en la Tabla 3.6. donde los valores representados tienen como unidades kW.

Potencias	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
Punta	139	197	161	247	174
Llano	198	162	117	193	235
Valle	125	116	107	172	158
Festivos	125	116	107	172	158

Tabla 3.6. Potencias demandadas equivalentes 2015 por grupos

Tras esto, se construyen en la hoja de cálculo dos tablas, una para laborables y otra para festivos, donde se representan, para cada mes, las potencias demandada hora a hora durante un día, en función del periodo al que pertenece cada hora. Esta tabla se construye igual que se había construido con los 12 meses separados.

Estas 2 tablas, son los resultados finales del estudio de la curva de carga para el año 2015, ya que en ella se encuentran representadas las curvas de carga simplificadas que han podido obtenerse con los datos disponibles.

Extrapolación y previsión de carga para el año 2016

Por tanto, una vez realizadas esas curvas de carga representativas de los consumos del año 2015, pretenden trasladarse estos datos al año 2016, con el fin de conocer los consumos energéticos anuales en cada periodo, lo que permite, junto a la optimización de la potencia contratada, optimizar la contratación del suministro de electricidad.

Para realizar esta extrapolación, en la hoja de cálculo representamos los 366 días del año 2016, con sus 24 horas correspondientes. Una vez hecha esta tabla, se debe rellenar.

Para completar la tabla, en función del grupo de meses al que pertenece cada día y de si es laborable o festivo (para lo cual no sirve únicamente con diferenciar sábados y domingos, si no que deben tenerse en cuenta también los 8 festivos nacionales correspondientes a ese año), se introduce la curva de carga que le corresponda.

Una vez completada esta tabla, se tiene, para cada hora del año 2016, las potencias equivalentes demandadas por la industria. A través de esta tabla, por tanto, puede conocerse gran cantidad de información, como la energía total que se consume, la potencia media demandada para una hora determinada, etcétera.

Pero la información que se requiere para este trabajo es la energía consumida en cada periodo, que también está contenida en dicha tabla. Para obtenerla, se realizan tres tablas complementarias, una por periodo, en las que también se representan las 24 horas de los 366 días del año. Estas tablas se rellenan con las potencias equivalentes demandadas en las horas que correspondan al periodo representado en la tabla, y con ceros en las horas que correspondan a periodos distintos.

Una vez completadas estas 3 tablas, se obtienen los consumos mensuales y anual de energía por periodos. Se presenta dicha información en la tabla 3.7.

	P1	P2	P3
Enero	15875.59	46730.93	46810.79
Febrero	17546.71	47688.86	39135.77
Marzo	18382.27	50425.66	42722.41
Abril	24781.00	40223.00	38375.00
Mayo	32661.45	51796.26	57976.78
Junio	32661.45	50767.09	54889.26
Julio	31176.84	50892.09	59692.07
Agosto	21310.67	31457.55	36741.65
Septiembre	32661.45	50767.09	54889.26
Octubre	29692.23	49987.91	61271.74
Noviembre	20108.16	57934.44	52129.32
Diciembre	21055.97	57477.47	56552.41
Año 2016	297913.802	586148.357	601186.461

Tabla 3.7. Consumos de energía año 2016

3.3.2. Suministro de gas natural inicial

Como en muchas industrias, la planta de fabricación de Omar Coatings tiene procesos que requieren de energía en forma de calor, y para ello es mucho más eficiente el uso directo de combustibles que el calentamiento mediante electricidad (podría hacerse, por ejemplo, a través de una resistencia).

Hasta el año 2012, se usaba gasoil para estos procesos específicos, pero gracias a las subvenciones “Plan de acción de la estrategia de Ahorro y eficiencia energética 2008-2012” llevada a cabo por la Agencia Valenciana de Energía, decidieron realizar un estudio para sustituir esta tecnología por el equivalente en Gas Natural. Los resultados del estudio fueron claros, y la implementación de sistemas de gas natural suponían un grandísimo ahorro respecto a la situación actual.

Con estos resultados, realizaron el estudio económico, en el que plantearon los costes de modificar la instalación (quemadores, manómetros, válvulas, etcétera), las subvenciones por parte de la administración y el ahorro en combustible.

La decisión final fue la de cambiar de combustible, y realizar todas las adaptaciones necesarias en la instalación, pero, por otra parte, no se han deshecho de la instalación de gasoil, aunque esté en desuso, por si requiriesen de él en algún momento, ya sea por problemas con el suministro o por algún pico de producción no contemplado. De hecho, siguen teniendo el depósito de gasoil que usaban hasta el año 2012, y los quemadores que instalaron son mixtos para que puedan trabajar con ambos combustibles

Cabe destacar que las obras para la adaptación de la instalación fueron llevadas a cabo por Gas Natural Servicios, SDG, S.A.

3.3.2.1 Análisis del consumo

Como es obvio, la gran mayoría de maquinaria con la que operan en Omar trabaja usando la electricidad como fuente de energía, pero hay 5 calderas que requieren del uso de combustible. Estas calderas, como se ha comentado anteriormente, son de gasoil, y fueron adaptadas mediante la sustitución de sus quemadores por quemadores mixtos, para poder trabajar también con gas natural.

Estas 5 calderas son los únicos focos de consumo de gas natural, y cumplen con distintas funciones.

Disponen de una caldera de 100 kcal, situada en el sector 2, en la división de productos incoloros, para la fundición de ceras mediante aceite térmico que debe ser calentado a 120°C.

En el sector 3, correspondiente a resinas, cuentan con dos calderas. Una de ellas de 1600 kcal es la caldera principal en este proceso, y su función es calentar aceite térmico a 290°C para adecuar la temperatura en los reactores químicos, mientras que la otra tiene una potencia de 600 kcal y es auxiliar, de forma que solo se usa durante el mantenimiento de la caldera principal.

Otra de las calderas, de potencia 1000 kcal, tiene como función mantener fundidos los anhídridos ftálico y maleico, para ello calienta aceite térmico a 200 °C que mantendrá a las temperaturas necesarias los depósitos de ambos productos. Esta caldera fue instalada a mediados de 2015, ya que hasta entonces trabajaban con el anhídrido ftálico sólido.

Por último, cuentan con una caldera de vapor de agua, que trabaja con un caudal de 400 kg/h a 8 bares de presión, para calentar las bombas y tuberías por donde van a circular los anhídridos desde la cisterna hasta los depósitos.

3.3.2.2 [Descripción del contrato vigente en 2015](#)

Como en el caso de la electricidad, el contrato a analizar es el del periodo representativo de estudio, es decir, aquel vigente durante 2015. La diferencia con el caso de la electricidad, es que el contrato de suministro de gas natural tiene vigencia desde 2012 y una duración de 10 años.

La instalación de gas natural se hizo para sustituir a una de gasóleo C, del cual aún disponen de un depósito, para asegurarse el suministro si sucediese algo con el de gas.

El contrato de suministro está firmado entre la empresa Omar Coatings S.A. y Gas Natural Servicios. SDG, S.A. (Conocido como Gas Natural Fenosa). Por tanto, es un contrato de mercado liberalizado, y debe cumplir con todas sus condiciones.

Una peculiaridad es que, al sustituir esta instalación de suministro a una de gasóleo C, la empresa no disponía de la infraestructura para recibir el gas natural, ni para hacer funcionar a la maquinaria con él. Así, Gas Natural Fenosa se encargó de fabricar toda esa infraestructura y el cliente la paga a lo largo de los 10 años de contrato. Esta infraestructura incluye: Quemadores, acometidas hasta los quemadores, estación de regulación y medida, instalación receptora, equipos de regulación y sistemas de detección de gas.

En el contrato se fijan los precios y su revisión. Mientras que el término fijo se revisa anualmente de acuerdo a la variación del IPC, el término variable se revisa trimestralmente mediante la siguiente fórmula:

$$T_v = (0,9539 + 0,001675 \cdot G + 0,002612 \cdot F) \cdot T_c + P \quad (3.9)$$

Donde:

- F= Media semestral anterior al trimestre de aplicación del Fuel 1% CIF NorthWest mensual calculada para cada trimestre natural y de aplicación trimestral, publicada en el Platts Oilgram Report, expresada en \$/tonelada.
- G= Media semestral anterior al trimestre de aplicación del Gasóleo 0,1% CIF NorthWest mensual calculada para cada trimestre natural y de aplicación trimestral, publicada en el Platts Oilgram Report, expresada en \$/tonelada.
- Tc= tipo de cambio €//\$ USA correspondiente al trimestre anterior al de aplicación, de aplicación trimestral, calculado a través de la cotización diaria EURUSD publicada en el BOE o por el Banco Central Europeo.
- P= Peajes a las instalaciones gasistas publicados por el Ministerio de Industria, Turismo y comercio más costes de gestión y operación. Se fija en 0,05015 cts€/kWh a la firma del contrato.

Así, el precio de la obra a pagar anualmente es de 33000€/año, mientras que el de la parte variable es de 40,020 €/MWh.

También se fija el consumo base anual en 3499,994 MWh, y el consumo mínimo anual como un 70% del base, es decir, 2450 MWh.

Además, Gas Natural Fenosa se compromete a tramitar la solicitud de incentivos conforme al “Plan de acción de la estrategia de Ahorro y eficiencia energética 2008-2012” llevada a cabo por la Agencia Valenciana de Energía.

3.3.2.3 Obtención de los consumos mensuales

Anteriormente se ha analizado la forma de consumir gas natural de la planta industrial, y también se ha analizado el contrato vigente para el suministro. Pero esta no es la única información necesaria para realizar la optimización del contrato de suministro de gas natural.

Es necesario conocer los costes que ha tenido la industria, así como los consumos mensuales reales. Toda esta información se encuentra disponible en las facturas, donde aparece por periodos, no coincidentes exactamente con el mes.

Se observa que la parte fija mensual es de 4098.74 €, a pesar de que en el contrato aparece una parte fija de 33000€ anuales, que corresponden a 2750€ mensuales.

Esta diferencia se debe a que la empresa cuenta con una subvención correspondiente al Plan de Acción de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética 2008-2012 (PAE4+) llevado a cabo por la Agencia Valenciana de la Energía; y que además paga en los 10 años de duración del contrato la adaptación a gas natural de la instalación, obras que fueron llevadas a cabo por la empresa comercializadora.

Por otra parte, en las facturas aparece la información correspondiente al término variable, es decir, el precio trimestral de cobro y el consumo en el periodo de facturación.

Consumos del año 2015

Con la información disponible en las facturas de los 12 meses de 2015, se construye un Excel con la intención de analizar a fondo los consumos de la empresa.

Una vez construido, se visualiza en el primer mes de cada trimestre (meses para los cuales se mantiene un precio para el gas natural) una caída en el consumo, debido a que la facturación no se realiza por mes natural, correspondiendo menos consumo a los meses que comparten periodo.

Para poder analizar de forma adecuada el suministro, se decide intentar normalizar los consumos mensuales, con el fin de evitar esos descensos que carecen de sentido.

El primer paso es obtener los consumos trimestrales sumando los mensuales correspondientes, mientras que, para obtener el coste de la parte variable, se multiplican dichos consumos por el precio del gas natural en el trimestre. Los resultados se muestran en la tabla 3.8.:

	Consumo (MWh)	Precio (€/MWh)	Parte variable (€)
Trimestre 1	1097.4	34.506	37866.88
Trimestre 2	1327.42	31.533	41857.53
Trimestre 3	1101.57	30.239	33310.38
Trimestre 4	1214.34	29.238	35504.87

Tabla 3.8. Consumos de gas trimestrales año 2015

Con esta información, para obtener los consumos mensuales normalizados, solo debería dividirse cada consumo entre tres, pero hay que contar con una peculiaridad de la instalación, y es la gran disminución en la producción que sufre en agosto. Este descenso es debido a que es el mes en el que la empresa otorga las vacaciones a sus empleados, de manera que se considera el consumo para agosto que aparece en las facturas como real, mientras que los otros dos meses del trimestre 3 se dividen el resto del consumo.

Considerando esta peculiaridad, y con la información obtenida anteriormente, se construye la tabla 3.9. como resumen del consumo de gas natural en la industria durante el año 2015.

	Consumo (MWh)	Precio (€/MWh)	Parte variable (€)
Enero	365.8	34.506	12622.29
Febrero	365.8	34.506	12622.29
Marzo	365.8	34.506	12622.29
Abril	442.47	31.533	13952.51
Mayo	442.47	31.533	13952.51
Junio	442.47	31.533	13952.51
Julio	496.36	30.239	15009.43
Agosto	108.85	30.239	3291.52
Septiembre	496.36	30.239	15009.43
Octubre	404.78	29.238	11834.96
Noviembre	404.78	29.238	11834.96
Diciembre	404.78	29.238	11834.96

Tabla 3.9. Consumos normalizados 2015

Extrapolación y previsión del consumo para el año 2016

Una vez se han obtenido los consumos durante 2015, debe realizarse la extrapolación a 2016.

Lo primero que se debe comentar es que se consideran los precios del gas natural en 2016 los mismo que en 2015, ya que no es el alcance de este capítulo realizar previsiones de las variaciones de los precios en el mercado del barril de brend, etcétera

Como se expuso en el capítulo 3.3.2.1 referente al consumo de gas natural, a mediados de 2015 se instaló una caldera de 1000 kcal de potencia que mantiene los anhídridos fundidos en el interior de unos depósitos, hecho que debería repercutir aumentando el consumo. Se puede observar dicho aumento a partir del primer trimestre, ya que al no estar instalada la caldera el consumo es bastante inferior a los del resto de trimestres.

Por tanto, solo se debe realizar una estimación en el primer trimestre de 2016, ya que en los trimestres 2, 3 y 4 se pueden considerar los consumos iguales a los de la industria durante dichos trimestres en 2015, al no haber modificaciones en horarios ni maquinaria.

Para la estimación, se ha decidido considerar el consumo mensual durante este periodo como la media aritmética de los consumos mensuales durante los otros tres trimestres, excluyendo agosto por su peculiaridad. Se obtiene así un consumo mensual de gas natural, para el primer trimestre de 2016, de 441.81 MWh

En la tabla 3.10. se resume la extrapolación de los consumos de gas natural para el año 2016.

	Consumo (MWh)	Precio (€/MWh)	Parte variable (€)
Enero	441.81	34.506	15245.10
Febrero	441.81	34.506	15245.10
Marzo	441.81	34.506	15245.10
Abril	442.47	31.533	13952.51
Mayo	442.47	31.533	13952.51
Junio	442.47	31.533	13952.51
Julio	496.36	30.239	15009.43
Agosto	108.85	30.239	3291.52
Septiembre	496.36	30.239	15009.43
Octubre	404.78	29.238	11834.96
Noviembre	404.78	29.238	11834.96
Diciembre	404.78	29.238	11834.96

Tabla 3.10. Estimación consumos gas natural 2016

3.4. Caso base: Estudio económico de la situación actual

Durante este capítulo, se va a realizar el estudio económico del suministro de energía, tanto electricidad como gas natural, de la industria durante el año 2015 con el fin de conocer el coste de dicho suministro.

También se va a realizar el estudio con las previsiones realizadas para el año 2016, mediante el cual se van a establecer las bases sobre las que poder comparar las distintas propuestas de mejora, valorando si son adecuadas o no, y cuál de ellas es la que genera mayores ahorros.

Cabe destacar que, en este capítulo, solo se van a presentar los resultados económicos, excluyendo los datos de consumo, que ya han sido presentados en capítulos anteriores. Se ha tomado esta decisión para reflejar de forma clara cuál es la situación económica de partida, y así poder establecer mejor las bases de comparación para las futuras propuestas.

3.4.1. Estudio económico del suministro de electricidad

Va a realizarse, en este apartado, una recopilación de los costes que genera el suministro de electricidad para la empresa, si durante todo el año estuviese vigente el contrato de la primera mitad del año, que es el descrito con anterioridad en el trabajo.

Para ello, se dispone de la información presente en las facturas, y de los costes unitarios plasmados en el contrato.

3.4.1.1 Resultados para el año 2015.

Para realizar el estudio durante el año 2015, se cuenta con toda la información necesaria en las facturas de la primera mitad del año, siendo necesario únicamente recoger todos los datos y resumirlos en una hoja de cálculo.

Para la otra mitad, que empieza concretamente en Julio, se deben estimar los costes que tendría el contrato de estudio. La forma de realizar esta estimación, varía en función del concepto.

Para los términos de potencia y energía, al disponerse de las medidas en las facturas de todo el año, a partir de julio deben multiplicarse los consumos y potencias demandadas, por los precios que aparecen en el contrato.

Para los costes de interrumpibilidad y pérdidas, se ha realizado un estudio del precio medio en €/kWh de los meses de los que se tienen datos, dividiendo el coste que aparece en la factura entre el consumo mensual de energía. Así, a partir de julio, se multiplica este coeficiente por la energía consumida, para obtener una estimación.

El término de la aplicación de nuevos peajes, compensa la diferencia del precio de los peajes en la tarifa de acceso, entre 2012 (fecha de firma del contrato) y 2015. De modo que se ha construido una hoja de cálculo, donde se han obtenido los costes que se producirían con la tarifa de acceso de 2012 (presentes en el RD IET/3586/2011) y 2015 (presentes en el RD IET/107/2014). Así, el pago correspondiente a este término es la diferencia entre ambos que, al ser siempre negativa, resulta ser un descuento en la factura.

El alquiler del equipo de medida es igual en ambos contratos, mientras que el cálculo de los impuestos se realiza de igual manera independientemente del contrato.

Se muestra el resumen de gastos del suministro eléctrico, desglosado en los distintos conceptos que aparecen en la factura, en la tabla 3.11.

Mes	TP	TE	CI	Pérd	Peajes	IE	Equipo	IVA	Total
Enero	2321	10215	153	110	-2094	547	75	2379	13708
Febrero	2606	11532	252	154	-2363	623	75	2705	15584
Marzo	2418	11067	235	123	-2266	592	75	2571	14816
Abril	2406	10834	243	97	-2216	581	75	2524	14545
Mayo	2660	14525	337	135	-2962	751	75	3260	18781
Junio	2650	13928	312	148	-2844	726	75	3149	18143
Julio	2766	15616	86	165	-3191	790	75	3424	19731
Agosto	2895	9304	196	100	-1898	542	75	2355	13569
Septiembre	2861	15019	315	160	-3066	782	75	3391	19537
Octubre	2946	12782	269	137	-2609	692	75	3001	17294
Noviembre	2790	12927	275	140	-2645	690	75	2993	17244
Diciembre	2579	14463	306	156	-2962	744	75	3226	18587

Tabla 3.11. Costes suministro eléctrico año 2015

Donde:

- TP = Término de potencia (€)
- TE = Término de energía (€)
- CI = Coste de interrumpibilidad (€): Coste del servicio de interrumpibilidad que se les paga a los consumidores que lo prestan. Consiste en pagar a los grandes consumidores para que dejen de consumir cuando hay problemas de suministro. Ya no aparece en las facturas, pero como el contrato se firmó en 2012, aparece como concepto.
- Pérd= Coste de pérdidas (€): Es el coste de la energía que se pierde en la red por calentamiento, ya que el generador debe producir la energía consumida más la que se pierde por el camino en la red de transporte y distribución. El coste de las pérdidas se repercute a los consumidores a través de unos coeficientes horarios que calcula el Operador del Sistema, que van multiplicados por el precio de la energía. Ya no aparece en las facturas, pero como el contrato se firmó en 2012, aparece como concepto.
- Peajes = Aplicación nuevos peajes (€): Este término compensa la diferencia del precio de los peajes en la tarifa de acceso, entre 2012 (fecha de firma del contrato) y 2015. Al tener firmado el contrato desde 2012, con un precio de tarifa de acceso y un precio para la comercializadora, y debido al cambio en los precios regulados de la tarifa de acceso, debe repercutirse esa diferencia.
- IE = Impuesto eléctrico (€)
- Equipo = Alquiler del equipo de medida (€)

Por tanto, el coste anual del suministro de electricidad para la empresa en 2015, es de 201504€

3.4.1.2 Previsión de gasto para el año 2016

La tabla de resultados para el año 2015 otorga una visión de los gastos correspondientes al suministro eléctrico durante dicho año, la optimización se debe realizar para el año 2016.

Por tanto, es importante realizar la previsión del coste de dicho suministro para el año 2016, ya que ese estudio será la base sobre la que calcular los ahorros de las distintas alternativas, con el fin de seleccionar aquella oferta que minimice el gasto.

Para obtener los costes durante el año 2016, se usan los consumos previstos en el capítulo 3.3.1.3. donde se realizaba la extrapolación a partir de los datos del año 2015.

Los resultados del estudio de costes en dicho periodo se muestran en la tabla 3.12.

Mes	TP	TE	CI	Interr	Peajes	IE	Equipo	IVA	Total
Enero	2321	11035	153	110	-2256	581	75	2524	14544
Febrero	2606	10784	252	154	-2211	592	75	2573	14826
Marzo	2418	11482	235	123	-2353	609	75	2644	15233
Abril	2406	10834	243	97	-2216	581	75	2524	14545
Mayo	2660	14702	337	135	-3001	758	75	3290	18957
Junio	2650	14349	312	153	-2930	743	75	3224	18575
Julio	2766	14530	86	157	-2964	745	75	3233	18629
Agosto	2895	9242	194	99	-1885	539	75	2343	13502
Septiembre	2861	14349	300	153	-2930	753	75	3268	18829
Octubre	2946	14349	306	156	-2925	758	75	3290	18955
Noviembre	2790	13288	282	144	-2721	705	75	3058	17621
Diciembre	2579	13698	293	149	-2801	712	75	3088	17793

Tabla 3.12. Estimación costes suministro eléctrico año 2016

Por tanto, el coste anual del suministro de electricidad para la empresa en 2016, es de 202011€

3.4.2. Estudio económico del suministro de gas natural

Va a realizarse, en este apartado, una recopilación de los costes que genera el suministro de gas natural para la empresa.

Para ello, se dispone de la información presente en las facturas, y de los costes unitarios plasmados en el contrato.

3.4.2.1 Resultados para el año 2015.

Antes de exponer los resultados, cabe destacar que, como se ha descrito en apartados anteriores, la empresa comercializadora realizó la adaptación de la instalación para el consumo de gas natural, y la industria objetivo de estudio está pagando los costes de esa obra, mes a mes, durante los diez años de vigencia del contrato. Así que, se han decidido separar los pagos correspondientes a este concepto, ya que la empresa debe seguir pagándolos independientemente de la oferta que acepte, y por tanto no deberían contabilizarse como ahorros si se cambiase el suministro.

Por tanto, en la tabla 3.13. se muestran los costes, desglosados por conceptos, del suministro de gas natural para el año 2015.

	Obras	T.fijo	T.Variable	T.Fijo + T.Variable	Obras con IVA	TF+TV con IVA	Total
Enero	2750	1348.74	13692.67	15041.41	3327.50	18200.11	21527.61
Febrero	2750	1348.74	12117.13	13465.87	3327.50	16293.70	19621.20
Marzo	2750	1348.74	12057.09	13405.83	3327.50	16221.05	19548.55
Abril	2750	1348.74	6251.42	7600.16	3327.50	9196.19	12523.69
Mayo	2750	1348.74	17954.57	19303.31	3327.50	23357.01	26684.51
Junio	2750	1348.74	17651.54	19000.28	3327.50	22990.34	26317.84
Julio	2750	1348.74	10599.37	11948.11	3327.50	14457.22	17784.72
Agosto	2750	1348.74	3291.52	4640.26	3327.50	5614.71	8942.21
Septiembre	2750	1348.74	19419.49	20768.23	3327.50	25129.55	28457.05
Octubre	2750	1348.74	7660.36	9009.10	3327.50	10901.01	14228.51
Noviembre	2750	1348.74	13029.62	14378.36	3327.50	17397.82	20725.32
Diciembre	2750	1348.74	14814.89	16163.63	3327.50	19558.00	22885.50
AÑO 2015	33000	16184.88	148539.67	164724.55	39930	199316.7	239246.7

Tabla 3.13. Costes suministro de gas natural año 2015

3.4.2.2 Previsión de gasto para el año 2016

La tabla de resultados para el año 2015 otorga una visión de lo que costó el suministro de gas natural durante dicho año, pero el año de estudio para el que se realiza la optimización es 2016.

Por tanto, es importante realizar la previsión del coste de dicho suministro para el año 2016, ya que ese estudio será la base sobre la que calcular los ahorros de las distintas alternativas, con el fin de seleccionar aquella oferta que minimice el gasto.

Para obtener los costes durante el año 2016, se usan los consumos previstos en el capítulo 3.3.2.3. donde se realizaba la extrapolación a partir de los datos del año 2015.

Los resultados del estudio de costes en dicho periodo se muestran en la tabla 3.14.

	Obras	T.fijo	T.Variable	T.Fijo + T.Variable	Obras con IVA	TF+TV con IVA	Total
Enero	2750	1348.74	15245.10	16593.84	3327.50	20078.54	23406.04
Febrero	2750	1348.74	15245.10	16593.84	3327.50	20078.54	23406.04
Marzo	2750	1348.74	15245.10	16593.84	3327.50	20078.54	23406.04
Abril	2750	1348.74	13952.51	15301.25	3327.50	18514.51	21842.01
Mayo	2750	1348.74	13952.51	15301.25	3327.50	18514.51	21842.01
Junio	2750	1348.74	13952.51	15301.25	3327.50	18514.51	21842.01
Julio	2750	1348.74	15009.43	16358.17	3327.50	19793.39	23120.89
Agosto	2750	1348.74	3291.52	4640.26	3327.50	5614.71	8942.21
Septiembre	2750	1348.74	15009.43	16358.17	3327.50	19793.39	23120.89
Octubre	2750	1348.74	11834.96	13183.70	3327.50	15952.27	19279.77
Noviembre	2750	1348.74	11834.96	13183.70	3327.50	15952.27	19279.77
Diciembre	2750	1348.74	11834.96	13183.70	3327.50	15952.27	19279.77
AÑO 2015	33000	16184.88	156408.07	172592.95	39930	208837.5	248767.5

Tabla 3.14. Estimación costes suministro de gas natural año 2016

4. Optimización del contrato eléctrico

Una vez analizada por completo la instalación, se desea realizar la optimización del contrato de suministro de electricidad con la finalidad de obtener el máximo ahorro posible para el año de estudio 2016, del que, a pesar de no disponer de datos, se ha obtenido la información necesaria por extrapolación de la curva de carga del año 2015.

Por tanto, para realizar este estudio se parte del conocimiento de las potencias demandadas y registradas del año 2015, información que se encuentra en las facturas que la empresa ha ofrecido. Cabe destacar que, para la optimización de las potencias contratadas en cada periodo, se va a suponer que, durante el año 2016, las potencias demandadas van a ser las mismas que se han demandado a lo largo del año 2015, es decir, que no hay grandes cambios en la maquinaria consumidora de electricidad de la industria. Por tanto, para los periodos 1, 2 y 3 de cada mes de 2016, la energía demandada va a ser considerada igual a la correspondiente del año 2015.

Por otro lado, también se dispone de información referente a la energía que consumirá la industria durante el 2016. Esta información se ha obtenido de la extrapolación de la curva de carga, de modo que se han obtenido las energías que previsiblemente se consumirán en cada periodo, para cada mes de 2016. Cabe destacar que para el consumo de energía también se parte del supuesto de que no se van a realizar grandes cambios en la forma de consumir, es decir, que no van a modificarse los horarios ni la maquinaria consumidora de energía eléctrica.

A partir de toda esta información, primero se realizará la optimización de la potencia contratada, es decir, se analizará cuáles son las potencias que debería contratar la empresa en cada periodo para reducir el coste del término de potencia.

Por otra parte, se analizarán las distintas ofertas de las compañías comercializadoras, en las que ofrecen unos precios para el término de energía, de modo que sabiendo la energía que se consumirá en cada periodo, se seleccionará aquella oferta que reduzca el coste del suministro energético.

4.1 Optimización de la tarifa de acceso

En este punto se pretenden analizar las formas de reducir los costes correspondientes a la tarifa de acceso, es decir, aquellos pagos que se deben realizar por el hecho de estar conectado a la red de transporte y distribución.

La tarifa de acceso, es independiente de la compañía comercializadora escogida, ya que son precios regulados que esta debe pagar a la compañía distribuidora. Esto implica que no se tendrán que analizar ofertas de suministro de las distintas compañías para realizar la optimización.

Se recuerda que hay 14 tipos de tarifa de acceso que se pueden contratar en España, y que todas ellas incluyen los términos de energía, potencia, reactiva y excesos de potencia.

Una de las formas de reducir el coste de la tarifa de acceso sería la reducción del consumo de energía reactiva, pero no es el objetivo de este trabajo.

Otra de las posibilidades de estudio, era la de seleccionar el tipo de tarifa que mejor se adapte a las necesidades de la industria. Debido a la tensión requerida por la instalación, hay 2 tipos de tarifa de acceso que podrían ser seleccionadas: La tarifa 3.1A, que ya tienen contratada, y la tarifa 6.1A.

La valoración del cambio del tipo de tarifa, con la intención de contratar una del tipo 6.1A, sería un trabajo interesante de realizar, pero no al alcance de este proyecto, ya que la industria no dispone de la curva cuartohoraria de consumos, y no considera la opción de instalar un equipo para obtenerla, a corto plazo.

Por tanto, para optimizar la tarifa de acceso de esta industria, solo queda una opción, que es la realización de un estudio de optimización de la potencia contratada.

4.1.1. Optimización de la potencia contratada

Como se ha visto anteriormente, hay 2 términos de la tarifa de acceso que hacen referencia a la potencia y que se relacionan entre sí, el término de potencia propiamente dicho y el de excesos de potencia.

En este capítulo va a estudiarse la forma de reducir el coste conjunto de ambos conceptos, que es la optimización de la potencia contratada.

4.1.1.1 Metodología

En el término de potencia se paga, un precio fijado por el estado, por la potencia contratada en cada periodo, es decir, aquella que supuestamente puede demandar la empresa como máximo (aunque enseguida se detalla que esto no es exactamente así). Esto quiere decir que, a mayor potencia contratada, mayor será el pago referente al término de potencia. La facturación se realiza mensualmente, como una doceava parte del importe anual.

En el término de excesos de potencia se compensa, positiva o negativamente, por la potencia máxima que realmente ha demandado el consumidor en cada periodo. Esto quiere decir que, si el consumidor demanda más potencia de la contratada, deberá pagar una penalización, mientras que, si demanda menos de la contratada se le compensará. Por tanto, en este término, cuanto mayor sea la potencia contratada, menores serán los costes.

Como puede observarse, los costes de ambos términos tienen un comportamiento inverso. Al aumentar la potencia contratada, aumentará el coste del término de potencia, pero disminuirá

el término de excesos, mientras que, si disminuimos la potencia contratada, disminuirá el término de potencia, aumentando el de excesos.

Por tanto, para realizar el estudio de optimización de la tarifa de acceso, debe hallarse el valor de la potencia contratada que minimice el coste conjunto de ambos términos.

En la realidad, las empresas comercializadoras, para los suministros con tres periodos de facturación, no contemplan estos dos conceptos por separado, si no que los juntan en un mismo término. Con esta finalidad, se incluye un término en las facturas llamado potencia facturada, que depende de la contratada y la demandada realmente.

La regla para el cálculo de la potencia facturada, es la siguiente:

- Si $P_{Registrada} \leq 0.85 \cdot P_{Contratada}$:

$$P_{facturada} = 0.85 \cdot P_{Contratada}$$

- Si $0.85 \cdot P_{Contratada} \leq P_{Registrada} \leq 1.05 \cdot P_{Contratada}$:

$$P_{facturada} = P_{Contratada}$$

- Si $P_{Registrada} \geq 1.05 \cdot P_{Contratada}$:

$$P_{facturada} = P_{Registrada} + 2 \cdot (P_{Registrada} - 1.05 \cdot P_{Contratada})$$

Para realizar el estudio de la potencia contratada óptima en este proyecto, se ha construido un Excel con las potencias contratadas actualmente, y las registradas en cada periodo de cada mes. Cabe destacar, que el máximo diferencia 6 periodos, pero forman parejas: 1 y 4, 2 y 5 y 3 y 6; de forma que la máxima potencia registrada para el periodo punta es el valor máximo entre los periodos 1 y 4, para el periodo valle es el valor máximo entre 2 y 5, y para valle es la máxima registrada entre 3 y 6.

Una vez obtenidas las potencias registradas, debe obtenerse la potencia facturada, mediante el uso de la función SI de Excel, con el fin de simular la regla de facturación mencionada anteriormente.

Conociendo la potencia facturada y los precios de la potencia para cada periodo, puede obtenerse el coste del término conjunto de potencia y excesos mes a mes, y por tanto el total anual.

Con este Excel completado, deben obtenerse las potencias óptimas contratadas en cada periodo. Para ello, se usa la función solver con el objetivo de minimizar el coste anual.

Una vez obtenidas estas potencias contratadas óptimas, hay que considerar que, si se desea aumentar la potencia contratada deben pagarse los Derechos de acometida, enganche y verificación.

Los derechos de acometida se componen de una cuota de acceso y una de extensión. La cuota de acceso, debe pagarse siempre que se aumente la potencia contratada, y para el caso de la industria que se está estudiando (Voltaje entre 1 y 36 kV) es de 16.992541 €/kW contratado más IVA. La cuota de extensión, en cambio, se paga cuando la ampliación de potencia es inferior a 250 kW, y su precio es de 15.718632 €/kW contratado más IVA.

Los derechos de enganche se pagan cuando la instalación no requiera de un boletín de instalador autorizado, o presentación de un proyecto de obra, y el precio para la instalación estudiada es de 79.49197 €/actuación.

Por último, los derechos de verificación se pagan cuando se aumente la potencia por encima de la máxima admisible de la instalación, o tenga más de 20 años. No es el caso de este trabajo.

Por tanto, una vez obtenida la potencia contratada óptima, en el caso de pretender realizar un aumento, debe estimarse si los ahorros producidos son mayores que los costes derivados de dicho aumento.

4.1.1.2 [Resultados](#)

Aplicando la metodología descrita a la instalación que se está estudiando en este trabajo, se obtienen los resultados que en adelante se muestran.

Las potencias contratadas actualmente son las mostradas en la tabla 4.1.

	Punta	Llano	Valle
Potencia contratada óptima (kW)	296	340	340

Tabla 4.1. Potencias contratadas situación inicial

Las potencias contratadas óptimas, se muestran en la tabla 4.2.

	Punta	Llano	Valle
Potencia contratada óptima (kW)	320	330	263

Tabla 4.2. Potencias contratadas óptimas

Por tanto, solo se produce un aumento en P1, con un valor de 24 kW.

Debido a este aumento, deben pagarse los Derechos de acometida, enganche y verificación. Para el caso de estudio, los costes de dicho aumento son:

- Cuota de acceso de derechos de acometida: 493.46 €
- Cuota de extensión de derechos de acometida: 456.47 €
- Derechos de enganche: 49.49 €

Por tanto, debe realizarse una inversión de 1046.12 € por el cambio de potencia contratada.

Por otra parte, se obtienen los ahorros producidos por la optimización de la potencia contratada mediante una hoja de cálculo, obteniendo un resultado de 1276.18 € anuales.

Puede calcularse ahora el retorno de la inversión mediante la fórmula:

$$T_{\text{retorno}} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Ahorro anual}} \quad (3.5)$$

El resultado para el retorno de la inversión es de 0.82 años, que corresponden con prácticamente 10 meses.

Es un muy buen tiempo de retorno, por lo que se aconseja tomar la decisión de realizar la optimización con dichos valores de potencia contratada.

4.1 Optimización del contrato de suministro de electricidad

La tarifa de acceso es una parte importante de la optimización del suministro eléctrico, pero no la única. También es importante optimizar el contrato de suministro, es decir, la parte que sí depende de la comercializadora, y se puede negociar con ella.

Cabe mencionar que, el único término no perteneciente a la tarifa de acceso con posibilidad de optimización es el de energía, ya que contienen una parte negociable sobre la que cada comercializadora ofrece precios distintos, y hay capacidad de negociación. El otro término no perteneciente a la tarifa de acceso es el alquiler del equipo de medida, pero está regulado también.

Por tanto, para minimizar los costes del suministro eléctrico, una vez optimizada la tarifa de acceso, habrá que realizar un estudio de los precios de la energía de distintas ofertas de suministro, con el fin de seleccionar aquella que mejor se adapte a las necesidades de la instalación.

4.2.1. Metodología

El estudio de los precios de la energía, una vez se dispone de las energías consumidas por periodos anualmente, se basa en 4 pasos principalmente.

Primero, debe pedirse el mayor número de ofertas posible a las comercializadoras que se deseen analizar. Es importante entender que, a mayor número de ofertas recibidas, mayores son las posibilidades de seleccionar un contrato que se adapte mejor a las necesidades de la instalación. Además, la petición de ofertas es gratuita, y no conlleva ningún compromiso con la comercializadora.

Segundo, deben calcularse los costes anuales de cada oferta, a partir de los precios ofertados y de los datos de energía consumida que se tienen como datos base.

Tercero, si es posible, tras analizar todas las ofertas, se debe intentar negociar con las comercializadoras que han realizado ofertas, con el fin de obtener descuentos en el consumo, o de ajustar los precios a las necesidades de la instalación.

En caso de obtener alguna oferta mejorada, deben recalcularse los costes anuales de dicha oferta.

Por último, una vez se tengan calculados los costes de las ofertas definitivas, debe seleccionarse aquella que sea más rentable.

4.2.2. Ofertas de suministro

Para la realización de este trabajo, se realizó una reunión con los ingenieros de la industria, que decidieron realizar peticiones de ofertas de suministro a tres empresas. Por una parte, se pidió una oferta de renovación a Gas Natural Comercializadora S.A. y por la otra, se pidieron 2 ofertas de suministro con nuevas comercializadoras: Iberdrola Clientes S.A.U. e Hidroeléctrica del Cantábrico S.A.

La oferta de Gas Natural Comercializadora S.A. se muestra en la tabla 4.3.

	Punta	Llano	Valle
Precio energía (cts€/kWh)	10.0134	8.7526	6.2261

Tabla 4.3. Oferta Gas Natural Comercializadora S.A.

La oferta de Iberdrola Clientes S.A.U se muestra en la tabla 4.4.

	Punta	Llano	Valle
Precio energía (cts€/kWh)	8.5899	7.6920	5.4117

Tabla 4.4. Oferta Iberdrola Clientes S.A.U.

La oferta de Hidroeléctrica del Cantábrico S.A. se muestra en la tabla 4.5.

	Punta	Llano	Valle
Precio energía (cts€/kWh)	8.5927	7.8185	5.9003

Tabla 4.5. Oferta Hidroeléctrica del Cantábrico S.A.

4.2.3. Análisis y valoración de ofertas

Como se ha descrito en la metodología, una vez obtenidas las ofertas de distintas comercializadoras, deben calcularse los costes anuales derivados de cada una de ellas, con la finalidad de estudiar los ahorros que originen cada una de ellas respecto a la situación inicial.

La empresa no ha negociado mejoras en las ofertas, con lo que no podrá realizarse uno de los pasos expuestos en la metodología.

Para el cálculo de costes, se construye una hoja de cálculo a partir del software Excel, en la que se incluyen los consumos estimados de 2016, obtenidos mediante extrapolación de la curva de carga, y las ofertas de las distintas comercializadoras, obteniendo los costes de cada una.

Los resultados se muestran en la tabla 4.6.

Comercializadoras	Precios energía (cts€/kWh)			Coste anual TE sin IE (€)	Ahorro (€)
	P1	P2	P3		
Gas Natural	10.0134	8.7526	6.2261	118564.99	7508.11
Iberdrola	8.5899	7.6920	5.4117	103211.44	22861.66
Hidrocantábrico	8.5927	7.8185	5.9003	106898.65	19174.45

Tabla 4.6. Resumen ofertas de suministro eléctrico

La oferta que genera un menor coste es la correspondiente a la comercializadora Iberdrola Clientes S.A.U. De manera, que esa es la oferta que debería ser seleccionada para contratar.

Se obtendría por tanto un ahorro de 22861.66€ anuales en el suministro eléctrico, sin tener que realizar una inversión económica.

5. Optimización del contrato de gas natural

En el capítulo referente al estudio del suministro inicial de gas natural, se ha analizado el contrato vigente, y los consumos mensuales, para el año 2015 y 2016. Los datos obtenidos de dichos análisis, son la base para realizar la optimización del contrato de suministro de gas natural.

Para realizar el estudio de optimización, por tanto, partimos de los consumos mensuales estimados para el año 2016

En adelante, se va explicar la metodología de dicha optimización, se van a pedir ofertas de suministro a distintas comercializadoras de gas natural, y finalmente, se va a realizar un estudio del coste que generarían dichas ofertas, con la finalidad de maximizar el ahorro en el suministro de gas natural.

Una vez estudiadas las ofertas, y seleccionada la óptima, deberá analizarse la posibilidad de aceptar dicha oferta y pagar la cancelación del contrato actual, o de mantener dicho contrato, porque el ahorro no rentabilice el coste de cancelación.

5.1 Metodología

La optimización del contrato de gas natural, se basará únicamente en la optimización de la parte variable con el consumo.

No se va a tratar de realizar cálculos sobre la parte fija, si no que se va a considerar igual a la del año 2015 en todo caso, ya que para realizar dichos cálculos se necesitan los caudales diarios registrados máximos mensualmente, y no se dispone de dicha información.

Por otra parte, la cuota pagada mensualmente por las obras de adaptación de la instalación debe pagarse a la comercializadora que las realizó, aunque se realice un nuevo contrato con otra compañía.

Por tanto, se tratará de optimizar la parte variable del contrato, es decir, aquella que depende del consumo mensual. Para ello, se dispone de los consumos mensuales estimados para el año 2016, obtenidos por extrapolación.

Al disponer de la información de consumos, deben obtenerse los precios en función del consumo que oferta cada compañía comercializadora, con el fin de obtener el coste anual de cada oferta. Estos precios deberían calcularse mediante la fórmula 2.3. explicada con detalle en el capítulo 2.2.2.2.

Pero en la realidad, la mayoría de las ofertas de precios por parte de las comercializadoras no se realizan de esta forma. En la actualidad, suelen usarse únicamente los coeficientes k_1 , k_2 y k_3 , siendo k_4 igual a 0. Por tanto, la fórmula para el cálculo de precios de las distintas comercializadoras quedaría:

$$T_v = (k_1 + k_2 \cdot G + k_3 \cdot F) \cdot T_c + f \quad \text{cts€/kWh} \quad (5.1)$$

Los términos k_1 , k_2 y k_3 los ofertará la comercializadora, mientras que el resto de términos (G , F , T_c y f) deberán estimarse.

Existe un problema a la hora de realizar dicha estimación, y es que esos términos para cada mes pertenecen a una base de datos de pago. Por tanto, para realizar la estimación debe tenerse acceso a dicha base de datos, o pueden pedirse dichos datos a alguna compañía con acceso.

Al no tener acceso a dicha base de datos, la mejor forma de realizar la estimación para el año 2016, sería pedirle a la compañía comercializadora dichos coeficientes para los años 2014 y 2015. Una vez se tuvieran los coeficientes G , F , T_c y f para ambos años, debe decidirse de qué forma se estimarán para el año 2016.

Se ha decidido que la mejor forma es calcular la variación de dichos coeficientes entre el año 2014 y 2015, y suponer que dicha variación será la misma entre los años 2015 y 2016.

Una vez estimados los coeficientes, la fórmula 5.1 está lista para usarse con los valores de k_1 , k_2 y k_3 ofertados por cada comercializadora. A partir de este momento, el proceso a seguir es similar al realizado para la optimización del suministro de electricidad.

Primero, se pide el mayor número de ofertas posibles a las comercializadoras, que ofrecen unos valores para k_1 , k_2 y k_3 . Como en el caso eléctrico, es importante entender que, a mayor número de ofertas recibidas, mayores son las posibilidades de seleccionar un contrato que se adapte mejor a las necesidades de la instalación. Además, la petición de ofertas es gratuita, y no conlleva ningún compromiso con la comercializadora.

Una vez se tienen los coeficientes ofertados, se estiman los precios del kWh de cada compañía, según la fórmula 5.1. Estos precios no serán los reales, pero si permiten estimar cual será la oferta que genere menores costes.

Si hay posibilidad de negociación, debe realizarse, con el fin de ajustar los coeficientes k a las necesidades de la industria. En caso de obtener alguna oferta mejorada, deben recalcularse los costes anuales de dicha oferta.

Por último, una vez se tengan calculados los costes de las ofertas definitivas, debe seleccionarse aquella que sea más rentable.

Una vez seleccionada aquella oferta que genera mayores ahorros, debe estimarse si es rentable realizar el cambio de contrato, ya que el contrato actual de la industria para el suministro de gas natural es vigente hasta 2022, teniendo un coste de cancelación asociado.

Por tanto, debe estimarse el periodo de retorno de dicha inversión, con el fin de que la dirección de la empresa tome una decisión al respecto.

5.2 Ofertas de suministro

En la misma reunión en la que se decidieron las ofertas e suministro eléctrico, se decidieron también las de gas natural, de forma que se pidió una oferta de renovación a Gas Natural Comercializadora S.A. y se pidieron nuevas ofertas a Ninobe Servicios Energéticos S.L. Iberdrola Clientes S.A.U, y Endesa Energía S.A.

Además, se realizó una petición a la actual comercializadora, Gas Natural Comercializadora S.A. acerca de los datos G , F , T_c y f , de la fórmula 5.1. para 2014 y 2015.

A fecha de la entrega de este trabajo, solo se ha obtenido respuesta de Ninobe Servicios Energéticos S.L. comentando que no han podido mejorar los precios actuales.

Por otra parte, tampoco se ha obtenido la información pedida a Gas Natural Comercializadora S.A. de forma que es imposible estimar la fórmula de precios correcta.

5.3 Análisis y valoración de ofertas

Una vez se tuviesen los parámetros k_1 , k_2 y k_3 se construiría una hoja de cálculo para estimar el precio del gas natural mediante la fórmula 5.1.

Obtenidos los precios, a partir de los consumos mensuales estimados para 2016, podría calcularse el coste que generaría cada oferta de suministro y los ahorros, si los hubiera, que generaría.

También podría calcularse el coste de cancelación del contrato de suministro de gas natural actual. Para ello, en el contrato se especifica que, si el cliente decidiera cancelar el contrato en una fecha anterior a la propuesta como fin de contrato, debería liquidar: La parte fija, la parte de energía, las revisiones, las regularizaciones y las penalizaciones existentes a esa fecha. Además, deberán abonarse el importe de los derechos de conexión a red que en su día pago la comercializadora.

No se han realizado los cálculos del coste de cancelación ya que la empresa ha tomado la decisión de mantener el contrato vigente hasta la fecha pactada, para no tener que realizar ninguna inversión importante para la aplicación de este proyecto.

6. Conclusiones

6.1 Contratación del suministro de electricidad

Respecto al suministro eléctrico, se ha decidido realizar una propuesta de cambio tanto en la tarifa de acceso como en el contrato, ya que, como se ha explicado anteriormente, se obtienen unos ahorros considerables, siendo los costes de inversión pequeños.

En cuanto a la tarifa de acceso, se propone la contratación de las potencias óptimas, mostradas en la tabla 4.2. del presente documento.

El coste de inversión de este cambio en las potencias contratadas es de 1046.12 € a pagar a la nueva compañía comercializadora, para que realice las adaptaciones necesarias en la instalación.

Este cambio, genera unos ahorros anuales de 1276.18 € anuales. Por tanto, se obtiene un tiempo de retorno de la inversión de 0.82 años, 10 meses aproximadamente.

Por otra parte, se propone que el nuevo contrato de suministro eléctrico se realice a través de la oferta de Iberdrola Clientes S.A.U mostrada en la tabla 4.4. del presente documento.

La firma del nuevo contrato no tiene coste ninguno, de modo que la inversión es nula.

Los ahorros anuales generados por el cambio del contrato de suministro eléctrico son de 22861.66 € anuales.

Sumando ambos términos, el ahorro obtenido con las mejoras propuestas supone un 11.98% del coste total del suministro eléctrico.

Al haber realizado este proyecto con datos reales de la instalación, estas conclusiones han sido comunicadas a la empresa, que ha afirmado que llevará a cabo dichas medidas con el fin de obtener los ahorros previstos

6.2 Contratación del suministro de gas natural

Dado que no se ha obtenido respuesta por parte de las compañías comercializadoras, no se puede proponer un cambio en el contrato de suministro, ya que se desconocen los costes que generaría dicho contrato.

Por otra parte, debe tenerse en cuenta que el contrato vigente tiene validez hasta 2022, de forma que el coste de cancelación es alto, y la empresa ha definido su posición de no realizar inversiones importantes.

Por tanto, no puede aconsejarse cambiar el suministro actual de gas natural.

7. Bibliografía

Legislación:

- [Orden ITC 3519/2009, de 28 de diciembre.](#)
- [Ley 54/1997, de 27 de noviembre.](#)
- [Ley 15/2012, de 27 de diciembre.](#)
- [Orden IET/3586/2011, de 30 de diciembre.](#)
- [Orden IET/107/2014, de 31 de enero.](#)

Otros documentos:

- [Tríptico de tarifas 2015 de Iberdrola](#)
- Apuntes de Mercados Energéticos de cuarto curso, año 2016.
- [Página web de la empresa](#)

DOCUMENTO 2

PRESUPUESTO

Realizado por: Daniel Jurado Clemente

Dirigido por: Dr. Manuel Alcázar Ortega

ÍNDICE

1. Introducción	71
2. Coste del estudio	71
3. Resultados del estudio:	72
3.1. Inversión	72
3.2. Ahorros obtenidos	73
3.3. Periodo de retorno	74

1. Introducción

En el presente documento se expone el presupuesto del proyecto: Análisis, valoración y optimización de la contratación del suministro energético de gas y electricidad aplicado a una instalación industrial dedicada a la producción de barnices y pinturas.

A continuación, se va a presentar el desglose de costes, así como los ahorros esperados por su implantación, y los periodos de retorno de las inversiones.

2. Coste del estudio

En este apartado, se muestran los costes derivados de la realización del estudio.

Se estima que el tiempo empleado en la realización del proyecto (250 horas), no coincide con el dedicado a la realización del Trabajo de Fin de Grado estipulado (300 horas) ya que se ha estimado que las horas dedicadas a realizar el desarrollo teórico, no deben ser repercutidas como coste a la empresa.

La tabla 8.1 muestra el desglose del coste de la realización del estudio.

Mano de obra		Precio (€)/hora	Cantidad (hora)	Importe (€)
	Ingeniero de la Energía	30	250	7500.00

Desplazamiento		Precio (€)/km	Cantidad (km)	Importe (€)
	Viaje en coche	0.25	156	39.00

Dietas		Precio (€)/comida	Cantidad (comidas)	Importe (€)
	Comida	30	3	90.00

Estudio				7629.00
Costes Indirectos		3%		228.87
Base Imponible				7857.87
IVA		21%		1650.15
Coste total del estudio				9508.02

Tabla 8.1. Coste del estudio

El coste del estudio, por tanto, asciende a 7629 € (IVA no incluido).

3. Resultados del estudio:

En este capítulo van a plantearse los resultados económicos del estudio, detallándose la inversión a realizar y los ahorros anuales obtenidos, para finalmente obtener los periodos de retorno de la Inversión.

3.1. Inversión

El aumento de la potencia contratada en el periodo punta, como se ha explicado en el desarrollo de la memoria, tiene un coste asociado.

El coste de dicho aumento se muestra desglosado en la tabla 8.2.

Derechos de acometida	Precio (€)/kW	Cantidad (kW)	Importe (€)
Cuota de acceso	16.992541	24	407.82
Cuota de extensión	15.718632	24	377.25

Derechos de enganche	Precio (€)/actuación	Cantidad (actuaciones)	Importe (€)
Cuota	79.49197	1	79.49

Base Imponible			864.56
IVA	21%		181.56
Coste de los cambios propuestos			1046.12

Tabla 8.2. Coste de la ampliación de potencia contratada

La inversión a realizar debida a este concepto es de 864.56€ (IVA no incluido).

Si se suma a esta inversión el coste del estudio, se obtiene como resultado el coste total de la aplicación proyecto.

Se muestra dicho coste en la tabla 8.3.

Estudio		Precio (€)/estudio	Cantidad (estudios)	Importe (€)
	Base imponible	7857.87	1	7857.87

Ampliación de potencia		Precio (€)/estudio	Cantidad (estudios)	Importe (€)
	Base imponible	1046.12	1	1046.12

Base Imponible	8903.99
IVA	21%
Coste total	10773.83

Tabla 8.3. Coste total del proyecto

Por tanto, este presupuesto asciende a 8903.99 € (IVA no incluido).

3.2. Ahorros obtenidos

La aplicación de este proyecto, genera unos ahorros anuales, que han sido explicados en la memoria.

Se recogen estos ahorros en la tabla 8.4.

Optimización tarifa de acceso		Ahorros anuales (€)
	Potencia contratada	1276.18

Optimización contrato eléctrico		Ahorros anuales (€)
	Suministro	22861.66

Base Imponible	24137.84
IVA	21%
Ahorros previstos	29206.79

Tabla 8.4. Ahorros derivados de la aplicación del estudio

Los ahorros anuales derivados de la aplicación de las mejoras propuestas en la memoria del proyecto ascienden a 24137.84€ (IVA no incluido).

3.3. Periodo de retorno

Los periodos de retorno son un indicador económico que muestra el tiempo que tarda en recuperarse la inversión. Para su cálculo, se aplica la siguiente fórmula:

$$T_{\text{retorno}} (\text{años}) = \frac{\text{Inversión } (\text{€})}{\text{Ahorro anual } \left(\frac{\text{€}}{\text{año}}\right)} \quad (8.1)$$

Aplicando la fórmula 8.1. se obtiene un periodo de retorno para este proyecto de 0.37 años, aproximadamente 4 meses y medio.