



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERIA DE MINAS Y ENERGÍAS



Trabajo Fin de Grado

SISTEMA DE SEGUIMIENTO DE CONSUMOS Y COSTES DE ENERGÍA Y PREVISIÓN DE LA FACTURA ELÉCTRICA PARA EL GRUPO SOLVAY

**Consumption and energy costs monitoring and electric
invoice forecasting system for Solvay Group**

Para acceder al título de:

Grado en ingeniería de los recursos energéticos

Autor: Marta Plaza Cayón

Director: Pablo Castro Alonso

Co-Director: Carlos Aladjem Talvy

Coordinador: Raúl Husillos Rodríguez

Septiembre-2017



AGRADECIMIENTOS

Aprovecho estas líneas para expresar mi agradecimiento a todos aquellos que me han ayudado durante estos años de carrera.

A mi tutor de este trabajo, Pablo Castro Alonso, y al coordinador de proyectos, Raúl Husillos Rodríguez, que con a su seguimiento y sugerencias han hecho más sencilla la realización de este estudio.

A Carlos Aladjem, por brindarme la oportunidad de introducirme en el mundo laboral y enseñarme cómo funcionan las cosas fuera de los libros.

A mi familia, por su esfuerzo y paciencia en febrero, junio y septiembre.

A mis compañeros y amigos de la universidad, por todos los buenos y, especialmente, por todos los no tan buenos momentos compartidos a lo largo de estos años.



LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Reparto del territorio español para las empresas distribuidoras.	18
Ilustración 2: Comparativa de los elementos intervinientes en la red tradicional y en la red inteligente. Fuente: International Energy Agency	20
Ilustración 3: Curvas agregadas de oferta y demanda.	24
Ilustración 4: Periodos tarifarios para discriminación de dos periodos. Elaboración propia.	30
Ilustración 5: Periodos tarifarios para discriminación de seis periodos en alta tensión. Elaboración propia.	32
Ilustración 6: Representación del triángulo de potencias. http://www.aparejadoresmadrid.este:	33
Ilustración 7: Término de facturación de energía reactiva en función del $\cos\phi$ www.iippssaa.es	35
Ilustración 8: Entorno del programa Tarsys para Windows. Fuente: www.prodemel.es ...	43
Ilustración 9: App "Mi oficina Online" para smartphone de Viesgo. Fuente: Google Play .	45
Ilustración 10: Proceso de adquisición de la información mensual de consumos.....	58
Ilustración 11: Extracto de archivo horario exportado por el programa "Tarsys".....	62
Ilustración 12: Extracto de archivo cuarto horario exportado por el programa "Tarsys"....	63
Ilustración 13: Inputs de la hoja de cálculo.....	65
Ilustración 14: Inputs de la hoja de cálculo.....	67
Ilustración 15: Distribución de las pestañas dentro de la hoja Excel	68
Ilustración 16: Distribución de los datos dentro de la pestaña "BOE Costes Regulados" .	68
Ilustración 17: Desglose de contrato en la pestaña "Contratos"	69
Ilustración 18: Botones de ejecución y encabezados en pestaña "Consumos horarios" ..	70
Ilustración 19: Botones de ejecución y encabezados en la pestaña "Consumos cuarto horarios"	71



Ilustración 20: Descarga de omie para el mes de Julio de 2016 en la pestaña "Omie"	72
Ilustración 21: Ventana del explorador para proceder a la selección del archivo con la curva de carga.....	78
Ilustración 22: Formulario de elección de mes y año para la descarga de los precios de omie	80
Ilustración 23: Información recogida en el "Acceso a Ficheros" de omie. Ejemplo para el día 22 de marzo de 2016.	81
Ilustración 24: Modelo de factura prevista por la herramienta de estudio.	91

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Valores del alquiler de equipos. Fuente: Orden ITC/3860/2007, de 28 de diciembre	40
Tabla 2: Contenido de la herramienta de cálculo agrupado por pestañas.....	76
Tabla 8: Comparativa entre facturas reales y previsión y su error relativo en fábrica de Blanes	92
Tabla 9: Comparativa entre facturas reales y previsión y su error relativo en fábrica de Escuzar.....	92
Tabla 3: Potencias contratadas actuales.....	93
Tabla 4: Importe de las facturas en la situación actual de potencias.....	94
Tabla 5: Nuevas potencias sugeridas	94
Tabla 6: Importe de las facturas con la nueva potencia contratada.....	95
Tabla 7: Desglose por conceptos de la comparativa entre dos suministros independientes y unificados	96



ÍNDICE

1.	Introducción	7
2.	Objetivo y alcance del proyecto	10
3.	Estado del arte	15
3.1	Análisis teórico	15
3.1.1	Estructura del mercado eléctrico español	15
3.1.2	Funcionamiento del mercado eléctrico español	22
3.1.3	Clasificación de tarifas eléctricas	27
3.1.4	Discriminación horaria	29
3.1.5	Energía reactiva	33
3.1.6	Excesos de potencia.....	37
3.1.7	Alquiler de equipos	39
3.1.8	Gestión de contadores con telemedida.....	41
3.1.9	Impuesto eléctrico	46
3.2	Análisis científico	49
3.2.1	Artículo 1	50
3.2.2	Artículo 2	51
3.2.3	Artículo 3	52
3.2.4	Artículo 4	53
3.2.5	Conclusiones	54



4.	Metodología.....	57
4.1	Gestión de telemedida.....	58
4.1.1	Puntos de suministro analizados	59
4.1.2	Adquisición de curvas de carga	60
4.1.3	Archivos.....	61
4.2	Sistema de seguimiento y previsión.....	64
4.2.1	Herramienta de cálculo	64
4.2.2	Automatización mediante VBA	77
4.3	Otras aplicaciones	84
4.3.1	Optimización de potencias contratadas	84
4.3.2	Simulación unificación de suministros.....	86
5.	Resultados.....	91
5.1	Sistema de seguimiento y previsión.....	91
5.2	Optimización de potencias contratadas	93
5.3	Simulación unificación de suministros.....	95
6.	Conclusiones	99
7.	Referencias	103



1. INTRODUCCIÓN



1. INTRODUCCIÓN

La electricidad es una de las principales formas de energía utilizadas actualmente, tanto a nivel doméstico como a nivel industrial.

En el caso de la industria, del que trata este estudio, el consumo de energía eléctrica es una de las principales fuentes de gastos. Una factura eléctrica mensual puede ascender a grandes cantidades en una industria electro-intensiva, pudiendo incluso triplicar el gasto en salarios, para el mismo periodo de tiempo.

De este modo, tanto los consumos como los costes de la energía influyen de forma directa en la competitividad de la empresa y determinan los costes de producción de la industria española. Por ello, la industria requiere de una optimización en este campo, ya sea minimizando los consumos eléctricos o minimizando los precios.

Para entender las diferentes posibilidades de optimización de la factura eléctrica, previamente conviene aclarar los factores por los que puede verse afectada, directa o indirectamente.

El primero de ellos es la situación económica y política del país, que en varias ocasiones ha desencadenado importantes cambios dentro del sector. Se pueden destacar, por ejemplo, una gran modificación de la ley española, que además afecta al modelo de facturación doméstica: A partir del 1 de octubre del 2015 se factura de acuerdo con las cotizaciones diarias del kilovatio-hora (kWh) en el mercado mayorista.

El segundo de los factores que afecta a la factura eléctrica es la cantidad de generación procedente de tecnologías de gas natural y carbón. Cuanto más favorable sea la meteorología, mayor será el aprovechamiento en las centrales hidráulicas y eólicas, lo cual supone una disminución del uso de combustibles fósiles y un abaratamiento de precio de la luz en el mercado mayorista.



Otro factor es intercambio eléctrico en las interconexiones con otros países vecinos, como Francia, que, si ve reducida la aportación de sus centrales nucleares al mix energético, se verá obligada a importar electricidad de otros países como España, haciendo crecer nuestra demanda y, por lo tanto, aumentando los precios.

Pero la mayoría de estos factores, ya alteren el precio de mercado o los costes regulados por el estado, escapan al control de un cliente o consumidor, y, por ello, no hay muchas variables a controlar para conseguir un ahorro económico y a la vez mantenerse fieles a la eficiencia energética.

Aun así, siempre se puede recurrir a la forma más básica y elemental de eficiencia energética, que consiste, sencillamente, en el control de los recursos energéticos utilizados. Esta etapa precede a las fases de inversión para la mejora de las tecnologías, y se basa en el estudio, por parte de cualquier consumidor de recursos energéticos, del funcionamiento de su sistema, desde el suministro de la materia prima, hasta la salida del producto. Únicamente el conocimiento sobre los diferentes procesos y sistemas permite identificar las posibles modificaciones o mejoras a realizar.

En el caso de una industria electro intensiva, como lo es la fábrica del grupo Solvay ubicada en Torrelavega, se deben conocer y controlar, por una parte, los consumos eléctricos, identificando el comportamiento y los patrones de las curvas de carga, que permiten, por ejemplo, consumir en los momentos con precios más bajos y evitar el gasto en las horas más caras.

Además, se deben analizar los contratos con el fin de seleccionar o ajustar al máximo las tarifas, así como cualquier modificación de la ley vigente, resultando en un notable ahorro económico.



2. OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROYECTO



2. OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROYECTO

El objetivo principal del presente estudio es la creación de un sistema que permita, por una parte, realizar un seguimiento tanto de los consumos eléctricos como de los costes de la energía eléctrica, y, además, posibilitar el cálculo de una previsión de la factura eléctrica mensual, para las filiales españolas del grupo Solvay.

El problema surgido en la empresa, al que responde este proyecto, es una cuestión de contabilidad interna. Las facturas emitidas por las empresas distribuidoras y comercializadoras no se reciben en una fecha determinada, y en la mayoría de los casos, los gastos generales mensuales deben cerrarse de forma interna antes de que este importe sea conocido.

Esto supone una gran incógnita, ya que esta cuantía en una empresa altamente electro intensiva, es realmente elevada. Por ello, resulta necesario calcular este importe con antelación a la emisión de la factura por parte de la distribuidora y de la comercializadora.

El objetivo es sustituir el sistema utilizado en la actualidad, por uno de creación y uso interno para así eliminar la participación de terceras empresas, y por lo tanto respetar al máximo la confidencialidad de los datos.

Los objetivos específicos del proyecto se pueden resumir en los siguientes apartados:

- Establecer unos conocimientos previos del funcionamiento de los contadores con telemedida y del tratamiento de los datos de consumo que se obtienen.
- Estudiar y conocer las distintas posibilidades que ofrece el mercado en cuanto a programas de lectura remota de los contadores.
- Definir las potencias contratadas para cada punto de suministro.
- Estudiar y conocer las distintas tarifas eléctricas de baja, media y alta tensión.



- Analizar los contratos actuales que se aplicarán para cada tarifa eléctrica.
- Determinar la normativa en cuanto a costes regulados de la electricidad de aplicación en la facturación.
- Estudiar el funcionamiento de la publicación de los precios de mercado diario y mercado a largo plazo, a tener en cuenta en la facturación para ciertas tarifas.
- Determinar todos los datos, parámetros, y fórmulas necesarias para los cálculos en la facturación mensual y crear una herramienta que los ejecute.
- Máxima automatización posible en cada proceso del sistema.
- Implantación del sistema y comparativa entre los datos de facturación prevista y los reales, con el fin de establecer la fiabilidad de la herramienta creada.

El objetivo que se persigue con este trabajo es la creación de una herramienta que facilite, mediante la automatización, el trato de los datos de consumo procedentes de los contadores, de los datos de las tarifas contratadas, así como los cálculos pertinentes para la realización de dicha factura eléctrica mensual.



3. ESTADO DEL ARTE



3.	Estado del arte	15
3.1	Análisis teórico	15
3.1.1	Estructura del mercado eléctrico español	15
3.1.1.1	Generación.....	16
3.1.1.2	Transporte	17
3.1.1.3	Distribución.....	17
3.1.1.3.1	Smart Grids	19
3.1.1.4	Comercialización	21
3.1.2	Funcionamiento del mercado eléctrico español	22
3.1.2.1	Mercado mayorista	22
3.1.2.1.1	Mercados a plazo	23
3.1.2.1.2	Mercado diario.....	23
3.1.2.1.3	Mercado intradiario.....	25
3.1.2.2	Mercado minorista	25
3.1.3	Clasificación de tarifas eléctricas.....	27
3.1.4	Discriminación horaria	29
3.1.5	Energía reactiva	33
3.1.5.1	Factor de potencia.....	34
3.1.5.2	Penalización por consumo de energía reactiva.....	34
3.1.5.3	Compensación de energía reactiva	36
3.1.5.4	Ventajas de la compensación	36



3.1.6	Excesos de potencia.....	37
3.1.7	Alquiler de equipos	39
3.1.8	Gestión de contadores con telemedida.....	41
3.1.8.1	Tarsys	42
3.1.8.2	Plataforma web Monsol	44
3.1.8.3	Aplicación de Viesgo	44
3.1.9	Impuesto eléctrico	46
3.1.9.1	Exenciones	46
3.2	Análisis científico	49
3.2.1	Artículo 1	50
3.2.2	Artículo 2	51
3.2.3	Artículo 3	52
3.2.4	Artículo 4	53
3.2.5	Conclusiones	54



3. ESTADO DEL ARTE

3.1 ANÁLISIS TEÓRICO

En este apartado se expone el marco teórico del estudio energético. Se introduce y describe la estructura del mercado eléctrico, así como su funcionamiento. Además, se presentan las diferentes tarifas eléctricas y los diferentes conceptos que afectan a la factura eléctrica, como energía reactiva, alquiler de equipos o impuesto eléctrico. Por último, se exponen diferentes opciones disponibles actualmente en el mercado en cuanto a software de teled medida y telegestión.

3.1.1 Estructura del mercado eléctrico español [1] [2] [3] [4]

Durante muchos años, el sector eléctrico en España mantuvo una organización vertical, y las empresas eléctricas que lo conformaban, lo hacía como un monopolio en las diferentes zonas geográficas del país, quedando exclusivamente cinco compañías como participes del suministro eléctrico. Cada una de estas compañías se encargaba, de forma simultánea, de todas las etapas del proceso de suministro, imponiéndoles a los usuarios su compañía eléctrica.

En 1997, con el objetivo de fomentar la competencia en el sector de la energía eléctrica y corregir el desconocimiento que los consumidores tenían del mismo, el Gobierno de España aprueba la Ley 54/1997 de 27 de noviembre del Sector Eléctrico con la que tiene lugar la liberalización el mercado eléctrico nacional.



Esta nueva normativa prohíbe que una misma compañía opere en más de una de las etapas del suministro, siendo la separación de las funciones de la distribución y la comercialización de la energía, una de principales características de la liberalización del mercado eléctrico. En consecuencia, se estableció una organización de negociación de la energía. Además, se dictamina que solo la gestión del transporte es labor de Red Eléctrica, reduciendo la intervención pública.

Aunque con posterioridad se han aprobado otras leyes, que actualmente regulan el funcionamiento del sector, se continúa manteniendo la distinción entre las actividades reguladas y las no reguladas, ya recogida en la norma anterior. A partir de la aprobación de la esta ley, y hasta el día de hoy, las principales actividades destinadas al suministro de energía eléctrica son: generación, transporte, distribución, comercialización e intercambios intracomunitarios e internacionales.

3.1.1.1 Generación

Las empresas de generación son las encargadas de la producción de energía eléctrica. Dependiendo del origen de la energía primaria y la tecnología que utilice la central de generación puede ser de diversos tipos (nuclear, eólica, hidráulica, solar, térmica, etc.). Aun así, los generadores se dividen en dos grandes grupos:

- Productores en régimen ordinario:
- Productores en régimen especial: aquellos que generan electricidad mediante el uso de energías renovables y cogeneración, con potencias inferiores a 50MW.



3.1.1.2 Transporte

El transporte consiste en la transmisión de la energía eléctrica a lo largo de la red de transporte de alta tensión hasta los puntos de distribución, o con el fin de realizar intercambios internacionales. Esta red de transporte se divide en:

- Red de transporte primario: instalaciones de tensión mayor o igual a 380kV
- Red de transporte secundario: instalaciones de tensión menor a 220kV

En España, tal y como se ha señalado anteriormente, el encargado de la tarea de transporte es Red Eléctrica (REE).

3.1.1.3 Distribución

La distribución consiste en la transmisión de energía eléctrica hasta los puntos de consumo o hasta otras redes de distribución cuyo objetivo sea suministrarla directamente a los consumidores. A su vez, la energía eléctrica transmitida puede proceder de otra red de distribución, o de la red de transporte.

Como ya se indicaba, en España actualmente existen cinco grandes compañías distribuidoras que operan en una región determinada, representadas en la Ilustración 1.

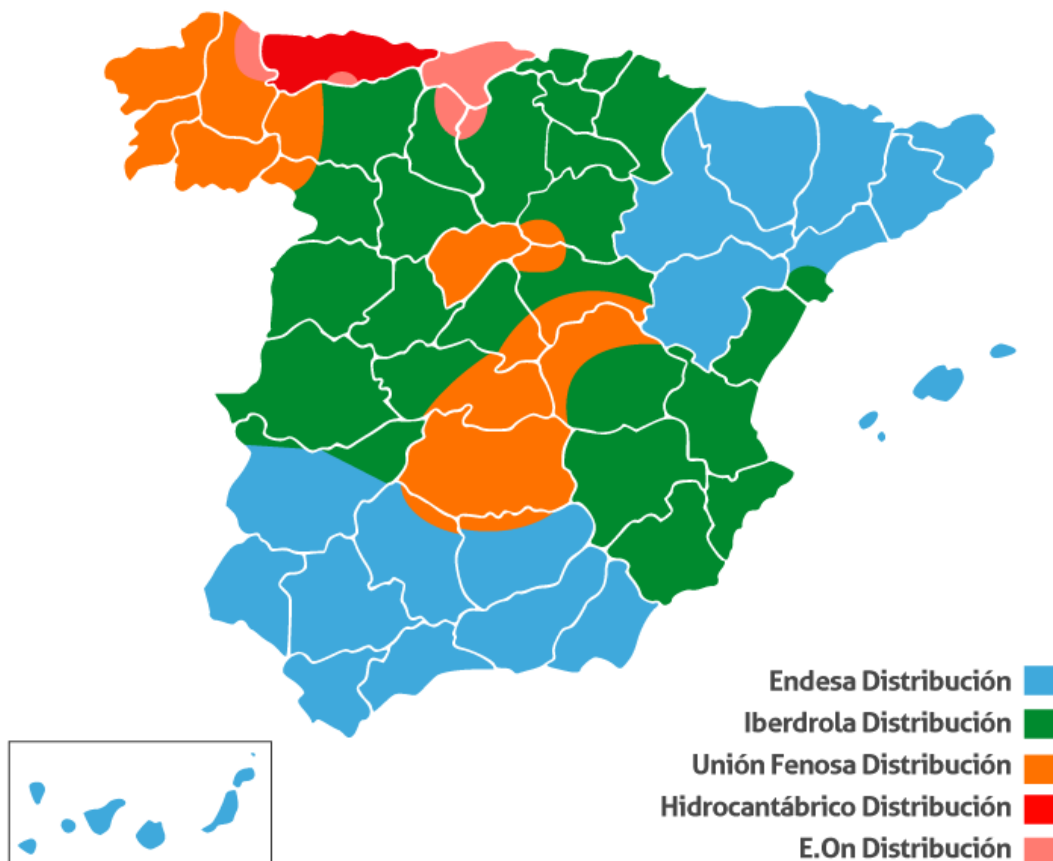


Ilustración 1: Reparto del territorio español para las empresas distribuidoras.

Fuente: www.holaluz.com

- Endesa Distribución
- Iberdrola Distribución
- Gas Natural Fenosa Distribución
- EON Distribución
- Hidrocanábico Distribución



A pesar de considerarse una actividad totalmente regulada, estas compañías cobran unos peajes, regulados por la administración, que se reconocen como coste de distribución, y son los consumidores los que los pagan en la factura.

Estas empresas además de encargarse de la distribución, también lo hacen del mantenimiento, operación y construcción de las instalaciones necesarias para ello, de la instalación reparación o renovación del contador eléctrico (excepto si el consumidor lo tiene en propiedad), y contabilizan los consumos que facturará la comercializadora.

3.1.1.3.1 *Smart Grids* [5] [6] [7] [8]

El término Smart Grid se utiliza para referirse a las redes de distribución eléctricas “inteligentes”. LA característica principal de estas redes es que la electricidad que circula por ellas, lo hace de forma bidireccional, integrando el comportamiento y acciones de todos los usuarios conectados a ella, de forma fiable y eficiente, proporcionando un servicio seguro, sostenible y de mayor calidad.

Para considerar a una red de distribución una Smart Grid, se debe combinar con modernas tecnologías de información, incluidas en una gran red de telecomunicaciones, que permite el intercambio de datos entre distribuidoras, generadoras y consumidores, gestionando la red eléctrica en su conjunto.

Si bien resulta una red eléctrica más compleja en su funcionamiento, proporciona la posibilidad de distribuir funciones que actualmente se realizan de forma centralizada, proporcionando un gran automatismo, y facilitando el equilibrio entre la oferta de los productores y la demanda de los consumidores.

En relación con las energías renovables, las Smart Grids permiten una mejor incorporación de estas tecnologías de producción a la red, y una mejor integración del vehículo eléctrico.

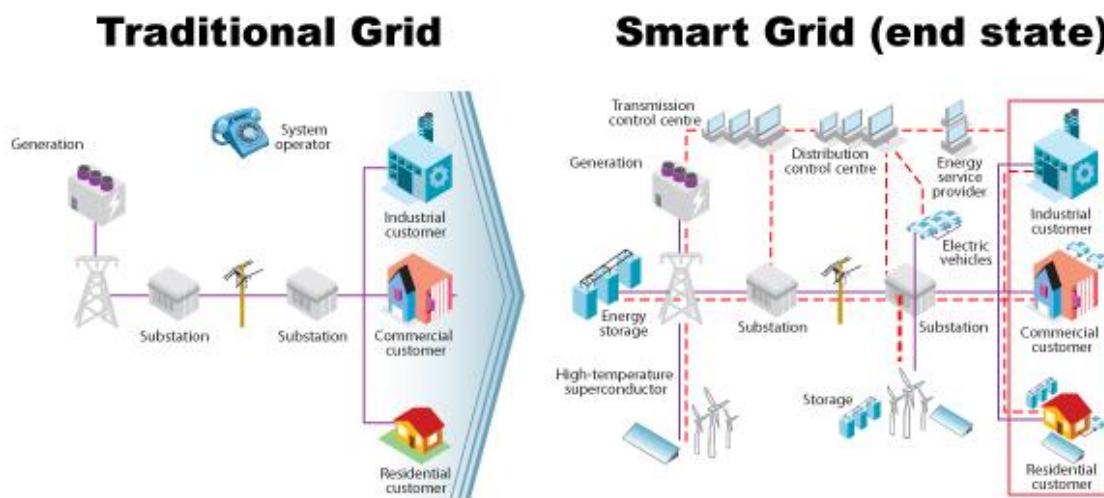


Ilustración 2: Comparativa de los elementos intervinientes en la red tradicional y en la red inteligente. Fuente: International Energy Agency

En estos casos, el suministro eléctrico resulta de mayor calidad y fiabilidad. Tras una avería la restauración de la electricidad resulta rápida, ya que con las redes inteligentes el problema surgido se detecta y se aísla de forma estratégica.

Además, se incorpora de forma masiva la generación distribuida, que permite participar el usuario con la entrega del exceso energético local, sacando mayor provecho de los micro generadores de energía que tienen instalados algunos clientes.

Por otro lado, los clientes son capaces de optimizar su propio consumo eléctrico y participar en la gestión activa de la demanda, ya que las redes aportan al usuario la información y herramientas para tomar decisiones sobre el uso de la energía, conociendo en todo momento la electricidad que se consume, en qué momentos se hace y a qué precios. Este



efecto se acentúa con la incorporación por parte de los electrodomésticos y otros equipos inteligentes, que permitan ajustarse a los esquemas de eficiencia.

Por último, contribuyen a mantener la sostenibilidad ambiental, integrando la generación distribuida de fuentes renovables, y desplegando la infraestructura de recarga para la movilidad eléctrica, y así contribuyendo a la reducción de las emisiones de CO₂.

3.1.1.4 Comercialización [9]

La comercialización consiste en la venta de energía eléctrica de forma directa, por parte de las empresas comercializadoras, a los consumidores o clientes a través de un precio pactado. Es decir, simplemente se encargan de la relación contractual, no generan ni distribuyen energía.

Las encargadas de realizar este proceso son las empresas comercializadoras de energía eléctrica (conocidas comúnmente como compañías eléctricas), que acceden a la red de transporte o a la red de distribución, siendo una empresa totalmente diferenciada de la empresa distribuidora. Al contrario que con las empresas de distribución, que vienen impuestas en función del territorio del suministro, la empresa comercializadora puede elegirse y contratarse libremente.

La comercializadora, compra la energía que será demandada por sus clientes en el pool eléctrico, o directamente a los agentes productores, a través de contratos bilaterales. El resultado de esta compra determinará la diferencia de precios de la tarifa de la luz entre una comercializadora y otra.



Una vez realizada esta compra, venden la electricidad a las empresas u hogares, midiendo el consumo de cada cliente, gestionando todos los trámites asociados al transporte y distribución, y ocupándose de la facturación mensual.

3.1.2 Funcionamiento del mercado eléctrico español [10]

A continuación, se explicará el funcionamiento del mercado eléctrico en España y la fijación del precio del kilovatio en cada momento, factor que afecta excesivamente al balance costes-ingresos de cualquier compañía.

Conviene diferenciar entre dos mercados:

- Mercado mayorista: Se produce la compra-venta de electricidad entre empresas generadoras, comercializadoras y algunos importantes consumidores directos, mediante un sistema de subasta en el que se conviene un precio y una cantidad de energía eléctrica el día antes de realizar el servicio de suministro para cada hora del día siguiente.
- Mercado minorista: Se produce la compra-venta de electricidad entre empresas comercializadoras y consumidores.

3.1.2.1 Mercado mayorista [11] [12]

A su vez, dentro del mercado mayorista, podemos encontrar tres tipos diferentes de mercados, en función del momento en el que se produzca la compraventa de electricidad.



3.1.2.1.1 Mercados a plazo

Por una parte, podemos encontrar los conocidos como “mercados a plazo”, donde los agentes participantes intercambian contratos días, semanas y meses antes de que la energía sea siquiera generada y consumida.

3.1.2.1.2 Mercado diario [13] [14]

En segundo lugar, encontramos el mercado diario, gestionado por el Operador del Mercado Eléctrico (OMIE), entidad privada cuya principal función es llevar a cabo la gestión del mercado y garantizar la transparencia en la contratación, así como independencia y objetividad.

Como su propio nombre indica, el intercambio de energía entre los agentes se celebra el día anterior al de la entrega de la energía. En este mercado los productores de electricidad ofertan la cantidad de energía que ellos están dispuestos a generar al día siguiente y el precio al que están dispuestos a hacerlo. Por su parte las comercializadoras y los consumidores directos comunican la cantidad de electricidad que quieran y a los precios a los que estarían dispuestos a comprarla. Este intercambio se realiza para cada una de las 24 horas del día siguiente.

A las 12:00 el operador del mercado ya tiene todas las ofertas de venta y de compra, por lo que pasa a ordenarlas en dos curvas: la curva de oferta agregada (donde están ordenadas todas las ofertas de forma ascendente) y la curva de la demanda agregada (donde están ordenadas todas las ofertas de compra de manera descendente). El punto donde se cruzan las dos curvas indica el precio de casación. Los tramos de las curvas que están a la



izquierda de dicho punto son los tramos que han casado y nos indican el volumen de electricidad que debe producirse para cada hora.

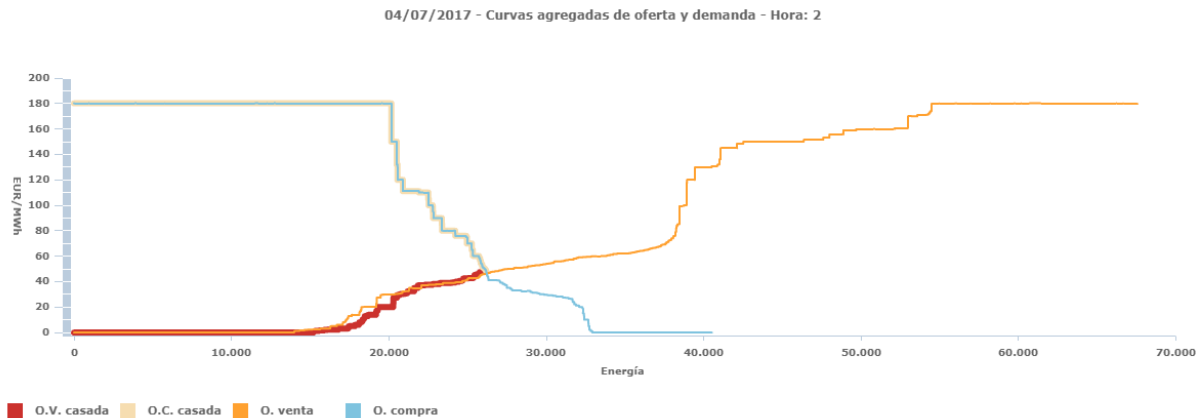


Ilustración 3: Curvas agregadas de oferta y demanda.

Fuente: www.omie.es

Debe señalarse que, en España, al ser un mercado de tipo marginalista, el precio que finalmente se les paga a los productores es el precio de casación, independientemente de que estos realizaran sus ofertas a un precio menor o de que los compradores ofrecieran un precio mayor.

Algunas tecnologías, por asegurarse la casación, que resultan inflexibles como la nuclear, o las centrales de generación renovable, suelen ofertar su energía a precio 0, siendo otro tipo de energías las que oferten a precios mayores, aunque al final todas ellas, independientemente del tipo de tecnología que utilicen, tendrán asignado el mismo precio marginal de casación.



En general, los generadores, por intentar asegurar sus centrales como productoras, ofrecen su energía al precio más bajo posible, lo cual hace de este sistema un incentivo para que el precio de la electricidad se vea reducido.

3.1.2.1.3 *Mercado intradiario [15]*

Por último, ya dentro de las 24 horas anteriores al momento de generación y consumo, los agentes pueden ajustar sus posiciones contractuales comprando y vendiendo energía en los mercados intradiario, también gestionados por el OMIE.

Este mercado está compuesto por 6 sesiones, en cada una de las cuales, los participantes, y solamente los participantes del mercado diario, pueden hacer ofertas de venta o de compra con independencia de si son productores o compradores.

En cada una de estas sesiones se establecerá un precio de casación y una cantidad de energía a generar, de tal forma que el resultado final se alcanzará sumando el resultado del mercado diario y los obtenidos en las diferentes sesiones del mercado intradiario.

3.1.2.2 Mercado minorista [16]

Este mercado, es aquel en el que participan las empresas comercializadoras en régimen de competencia, que venderán la energía eléctrica directamente a los consumidores finales, ya sean hogares, pymes o grandes empresas.

Como ya se ha explicado en el punto anterior, estas empresas compran la energía en el mercado, ya sea diario, a plazo o intradiario, en base a estimaciones de consumos previstos



por parte de los clientes. Los precios de esta adquisición diferenciarán a una comercializadora de su competencia, ya que el pago de los peajes de acceso, cobrado por las distribuidoras se encuentra totalmente regulado por la Administración, realizándose en las mismas condiciones para todas ellas.

Las empresas comercializadoras elaboran ofertas para sus clientes, y se las hacen llegar a través de su estructura de canales de atención y venta. Una vez que la oferta es aceptada por el cliente, se pasa al proceso de contratación del suministro eléctrico. Después, en base a las lecturas mensuales o bimestrales de los equipos de medida instalados, efectuará la facturación en las condiciones pactadas entre las partes.

Además de la adquisición de energía, las empresas comercializadoras realizan varios procesos en su relación con los clientes, como el seguimiento de las gestiones por alta y baja de la actividad, y se posiciona como un intermediario entre el cliente final y la distribuidora correspondiente, llevando a cabo los trámites necesarios.

Por otra parte, aplicará un servicio de atención al consumidor de calidad, proporcionando información de manera clara y transparente y comunicando en todo momento a sus clientes acerca del origen de la energía suministrada, los impactos ambientales de las distintas fuentes de energía y la proporción utilizada entre ellas.

En este tipo de mercado existen dos opciones para el consumidor: tener un contrato con una comercializadora de libre mercado, o con una comercializadora de referencia.

En el primero de los casos, el precio que pague el cliente será el pactado con la comercializadora, que, en la mayoría de los casos, es un precio fijo que se mantiene durante el periodo de un año. Para establecer estos precios, la comercializadora deberá prever los costes de compra en el mercado, y con ello percibir un cierto margen de beneficio.



Por otro lado, las comercializadoras de referencia suministran a los consumidores que tengan una potencia contratada menor de 10kW y tengan así derecho al precio voluntario para el pequeño consumidor (PVPC), que sustituye a la anterior Tarifa de Último Recurso (TUR).

Es un precio calculado por REE que se determina en función del precio horario de los mercados diario e intradiario durante el período al que corresponda la facturación, considerando los valores horarios de consumo para suministros con telemedida.

En el caso de los consumidores acogidos al precio voluntario para el pequeño consumidor, el comercializador de referencia realiza la facturación habitualmente de forma bimestral, en base a las lecturas bimestrales de los equipos de medida instalados.

Además, las comercializadoras de último recurso se encargan de los consumidores conocidos como “vulnerables”, acogidos al bono social y de los consumidores que no cumplen los requisitos para la aplicación de PVPC, pero no disponen de forma transitoria de un contrato en vigor con una comercializadora de mercado libre.

3.1.3 Clasificación de tarifas eléctricas [17]

Cada tarifa ofrecida por una compañía comercializadora de luz tiene asociada una tarifa de acceso, también conocidas como tarifas ATR (acceso de terceros a la red), que vienen clasificadas según:

- Tensión
- Potencia Contratada
- Periodos de discriminación horaria



Las tarifas de acceso para baja tensión y su correspondiente potencia, son las siguientes:

- 2.0A: Baja tensión, potencias menores a 10 kW y sin discriminación horaria
- 2.0DHA: Baja tensión, potencias menores a 10 kW y dos periodos de discriminación horaria
- 2.0DHS: Baja tensión, potencias menores a 10 kW y sin discriminación horaria
- 2.1A: Baja tensión, potencias entre 10 kW y 15 kW y sin discriminación horaria
- 2.1DHA: Baja tensión, potencias entre 10 kW y 15 kW y dos periodos de discriminación horaria
- 2.1DHS: Baja tensión, potencias entre 10 kW y 15 kW y tres periodos de discriminación horaria
- 3.0A: Baja tensión, potencias superiores a 15 kW y tres periodos de discriminación horaria

Las tarifas de acceso para media y alta tensión y su correspondiente potencia, son las siguientes:

- 3.1A: Media tensión ($1 \text{ kV} < T \leq 36 \text{ kV}$), potencias inferiores a 450 kW y tres periodos de discriminación horaria
- 6.1: Media tensión ($1 \text{ kV} < T \leq 36 \text{ kV}$), potencias con algún tramo superior a 450 kW y seis periodos de discriminación horaria
- 6.2: Media-alta tensión ($36 \text{ kV} < T \leq 72,5 \text{ kV}$), potencias con algún tramo superior a 450 kW y seis periodos de discriminación horaria
- 6.3: alta tensión ($72,5 \text{ kV} < T \leq 145 \text{ kV}$), potencias con algún tramo superior a 450 kW y seis periodos de discriminación horaria
- 6.4: alta tensión ($T > 145 \text{ kV}$), potencias con algún tramo superior a 450 kW y seis periodos de discriminación horaria
- 6.5: Tarifa de alta tensión para conexiones internacionales



3.1.4 Discriminación horaria

Los periodos tarifarios para cada una de las modalidades de tarifa establecidas son los definidos por la normativa vigente en cada momento. Actualmente sería la siguiente [18]:

- Real Decreto 1164/2001 del 26 de octubre
- Orden ITC 2794/2007 del 27 septiembre
- Orden ITC 3801/2008 del 26 de diciembre

En todas las tarifas de acceso, tanto para baja como para media y alta tensión, los componentes del precio son mayores en el periodo 1 y más bajos en los periodos 5 y 6 cuando hablamos de una tarifa de alta tensión, o periodos valle si trabajamos en baja tensión. Esto sucede porque los periodos tarifarios determinan los pagos por capacidad y los coeficientes de pérdidas de aplicación a los consumos.

Es por esto que resulta de gran importancia conocer la distribución de los consumos en los diferentes periodos tarifarios, y si fuese posible, trasladar parte de la demanda a periodos cuyos precios minimicen los costes.



Los periodos de aplicación a la tarifa de último recurso (TUR) con discriminación, así como a las tarifas de acceso: 2.0DHA y 2.1DHA son los siguientes en función de la hora del día y la estación eléctrica.

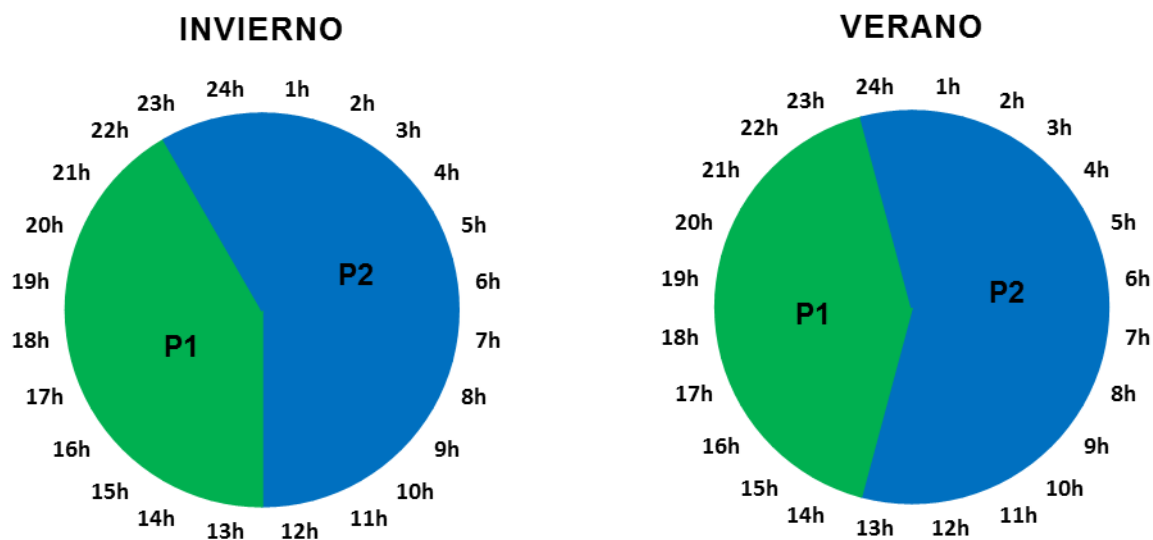


Ilustración 4: Periodos tarifarios para discriminación de dos periodos. Elaboración propia.

Fuente: Real Decreto 1164/2001

Los periodos de aplicación en la península, a la tarifa de acceso 3.0A, con discriminación horaria de tres periodos (Punta, Llano y Valle) en baja tensión, son los mostrados en la “Ilustración 5”, en función de la hora del día y la estación eléctrica.

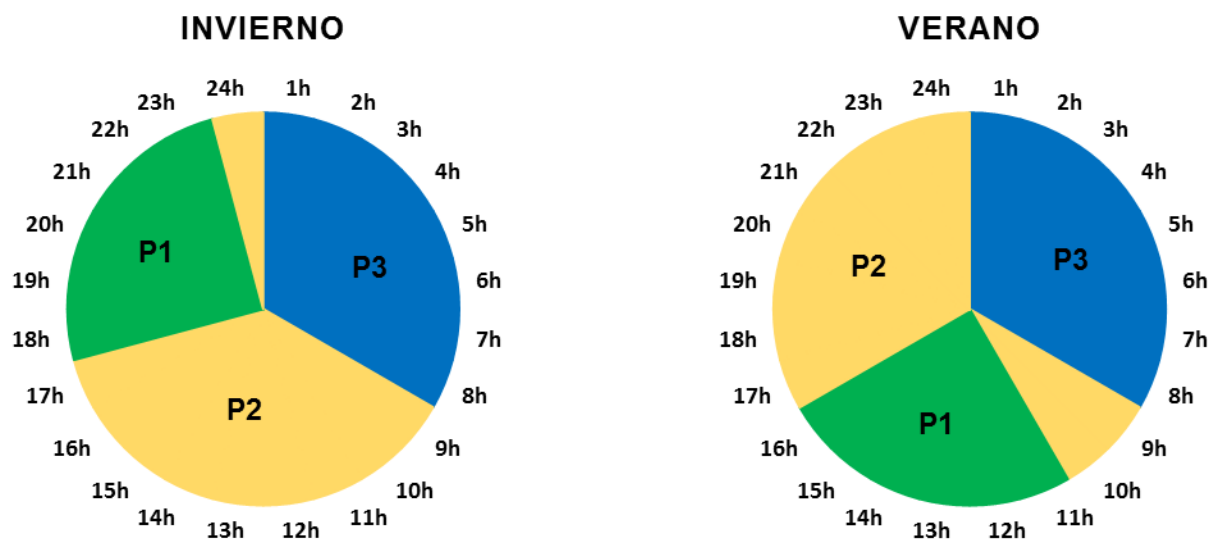


Ilustración 5: Periodos tarifarios para discriminación de tres periodos en baja tensión. Elaboración propia.

Fuente: Orden ITC 3801/2008

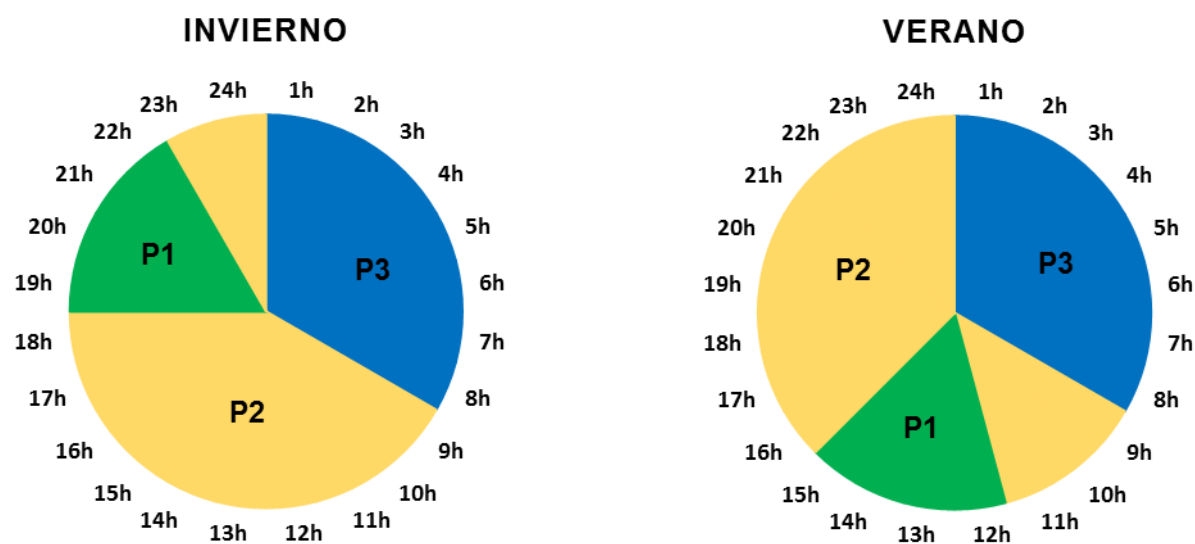


Ilustración 6: Periodos tarifarios para discriminación de tres periodos en media tensión. Elaboración propia.

Fuente: Orden ITC 3801/2008



Los periodos de aplicación a la tarifa de acceso 3.1A con discriminación horaria de tres periodos (Punta, Llano y Valle) en alta tensión, para el ámbito peninsular, se muestran en la Ilustración 6, a excepción de los días festivos o fines de semana, en los cuales se aplicará periodo valle desde las 0h hasta las 18h, y periodo llano el resto del día.

Por último, los periodos de aplicación a las tarifas de acceso de alta tensión 6.1, 6.2, 6.3, 6.4 y 6.5, con discriminación horaria de seis periodos (P1, P2, P3, P4, P5 y P6), para el territorio peninsular, son aquellas representadas en la ilustración 4. Estos dependen de la hora del día y del mes del año (para el mes de junio también se diferencia la quincena).

Los sábados, domingos y festivos de ámbito nacional [19] se considerará P6 en todas las horas del día.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio		Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
						1ª quincena	2ª quincena						
1h	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
2h	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
3h	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4h	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
5h	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
6h	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7h	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
8h	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
9h	2	2	4	5	5	4	2	2	6	4	5	4	2
10h	2	2	4	5	5	3	2	2	6	3	5	4	2
11h	1	1	4	5	5	3	2	2	6	3	5	4	1
12h	1	1	4	5	5	3	1	1	6	3	5	4	1
13h	1	1	4	5	5	3	1	1	6	3	5	4	1
14h	2	2	4	5	5	3	1	1	6	3	5	4	2
15h	2	2	4	5	5	3	1	1	6	3	5	4	2
16h	2	2	4	5	5	4	1	1	6	4	5	4	2
17h	2	2	3	5	5	4	1	1	6	4	5	3	2
18h	2	2	3	5	5	4	1	1	6	4	5	3	2
19h	1	1	3	5	5	4	1	1	6	4	5	3	1
20h	1	1	3	5	5	4	2	2	6	4	5	3	1
21h	1	1	3	5	5	4	2	2	6	4	5	3	1
22h	2	2	3	5	5	4	2	2	6	4	5	3	2
23h	2	2	4	5	5	4	2	2	6	4	5	4	2
24h	2	2	4	5	5	4	2	2	6	4	5	4	2

Ilustración 5: Periodos tarifarios para discriminación de seis periodos en alta tensión. Elaboración propia.

Fuente: Orden ITC/2794/2007

3.1.5 Energía reactiva [20] [21] [22] [23] [24]

La energía eléctrica recibida y consumida diariamente en las instalaciones, tanto domesticas como industriales, se puede dividir en función de su utilidad en dos tipos: energía activa y energía reactiva.

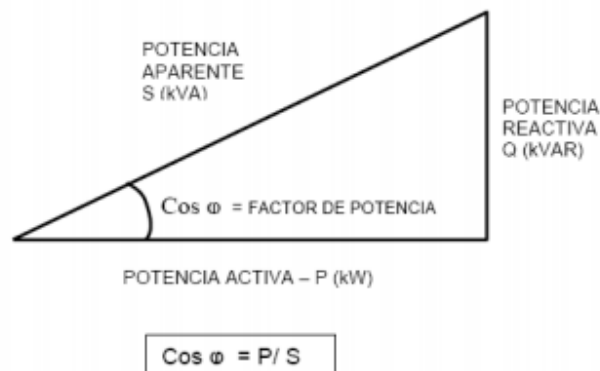


Ilustración 6: Representación del triángulo de potencias. <http://www.aparejadoresmadrid.este:>

La energía activa, se mide en kWh, y es aquella que proporciona el trabajo útil al receptor conectado a la instalación, es la energía eléctrica que se transforma en trabajo mecánico o calor.

En cambio, la energía reactiva, medida en kVARh, es aquella no proporciona ningún trabajo útil para el sistema, y necesitará ser neutralizada para que la red de transporte funcione correctamente. Es disipada por cargas reactivas y aparece, por lo tanto, en instalaciones que contienen bobinas o condensadores, que transformen la energía en campos electromagnéticos, de manera que se crea un desfase que devuelve a la red en forma de energía sin rendimiento útil. Sin embargo, en cargas inductivas, se consume este tipo de energía, ya que los circuitos la requieren para funcionar correctamente.



3.1.5.1 Factor de potencia

En el triángulo de potencias de la Ilustración 1, el ángulo que se aprecia entre la potencia aparente y la potencia activa se denomina “factor de potencia” (FDP) para el conjunto de una instalación conectada a la red.

Cuanto mayor es el valor de potencia reactiva, mayor es este ángulo y menos eficiente será el equipo, o instalación al que le corresponda, a la hora de convertir este consumo en potencia útil, como luz, calor o movimiento mecánico. En teoría, si el factor de potencia toma el valor unidad, significa que de toda la energía que la instalación está demandando, un 100% de ella es energía útil. En práctica, es difícil alcanzar este valor, pero se intenta aproximar todo lo posible, para aumentar la eficiencia eléctrica de la instalación.

Concretamente, el factor de potencia, indica cuál es el retraso o desfase que produce la carga inductiva en la onda sinusoidal generada por la intensidad de la corriente con respecto a la sinusoide de la tensión o voltaje.

Un factor de potencia adelantado significa que la corriente se adelanta con respecto a la tensión, lo que implica carga capacitiva, por el contrario, un factor de potencia atrasado significa que la corriente se retrasa con respecto a la tensión, lo que implica carga inductiva.

3.1.5.2 Penalización por consumo de energía reactiva

Actualmente, las empresas comercializadoras, de acuerdo con el RD 1164/2001, de 26 de octubre, incluyen en la factura un concepto generalmente conocido como “Penalización por



energía reactiva”. Este concepto incrementa o no el importe facturado en función de la cantidad consumida y la potencia contratada por la instalación, de acuerdo con:

- Potencias menores de 15 kW: se factura únicamente si la energía reactiva supera el 50% del consumo de energía activa consumida en ese periodo.
- Potencias mayores de 15 kW: se factura el exceso de energía reactiva cuando éste supera el 33% de la energía activa consumida en ese periodo. Con excepción del último periodo horario (P3 para tarifas de 3 periodos y P6 para tarifas de alta tensión).

Para calcular el importe que supone esta penalización, se calculará el exceso de energía reactiva como la diferencia entre la energía activa consumida y la energía reactiva consumida total y el 50% o 33% según corresponda, de la energía activa consumida. Por otro lado, el Término de facturación de energía reactiva viene definido en la Orden ITC/688/2011, de 30 de junio, en función del Factor de potencia de la instalación, normalmente expresado como $\cos\phi$.

- Si el $\cos\phi$ es mayor de 0,95, no se factura ningún coste.
- Si el $\cos\phi$ está entre 0,95 y 0,80, el coste será 0,041554 €/kVarh
- Si el $\cos\phi$ es inferior a 0,80, el coste será 0,62332 €/kVarh

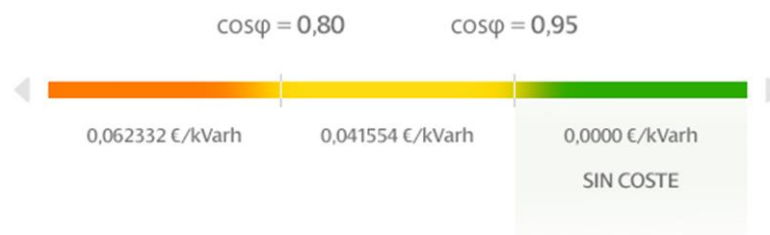


Ilustración 7: Término de facturación de energía reactiva en función del $\cos\phi$
www.iippssaa.es



3.1.5.3 Compensación de energía reactiva

Si se da el caso de al factor de potencia de nuestra instalación le corresponde un cargo por consumo en exceso de energía reactiva, esta puede ser compensada mejorando el factor de potencia hasta llegar a un valor mínimo de 0.95 para eliminar por completo esta penalización. Para ello, lo más habitual es la instalación de baterías de condensadores.

Las baterías de condensadores son unos equipos que, por su naturaleza capacitiva, permiten reducir la demanda de energía reactiva de la red, inyectando la cantidad de energía capacitiva (contraria a la inductiva creada) necesaria en cada momento.

3.1.5.4 Ventajas de la compensación

- Aumenta la capacidad de las líneas y transformadores instalados: estos están diseñados para una potencia aparente máxima, por tanto, para una misma potencia activa, los transformadores estarían más cargados que si no hubiese potencia reactiva.
- Mejora la tensión de la red: con el consumo de energía reactiva, al aumentar la intensidad aumentan las caídas de tensión, pudiendo perjudicar sus procesos o equipos.
- Disminuyen las pérdidas de energía en los cables y disminuye su calentamiento: a mayor intensidad mayor pérdida por efecto joule y mayor calentamiento del cableado, además de recargar los transformadores
- Consigue una reducción en el coste global de la energía eliminando las penalizaciones en la factura eléctrica



3.1.6 Excesos de potencia [20] [21]

Todas las tarifas de acceso se componen por un lado de un término de potencia facturada, y por otro de un término de energía facturada, de acuerdo con el Real Decreto 1164/2001, además de otros posibles conceptos, como energía reactiva facturada.

Para cada uno de los períodos tarifarios aplicables a las tarifas se contratará una potencia, aplicable durante todo el año, o hasta que se produzca un cambio de potencia aceptado por la empresa distribuidora. El término de facturación de potencia será el sumatorio resultante de multiplicar la potencia a facturar en cada uno de estos periodos, por el término de potencia correspondiente (precio de potencia, normalmente coincidente con los peajes de acceso a pagar a la empresa distribuidora).

$$FP = \sum_{i=1}^{i=3} t_{pi} * P_{fi}$$

Siendo:

t_{pi} = precio anual del término de potencia del periodo tarifario i

P_{fi} = potencia a facturar en el periodo tarifario (kW)

Para el cálculo de la potencia a facturar, hay que diferenciar entre las tarifas con discriminación de tres periodos y las tarifas de alta tensión con discriminación de seis periodos. En el resto de tarifas, la potencia facturada coincide con los valores de potencias contratadas.



En las tarifas 3.0A y 3.1A el control de la potencia demandada se realizará mediante la instalación de los correspondientes aparatos de medida que registrarán la potencia cuarto-horaria máxima demandada en cada período tarifario, punta, llano o valle del período de facturación. La potencia facturada se calculará en cada período de facturación y cada período tarifario se calculará de la forma que se establece a continuación, en función del valor que registra el máxímetro [35]:

- Menor que el 85% de la potencia contratada: Se facturará como mínimo el 85% de la potencia contratada.
- Entre el 85% y el 105% de la potencia contratada: Se facturará el valor que registre el máxímetro.
- Superior al 105% de la potencia contratada: Se facturará el valor que registre el máxímetro más el doble de la diferencia entre este valor y el 105% de la potencia contratada.

En el caso de las tarifas de 6 periodos, el control de la potencia demandada se realizará por medio de las mediciones cuarto-horarias de los equipos de medida.

La potencia facturada en cada período tarifario será la potencia contratada. En el caso de que la potencia demandada sobrepase en cualquier período horario la potencia contratada en el mismo, se procederá, además, a la facturación de todos y cada uno de los excesos registrados en cada período, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$Fep = \sum_{i=1}^{i=6} Ki * 1,4064 \frac{\text{€}}{\text{kW}} * Aei$$



Donde:

Ki = coeficiente que tomará los siguientes valores dependiendo del período tarifario i:

Periodo	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Ki	1	0,5	0,37	0,37	0,37	0,17

Aei = se calculará de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$Aei = \sqrt{\sum_{j=l}^{j=n} (Pdj - Pci)^2}$$

Donde:

Pdj = potencia demandada en cada uno de los cuartos de hora del período i en que se haya sobrepasado Pci.

Pci = potencia contratada en el período i en el período considerado.

3.1.7 Alquiler de equipos [26] [27]

El contador o los equipos de medida son aparatos que sirven para medir el consumo de energía. Normalmente son propiedad de la empresa distribuidora correspondiente, que se encarga del mantenimiento y sustitución en caso de avería, y se aplica por ello en la factura un importe de alquiler de los mismos.

Cada punto de suministro ha de tener un contador para que la empresa comercializadora pueda facturar al titular del contrato la electricidad consumida durante un periodo de tiempo



que vendrá definido en la factura, aunque finalmente va destinado a la empresa distribuidora.

Salvo que el cliente haya adquirido el equipo en propiedad los valores a facturar serán los establecidos por el Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital.

Tabla 1: Valores del alquiler de equipos. Fuente: Orden ITC/3860/2007, de 28 de diciembre

Tipo de contador	Precio €/mes
Contador simple tarifa sin posibilidad de telegestión	
Monofásicos Tarifa 1.0	0,47
Monofásicos Resto	0,54
Trifásicos o doble monofásicos	1,53
Contadores con discriminación horaria sin posibilidad de telegestión	
Monofásicos (doble tarifa)	1,11
Trifásicos o doble monofásicos (doble tarifa)	2,22
Trifásicos o doble monofásicos (triple tarifa)	2,79
Contadores electrónicos monofásicos con discriminación horaria y con posibilidad de telegestión para consumidores domésticos	0,81
Contadores electrónicos trifásicos con discriminación horaria y con posibilidad de telegestión	1,36



Para el resto de aparatos y equipos auxiliares de medida y control, el canon de alquiler se determinará aplicando una tasa del 1,125 por 100 mensual al precio medio de los mismos, considerando no solo el precio del propio equipo sino también los costes asociados a su instalación y verificación, así como a la operación y el mantenimiento, siendo este porcentaje aplicable igualmente a los equipos de medida para consumidores cualificados y otros agentes del mercado.

3.1.8 Gestión de contadores con telemedida

Actualmente, se pueden encontrar decenas de opciones en el mercado de software de telemedida y gestión de contadores, con el fin de controlar los consumos y la producción, principalmente destinados a las grandes industrias, y traducirse así esta intervención en un ahorro en la factura eléctrica.

Dentro de la variedad existente destacan los programas como el software “Tarsys”, para entorno Windows, las plataformas web, como la herramienta de telemedida creada por la empresa Monsol, o las aplicaciones disponibles para dispositivos móviles o tabletas, como la app “Tu oficina online” desarrollada por la empresa Viesgo.

A continuación, se presentan estas tres opciones, por considerarse las más representativas en el mercado actual.



3.1.8.1 Tarsys [28] [29] [30]

El sistema Tarsys es la solución de la empresa Landis+Gyr para la telegestión en el segmento industrial y comercial español.

Tarsys Lite es una aplicación para entorno Windows, desarrollado por Landis & Gyr, S.A.U. que permite abordar la telemedida de la energía eléctrica de uno o varios puntos de medida, de forma óptima.

Este software da respuesta a la necesidad de información de energía eléctrica producida o generada (es la herramienta idónea para que los auto-productores puedan supervisar la energía eléctrica que generan) en puntos de medida.

Las herramientas de adquisición y procesado de los datos de medida facilitan a la industria la gestión y la previsión de sus consumos energéticos. La empresa, por lo tanto, puede medir a distancia la energía. La información así adquirida puede servir de base para realizar servicios de mantenimiento o consultoría energética.

Tarsys Lite permite almacenar la base de datos en una unidad de disco de un equipo diferente al de instalación de la aplicación, siempre que se trate de una unidad de red con acceso desde el sistema operativo Microsoft. El directorio (path) de ubicación de datos es configurable, lo que permite salvaguardar la información en un servidor de datos seguro.

El sistema Tarsys permite la automatización de procesos, tanto de adquisición de datos de los equipos remotos, como de generación de facturas, informes, listados, así como su exportación a distintos formatos (texto, Excel, Access y Html) y su envío a direcciones de correo electrónico y servidores FTP.

La operación de Tarsys Lite está basada en pestañas, barras de herramienta y ventanas desplegadas controladas por ratón. El programa dispone de una barra de herramientas



principal formada por pestañas desde la que se accede a las distintas funcionalidades: Medida, Tarifa, Parámetros, Informes, Grupos, Eventos, Importación/Exportación y Utilidades. Bajo la pestaña de Medida, Tarsys Lite permite definir los parámetros de Comunicaciones y Unidades Remotas, adquirir de forma manual datos de remotas y consultar datos de curva de carga, cierres o valores tarifados y eventos de contador.

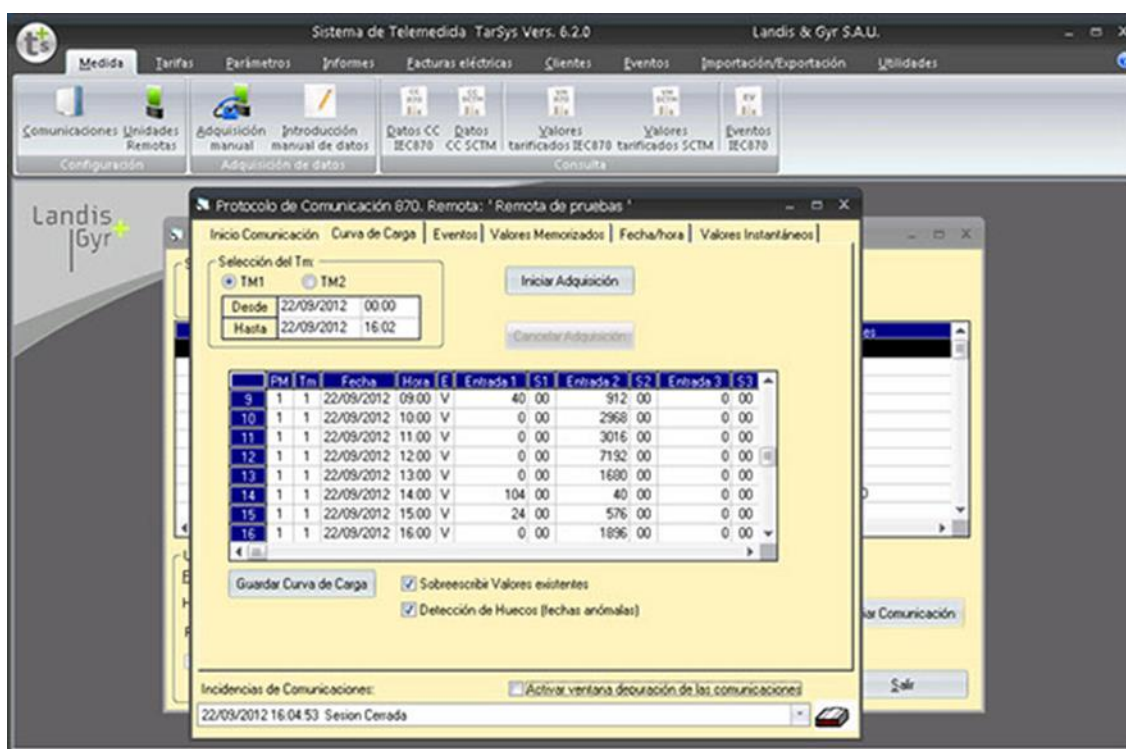


Ilustración 8: Entorno del programa Tarsys para Windows. Fuente: www.prodemel.es



3.1.8.2 Plataforma web Monsol [31]

Monsol ha creado una plataforma web de Telemedida de Contadores para el control de la producción a través de la lectura de los contadores.

Esta plataforma realiza de forma automática la descarga de los datos (curva de carga del contador) a través de llamadas al módem (o conexión a Internet) existente o a instalando un hardware específico el cual interroga al contador en modo local (Telemedida en Tiempo Real [TTR]). La plataforma de Telemedida de Contadores es compatible con contadores de varios países.

La plataforma de Telemedida de Contadores está diseñada tanto para el control de producciones y consumos. Es válida para la gestión de contadores de autoconsumo, así como para el análisis de las producciones gracias a los módulos de Alarmas y Estadísticas que implementa, detectando de forma fácil e intuitiva desvíos en la producción/consumo, así como paradas o pérdidas de producción para contar con un control exhaustivo de sus instalaciones.

3.1.8.3 Aplicación de Viesgo [32] [33] [34]

Esta empresa comercializadora efectuó en el año 2016 el lanzamiento de una aplicación móvil (también disponible en plataforma web), disponible de forma gratuita para todos aquellos clientes que disfruten de un contador inteligente telegestionado.

Esta plataforma permite a sus consumidores acceder, descargar sus facturas, realizar solicitudes de cambio de potencia y contratar nuevos servicios, todo de forma online y en tiempo real.



Además de contar con la posibilidad de realizar todos estos trámites con la comercializadora, el mayor de los atractivos de esta aplicación la traducción del consumo de kilovatios por hora (kW/h) a euros (de modo que el usuario puede conocer día a día el importe fijo y variable de su siguiente factura); y la posibilidad de desglosar el gasto energético por horas, días o semanas, todo ello con un alto grado de detalle y claridad.

Los clientes pueden visualizar tanto sus datos actuales de consumos como el histórico desde la fecha de activación del suministro. Esta información se desglosa en diferentes periodos, para los clientes con discriminación horaria contratada, permitiendo conocer las puntas de consumo y contribuyendo a una mejor gestión del gasto y un consumo más eficiente por parte del propio cliente.

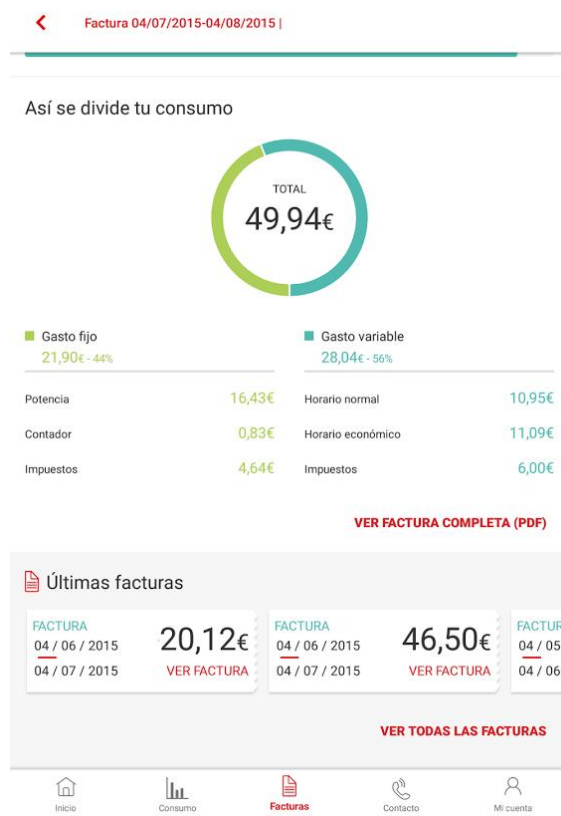


Ilustración 9: App "Mi oficina Online" para smartphone de Viesgo. Fuente: Google Play



3.1.9 Impuesto eléctrico [35] [36] [37] [38]

El impuesto sobre la electricidad, introducido en el ámbito de los “impuestos especiales”, se aplica con el objetivo de garantizar un consumo responsable de los recursos limitados disponibles en el medio natural y unas buenas condiciones medioambientales.

Inicialmente este concepto fue creado para recaudar el importe correspondiente al antiguo recargo que se destinaba a la minería del carbón, que representaba el 4,864% del importe facturado (sin IVA). Sin embargo, hoy en día se utiliza dentro de los fondos públicos, y va destinado a otros sectores.

Este impuesto, cobrado por la comercializadora y remitido al gobierno, se aplica a todos los consumidores que tengan dado de alta un suministro de electricidad, independientemente de si realizan o no consumo.

La tasa gravará sobre la potencia eléctrica contratada y sobre el término de energía, es decir, no se impone sobre otros servicios eléctricos que pueda contratar el cliente y tampoco sobre el importe correspondiente al alquiler del contador eléctrico.

3.1.9.1 Exenciones [39]

De acuerdo con la Ley 28/2014, de 27 de noviembre, se establece que ciertos clientes pueden disfrutar de una reducción del 85% de la Base Imponible, siempre que destinen los usos de la electricidad a alguno de los siguientes fines:

- Reducción química y procesos electrolíticos.
- Procesos mineralógicos.
- Procesos metalúrgicos.



- Actividades industriales cuya electricidad consumida represente más del 50 por ciento del coste de un producto, definido como la suma de las compras totales de bienes y servicios más los costes de mano de obra más el consumo del capital fijo.
- Riegos agrícolas.
- Actividades industriales cuyas compras o consumo de electricidad representen al menos el 5 por ciento del valor de la producción.

Además, establece que estará exenta:

- La energía eléctrica suministrada en el marco de las relaciones diplomáticas o consulares.
- La energía eléctrica suministrada a organizaciones internacionales reconocidas como tales en España y por los miembros de dichas organizaciones, dentro de los límites y en las condiciones que se determinen en los convenios internacionales constitutivos de dichas organizaciones o en los acuerdos de sede.
- La energía eléctrica suministrada a las fuerzas armadas de cualquier Estado, distinto de España, que sea parte del Tratado del Atlántico Norte o por el personal civil a su servicio, o en sus comedores y cantinas.
- La energía eléctrica suministrada en el marco de un acuerdo celebrado con países terceros u organizaciones internacionales, siempre que dicho acuerdo se admita o autorice en materia de exención del Impuesto sobre el Valor Añadido.
- La energía eléctrica consumida por los titulares de las instalaciones de producción de energía eléctrica acogidas al régimen retributivo específico conforme a la legislación sectorial.
- La energía eléctrica suministrada que haya sido generada por pilas de combustibles.



- La energía eléctrica consumida en las instalaciones de producción, transporte y distribución de energía eléctrica para la realización exclusiva de estas actividades.

Los beneficiarios de las exenciones y deberán solicitar la inscripción en el registro territorial de Oficina Gestora de Impuestos Especiales de la Agencia Estatal de Administración Tributaria, que facilitará una Tarjeta de Inscripción en la que constará para cada instalación, el CUPS, el código CIE y el porcentaje de electricidad con beneficio fiscal.



3.2 ANÁLISIS CIENTÍFICO

A la hora de desarrollar un estudio, resulta de gran utilidad la realización de un análisis científico del estado del arte. Para ello, se analizarán diferentes documentos de investigación publicados a lo largo de los años, que estudien o guarden relación con la materia de este trabajo. De esta manera, los distintos artículos, descritos con posterioridad en este mismo apartado, nos sirven de ayuda para entender el progreso en el sector eléctrico.

Se ha aprovechado la facilidad de las bases de datos online, concretamente las que figuran como “recursos más utilizados” en el portal web de la Biblioteca de la Universidad de Cantabria:

- Scopus
- Web of Science
- Google Académico
- Engineering Village
- Pubmed
- Abi Collection
- IEEE Xplore
- JSTOR
- Dialnet
- CSIC

Tras una primera búsqueda, algunas de estas fuentes de información pueden descartarse, por no arrojar demasiados resultados sobre el campo de estudio. A continuación, se realiza una consulta de manera más exhaustiva en una de ellas:

- Dialnet: Como expresa la página web de la biblioteca, es una base de datos en línea de sumarios de artículos de revistas científicas españolas y latinoamericanas y otros



contenidos. También facilita referencias o acceso a textos completos de tesis doctorales, congresos, libros y artículos de obras colectivas, hasta un total de más de 4,3 millones de documentos en conjunto.

3.2.1 Artículo 1

- **Título original:**

La liberalización del mercado eléctrico

- **Autores:**

Ladislao Martínez López

- **Revista:**

“Papeles de relaciones ecosociales y cambio global”

- **Fecha de publicación:**

2013

- **Resumen:**

El sector eléctrico tiene una relevancia singular. En el Estado español se ha conformado un sector de los más liberalizados de la UE, que merece un estudio detallado. Además, ha sido un sector especialmente opaco y complejo en el que se producen grandes transferencias de rentas que pasan desapercibidas a la práctica totalidad de la población. Las viejas ideas de la izquierda tienen hoy una vigencia absoluta, a pesar de que hayan sido prácticamente abandonadas.

Sigue siendo necesaria la planificación, la fijación de los precios y la presencia de un sector público potente si se quiere asegurar bajo impacto ambiental, innovación técnica, menor dependencia del exterior, calidad y seguridad de suministro y capacidad de respuesta en un entorno muy cambiante.



3.2.2 Artículo 2

- **Título original:**

Gestión energética empresarial una metodología para la reducción de consumo de energía

- **Autores:**

Carlos Alberto Serna Machado

- **Revista:**

“Producción + Limpia” Vol. 5, N.º. 2

- **Fecha de publicación:**

Diciembre 2010

- **Resumen:**

La administración energética empresarial (AEE) es la base para implementar en el ámbito industrial y residencial el uso racional de energía. En este artículo se describen las etapas seguidas para la puesta en marcha de una administración energética empresarial en una empresa del sector industrial. La AEE es una metodología que aplica conceptos básicos de estadística y matemática al entendimiento de los fenómenos de consumo energético en una máquina, línea de producción o proceso general.

En Colombia los empresarios no invierten en este tipo de proyectos por el desconocimiento del alcance de los mismos; además en nuestro mercado energético, aunque es un mercado desregulado y de gran eficiencia en comparación a otros mercados de electricidad a nivel mundial, no existen políticas energéticas claras que definan y que den bases de apoyo a las inversiones de proyectos URE (Uso Racional de Energía).



3.2.3 Artículo 3

- **Título original:**

La factura de la luz se cortocircuita

- **Autores:**

E. Moreno

- **Revista:**

“El siglo de Europa” nº1055

- **Fecha de publicación:**

2014

- **Resumen:**

Si antes era casi necesario un máster para bucear en los entresijos de la factura de la luz, a partir del próximo 1 de junio el asunto se complica mucho más. La entrada en vigor del nuevo sistema que sustituye a la finiquitada subasta eléctrica, aplazado dos meses más por los graves problemas logísticos y de gestión que conlleva, va camino de convertirse en un auténtico caos, del que nadie va a salir satisfecho. Unos, porque temen que afecte a sus cuentas de resultados, y la mayoría por que será casi imposible saber de antemano, ni por aproximación, cuánto pagaremos de luz el siguiente mes. El nuevo sistema de fijación de precios por horas, anunciado por el ministro Soria nace con la radical oposición de Competencia, de las eléctricas y, por supuesto, de las organizaciones de consumidores.



3.2.4 Artículo 4

- **Título original:**

¿Afectan los costes de energía a la competitividad de la industria?

- **Autores:**

Eloy Álvarez Pelegry, Macarena Larrea Basterra, Ana Carmen Díaz Mendoza, Bart Kamp

- **Revista:**

“Economía industrial” nº401

- **Fecha de publicación:**

2016

- **Resumen:**

Este artículo trata de analizar la incidencia de la energía en la competitividad de la industria, valorando también otros parámetros como: la productividad, el coste laboral por asalariado, el coste laboral unitario y el nivel de innovación. El trabajo se refiere también al tamaño empresarial. El objetivo es responder a la pregunta de cómo afectan las diferencias de precios de la energía en la competitividad de las industrias, para lo que analiza los costes energéticos de las industrias intensivas en energía en países que se pueden considerar de referencia como: Alemania, Francia, República Checa, Italia y Reino Unido.



3.2.5 Conclusiones

En este análisis científico se saca una clara conclusión sobre el sector eléctrico en España: la regulación se encuentra en constante cambio. Es por lo que, a pesar de encontrar un gran número de documentos que guardan relación con el tema estudiado, la gran mayoría de ellos no se encuentran totalmente actualizados, pudiendo contener referencias que quedan completamente obsoletas conforme se publican nuevas leyes.



4. METODOLOGÍA



4.	Metodología.....	57
4.1	Gestión de telemedida.....	58
4.1.1	Puntos de suministro analizados	59
4.1.2	Adquisición de curvas de carga	60
4.1.3	Archivos.....	61
4.2	Sistema de seguimiento y previsión.....	64
4.2.1	Herramienta de cálculo.....	64
4.2.1.1	Inputs	65
4.2.1.2	Outputs.....	66
4.2.1.3	Elementos de la hoja de cálculo	68
4.2.2	Automatización mediante VBA	77
4.2.2.1	Archivos de las curvas de carga	78
4.2.2.2	Formulación.....	79
4.2.2.3	Descarga de precios OMIE.....	79
4.2.2.4	Formatos	82
4.2.2.5	Exportación de la previsión de la factura	83
4.3	Otras aplicaciones	84
4.3.1	Optimización de potencias contratadas	84
4.3.2	Simulación unificación de suministros.....	86



4. METODOLOGÍA

Una vez definidos los conceptos necesarios en el apartado anterior, se procede con el análisis del sistema implantado en las diferentes fábricas del Grupo Solvay.

En primer lugar, se detalla la localización de los puntos de suministro analizados, así como la adquisición mensual de la información y los datos necesarios, la cual abarca ciertos conocimientos sobre teledatada.

En segundo lugar, se describe la herramienta de cálculo creada, centrándose en la estructura de esta y especialmente en la automatización del proceso en base a la programación realizada.

Por último, se exponen varias aplicaciones adicionales de la herramienta, cuyo objetivo final es el ahorro económico, como son la optimización de potencias y simulaciones de cambio de tarifa de acceso.

4.1 GESTIÓN DE TELEMEDIDA

El objetivo de este apartado es describir el proceso de la adquisición mensual de datos de consumo. Este proceso, representado en la ilustración inferior consta de varios pasos, resumidos a continuación:

- 1) De forma telemática se realiza una llamada a los contadores que almacenan los registros de consumo de cada suministro
- 2) Estos contadores envían de vuelta esta información en archivos codificados.
- 3) A través de un software se realiza la decodificación de los archivos y se comparten en el servidor.
- 4) En este mismo servidor, al que tienen acceso todos los usuarios necesarios, además, se encuentra la herramienta de estudio.

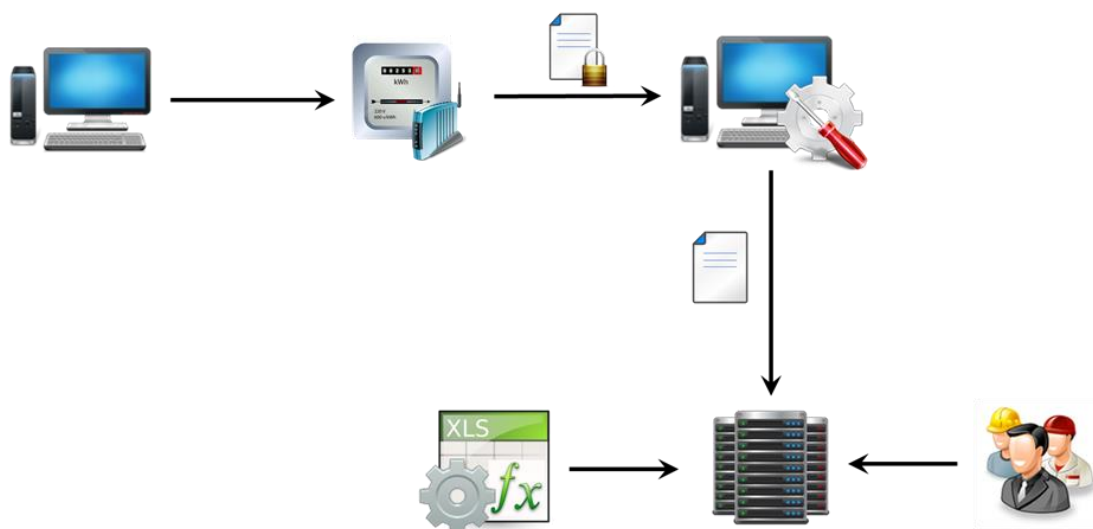


Ilustración 10: Proceso de adquisición de la información mensual de consumos



A continuación se amplía la información requerida en cada uno de estos pasos en los siguientes apartados.

4.1.1 Puntos de suministro analizados

Como ya se ha mencionado a lo largo de este documento, se realiza este estudio para varios puntos de suministro de las fábricas del Grupo Solvay en España, ubicadas en Blanes, Escúzar y Torrelavega. En concreto se realiza un seguimiento de un total de 6 CUPS diferentes.





En Solvay Química, S.L (Torrelavega) se analizan los siguientes puntos de suministro:

- 1 CUPS tarifa 3.1 A
- 1 CUPS tarifa 6.1 A
- 1 CUPS tarifa 6.2 A

En Solvay Solutions España S.L (Blanes) se analiza el siguiente punto de suministro:

- 1 CUPS tarifa 6.1 A

En Solvay Minerales, S.A (Escúzar) se analizan los siguientes puntos de suministro:

- 1 CUPS tarifa 3.1 A
- 1 CUPS tarifa 6.1 A

4.1.2 Adquisición de curvas de carga

El primer requisito para poder realizar el cálculo de la previsión de la factura para un suministro, y hacer un seguimiento de los consumos y su distribución temporal es conocer su curva de carga.

Cuando se trata de la curva de carga horaria, este archivo, incluye las lecturas horarias del contador del punto de suministro que se desee analizar. De igual forma se puede acceder a las lecturas cuarto-horarias, con la curva de carga correspondientes, enfocada para realizar los cálculos de excesos de potencia.

Ambos archivos, se pueden conseguir a través de distribuidora correspondiente al punto de suministro, siempre que el cliente posea, ya sea en propiedad o en alquiler, equipos de teled medida, ya que estas empresas necesitan para su facturación conocer los datos contenidos en ellas.



Sin embargo, la distribuidora no es la única fuente de esta información, sino que el cliente puede acudir a su propio contador, ya sea de manera física o remota, para extraer las curvas de carga de este. Este proceso, se puede llevar a cabo de forma cómoda y práctica para el usuario a través de un ordenador que mantiene conexión de alguna manera con el equipo de medida.

En el caso de estudio, se utiliza la conexión por modem con llamadas GSM una vez al mes, entre la 1 a.m. y las 2 a.m. Se programan hasta cinco llamadas en el ciclo de tareas, en caso de error. Para ello, se utiliza el software descrito anteriormente conocido como “Tarsys Lite”, que permite la conexión remota de cada uno de los seis contadores estudiados con un punto estación de control situado en el departamento eléctrico de la fábrica de Torrelavega. Este sistema realiza la adquisición y el procesado de datos para dar lugar a archivos de fácil manejo por el usuario.

4.1.3 Archivos

Estos archivos mencionados procedentes del programa “Tarsys” con los datos de consumo de los diferentes contadores se comparten en una misma unidad de red, a la cual se tiene acceso desde cualquiera de las tres fábricas implicadas en ello.

La operación de adquisición mensual de los archivos se realiza por parte del departamento eléctrico, también encargado de su intercambio al servidor.

Estos archivos, según la plantilla definida, desglosan la información, tal y como se puede observar en la ilustración 11 (curva de carga cuarto-horaria) o en la ilustración 12 (curva de carga horaria), de la siguiente forma:



Fecha	Ver/Inv	A+	A-	Ri+ (R1)	Rc+ (R2)	Ri- (R3)	Rc- (R4)
01/06/2016 1:00:00	Verano	1577	0	522	0	0	0
01/06/2016 2:00:00	Verano	1578	0	529	0	0	0
01/06/2016 3:00:00	Verano	1580	0	532	0	0	0
01/06/2016 4:00:00	Verano	1589	0	543	0	0	0
01/06/2016 5:00:00	Verano	1588	0	550	0	0	0
01/06/2016 6:00:00	Verano	1578	0	550	0	0	0
01/06/2016 7:00:00	Verano	1581	0	542	0	0	0
01/06/2016 8:00:00	Verano	1571	0	538	0	0	0
01/06/2016 9:00:00	Verano	1560	0	536	0	0	0
01/06/2016 10:00:00	Verano	1558	0	553	0	0	0
01/06/2016 11:00:00	Verano	1570	0	568	0	0	0
01/06/2016 12:00:00	Verano	1571	0	576	0	0	0
01/06/2016 13:00:00	Verano	1567	0	570	0	0	0

Ilustración 11: Extracto de archivo horario exportado por el programa “Tarsys”.

- Columna A: “Fecha”. De acuerdo con el criterio definido por el Protocolo de comunicaciones entre Concentradores y Registradores de medidas, definido por el Operador del Sistema Eléctrico Nacional, esta etiqueta de tiempo corresponde al final del periodo de lectura.
- Columna B: “Verano/Invierno”. Representa el cambio de estación eléctrica, para el cálculo de periodos en las tarifas 3.X. Este cambio coincide con los cambios de hora de marzo y octubre.
- Columna C: “A+”. Magnitudes de energía (potencia) activa entrante (consumida), expresada en kW.
- Columna D: “A -”. Magnitudes de energía (potencia) activa saliente (generada), expresada en kW.
- Columna E: “Ri+ (R1)”. Magnitudes de energía (potencia) reactiva inductiva entrante (cuadrante uno), expresada en kW.



- Columna F: “Ri- (R2)”. Magnitudes de energía (potencia) reactiva inductiva saliente (cuadrante dos), expresada en kW.
- Columna G: “Rc+ (R3)”. Magnitudes de energía (potencia) reactiva capacitiva entrante (cuadrante tres), expresada en kW.
- Columna H: “Rc- (R4)”. Magnitudes de energía (potencia) reactiva capacitiva saliente (cuadrante cuatro), expresada en kW.

Fecha	Ver/Inv	A+	A-	Ri+ (R1)	Ri- (R2)	Rc+ (R3)	Ri+ (R4)
01/06/2016 0:15:00	Verano	1584	0	536	0	0	0
01/06/2016 0:30:00	Verano	1568	0	516	0	0	0
01/06/2016 0:45:00	Verano	1580	0	516	0	0	0
01/06/2016 1:00:00	Verano	1576	0	520	0	0	0
01/06/2016 1:15:00	Verano	1584	0	528	0	0	0
01/06/2016 1:30:00	Verano	1564	0	524	0	0	0
01/06/2016 1:45:00	Verano	1580	0	528	0	0	0
01/06/2016 2:00:00	Verano	1584	0	536	0	0	0
01/06/2016 2:15:00	Verano	1568	0	528	0	0	0
01/06/2016 2:30:00	Verano	1588	0	532	0	0	0
01/06/2016 2:45:00	Verano	1572	0	532	0	0	0
01/06/2016 3:00:00	Verano	1592	0	536	0	0	0

Ilustración 12: Extracto de archivo cuarto horario exportado por el programa “Tarsys”.



4.2 SISTEMA DE SEGUIMIENTO Y PREVISIÓN

4.2.1 Herramienta de cálculo

Una hoja de cálculo es un tipo de documento, que permite manipular datos numéricos y alfanuméricos dispuestos en forma de tablas compuestas por celdas, y lleva incorporada una serie de funciones capaces de realizar cálculos matemáticos, estadísticos, técnicos y financieros.

La celda es la unidad básica de información en la hoja de cálculo, donde se insertan los valores y las fórmulas que realizan los cálculos.

La estructura principal que utiliza este software para almacenar y organizar la información es un área de trabajo en forma de matriz, como si fuera una hoja de papel cuadriculado, formada por un número determinado de filas y columnas, es lo que se llama hoja de cálculo.

En concreto, Microsoft Excel es una aplicación de hojas de cálculo que forma parte del paquete Office de Microsoft y es el software más utilizado en cuanto a hoja de cálculo. Es utilizada en tareas financieras y contables, con fórmulas, gráficos y un lenguaje de programación. En este estudio se ha optado por trabajar con esta opción, por estar la gran mayoría de los usuarios ya familiarizados con su entorno, además de encontrarse instalado en casi todos los equipos informáticos.

4.2.1.1 Inputs

En el caso de este estudio, son necesarias ciertas entradas o *inputs* para una correcta ejecución de la herramienta y llegar así al resultado buscado.

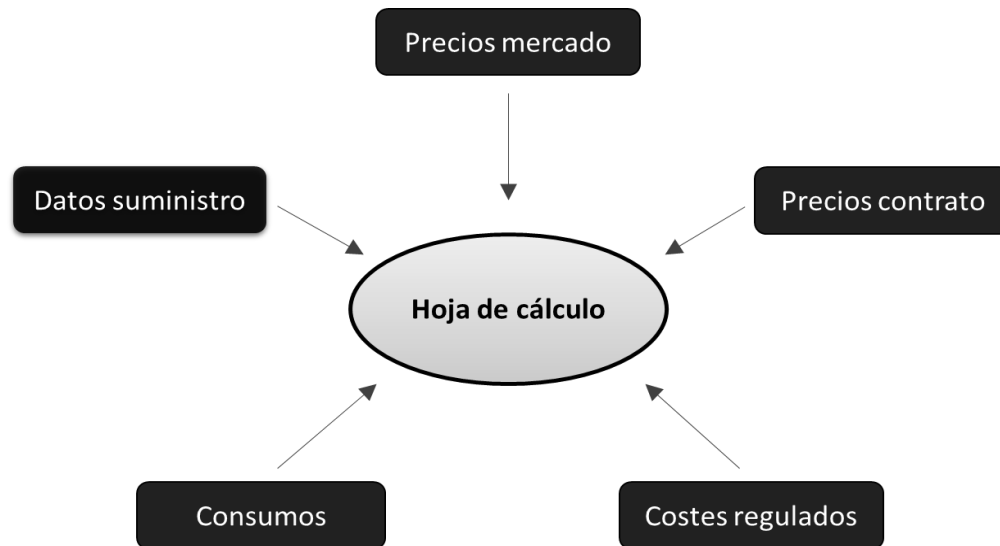


Ilustración 13: Inputs de la hoja de cálculo

- **Datos del suministro:** Para el cálculo de la factura eléctrica de un suministro debe conocerse cierta información sobre este, como las potencias que tiene contratadas en cada periodo tarifario, así como el tipo de tarifa de acceso designada para una correcta facturación. Estos datos serán invariables de un mes a otro, excepto que surja un cambio de tarifa o potencia.
- **Consumos:** Para cada mes correspondiente es imprescindible adquirir los consumos horarios y cuarto horarios del suministro analizado, ya que sin este dato de partida no se puede realizar ninguno de los cálculos.



- **Precios de mercado**: Para el cálculo de las tarifas indexadas al precio horario del mercado diario en España.
- **Precios del contrato**: Es necesario conocer los precios pactados con la comercializadora para la tarifa de acceso correspondiente al suministro analizado, y así realizar el cálculo de los costes de energía consumida.
- **Costes regulados**: Además de los precios de mercado y los precios firmados con la comercializadora, es necesario conocer aquellos costes regulados por el gobierno, que afectan al cálculo de las facturas.

4.2.1.2 Outputs

Como ya se ha mencionado anteriormente en el documento, la salida u *output* de la herramienta es una pseudofactura en formato PDF que representa el total, así como el desglose, de los costes estimados para el mes correspondiente, que será emitida con posterioridad por la comercializadora.

Ambas facturas, contienen la misma información, con el siguiente desglose:

- **Energía activa**: Consumos en kWh y el coste que resulta de aplicar los precios negociados con la comercializadora para el suministro analizado.
- **Término de energía**: Consumos en kWh y el coste que resulta de aplicar los peajes de acceso correspondientes a la tarifa analizada.
- **Potencia contratada**: Potencia en kW contratada para cada suministro, y el coste de aplicar los peajes de acceso correspondiente. Aunque la mayoría de las facturas emitidas por las comercializadoras incluyen en este concepto los costes por excesos de potencia, en las pseudo facturas emitidas por la herramienta de cálculo del estudio, estos excesos se detallan de forma independiente.



- **Excesos de potencia**: coste asociado a los excesos de potencia, calculado de acuerdo con RD 1164/2001. Para las tarifas de alta tensión este concepto podrá no suponer coste alguno o resultar en un importe positivo. Para las tarifas 3.0 y 3.1, los excesos de potencia pueden resultar en una bonificación por mostrarse los máxímetros inferiores a las potencias contratadas, es decir, puede encontrarse un importe negativo para este concepto.
- **Excesos de energía reactiva**: Valor del factor de potencia de la instalación y penalización correspondiente si este se encuentra por debajo de 0.9.
- **Alquiler equipo de medida**: Importe correspondiente al alquiler de equipos de medida y control para el suministro analizado.
- **Impuesto Eléctrico**: Importe resultante de la aplicación del impuesto eléctrico sobre todos los anteriores conceptos, a excepción del alquiler de equipos de medida, sobre el cual no se aplica el IEE.
- **I.V.A.**: Importe resultante de la aplicación del impuesto por el valor añadido sobre todos y cada uno de los anteriores conceptos expuestos.

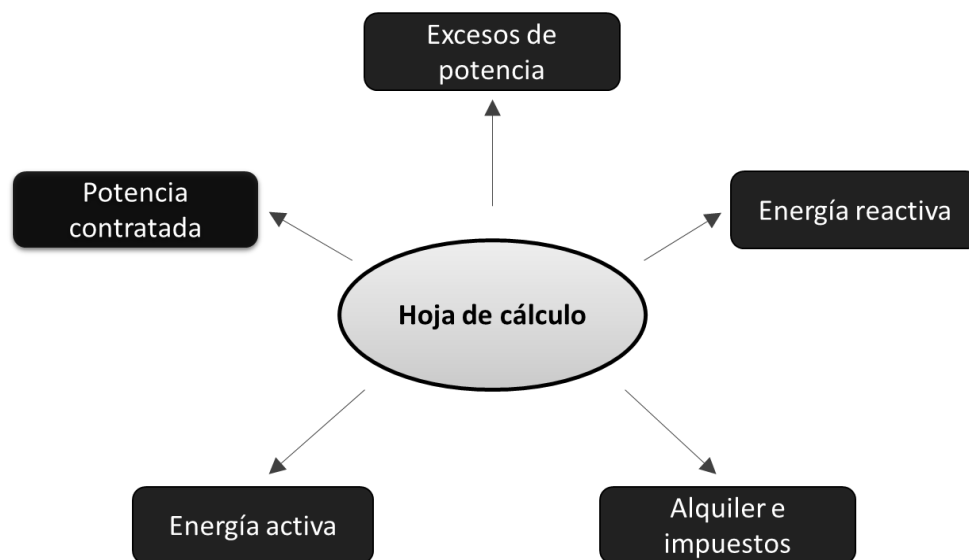
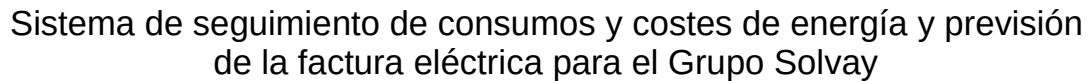


Ilustración 14: Inputs de la hoja de cálculo





Sistema de seguimiento de consumos y costes de energía y previsión de la factura eléctrica para el Grupo Solvay

Además, contiene los costes regulados (como retribuciones al operador del sistema y al operador del mercado, pagos por capacidad, pérdidas, impuestos...etc.), las penalizaciones para el consumo de energía reactiva, los días festivos para el cálculo de periodos tarifarios y los importes de los ATR de energía y los ATR de potencia. Es decir, toda información regulada por el gobierno que afecta al cálculo de la factura de alguna forma.

- **“Contratos”**: en esta pestaña encontramos toda la información referente al contrato entre la empresa comercializadora y el cliente, para cada tipo de tarifa. Es decir, podemos examinar los precios negociados para la energía activa consumida, el tipo de oferta contratada y la fórmula indexada que se aplica en función de los coeficientes desglosados del contrato. Además, se pueden consultar las potencias contratadas y el alquiler de equipos.

CUPS	MWh/año:	ATR:	Potencias contratadas						TIPO DE OFERTA
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	
		6.1							indexada OMIE/OMIP cierre por % consu
PREVISIONES CONSUMO	kWh/periodo:								
		P1	P2	P3	P4	P5	P6		
Coste Materia Prima	EUR/MWh								
Servicios Complementarios, precios fijados BOE									
Garantía de Potencia	EUR/MWh								
Retribución y financiación del Opera	EUR/MWh								
Retribución y financiación del Opera	EUR/MWh								
Servicios Complementarios, precio MERCADO									
Restricciones	EUR/MWh								
Procesos OS	EUR/MWh								
Desvios	EUR/MWh								
Costes Comercializador									
Gestion	EUR/MWh								
C. Financ.	EUR/MWh								
Tasas e Impuestos, excluido IVA									
Impuesto Municipal	%								
Impuesto sobre la Electricidad	%								
K*Pérdidas 6.1	%								
ATR 6.1	EUR/MWh								
a	EUR/MWh								oferta indexada (sin ATR)
b									oferta indexada (sin ATR)
Precios resultantes por periodo	EUR/MWh								en caso de oferta a precio fijo (sin ATR)
Efecto curva (efi)									
a	EUR/MWh								oferta indexada (con ATR)
b									oferta indexada (con ATR)

Ilustración 17: Desglose de contrato en la pestaña "Contratos"



- **“Consumos Horarios”**: en ella quedan recogidos todos los datos de consumo horario importados desde los archivos descargados mediante el programa Tarsys, con acceso desde el contador. Es decir, para cada hora tendremos una lectura de energía activa entrante, energía activa saliente, y energía reactiva en los cuatro cuadrantes (inductiva y capacitiva, saliente y entrante).

Además, se encuentran aquí los periodos tarifarios correspondientes a cada uno de los registros horarios, así como el resultado de la aplicación de la fórmula de contrato.

	A	B	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
1																		
2	1) Importar consumo horario			2) Precios y porcentajes		3) Descargar Omie		4) Copiar Omie		5) Formato		Solvay Solutions España, S.L. (Bienes)						
3																		
4	Fecha	Verfinv	Periodo 1-6	Pomip1	Pomip2	Efecto curva efi	Fórm. omip 1 (EURMwh)	Fórm. omip 2 (EURMwh)	Pomie	Fórm. omie (EURMwh)		A+	A-	Ri+ (R1)	Ri+ (R2)	Ri- (R3)	Ri- (R4)	Factura horaria omie (EUR)
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		

Ilustración 18: Botones de ejecución y encabezados en pestaña “Consumos horarios”

- **“Consumos Cuarto-horarios”**: en ella quedan recogidos todos los datos de consumo cuarto horario importados desde los archivos descargados mediante el programa Tarsys, con acceso desde el contador. Es decir, para cada cuarto de hora tendremos una lectura de energía activa entrante, energía activa saliente, y energía reactiva en los cuatro cuadrantes (inductiva y capacitiva, saliente y entrante).

En este caso, la curva con los registros cuarto-horarios es necesaria para el cálculo de excesos de potencia, con lo que podemos encontrar los valores del exceso para la



aplicación de una media cuadrática, en el caso de alta tensión, por periodos tarifarios (que también se recogen en esta pestaña).

	A	B	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1											
2	1) Importar consumo		2) Formato		Solvay Minerales (Escuzar - mina)						
3											
4	Fecha	Ver/Inv	Periodo 1-6		A+	A-	Ri+ (R1)	Ri- (R2)	Rc+ (R3)	Ri+ (R4)	Excesos pot ² (Kw ²)
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											

Ilustración 19: Botones de ejecución y encabezados en la pestaña "Consumos cuarto horarios"

- “Omie”: en esta pestaña se puede proceder a la descarga mensual de los precios horarios del mercado diario publicados en la web de OMIE (“www.omie.es”). Estos precios son necesarios para el cálculo de la factura en caso de que el tipo de oferta contratada esté indexada al mercado.



	A	B	C	D	E	F	G
1							
2	Fecha	Hora	Precio (€/MW)		Descargar		
3	01/07/2016	1	46				
4	01/07/2016 1:00:00	2	44,7				
5	01/07/2016 2:00:00	3	42,7				
6	01/07/2016 3:00:00	4	41				
7	01/07/2016 4:00:00	5	41				
8	01/07/2016 5:00:00	6	42				
9	01/07/2016 6:00:00	7	44				
10	01/07/2016 7:00:00	8	44,69				
11	01/07/2016 8:00:00	9	44,7				
12	01/07/2016 9:00:00	10	46,83				
13	01/07/2016 10:00:00	11	48				
14	01/07/2016 11:00:00	12	47,79				
15	01/07/2016 12:00:00	13	48,69				
16	01/07/2016 13:00:00	14	48,69				
17	01/07/2016 14:00:00	15	47,54				
18	01/07/2016 15:00:00	16	46,07				
19	01/07/2016 16:00:00	17	41,1				

Ilustración 20: Descarga de omie para el mes de Julio de 2016 en la pestaña "Omie"

- **“Resultados”**: Como resultados podemos encontrar un resumen de los datos agrupados por meses y periodos tarifarios. Estos datos contienen información sobre la energía activa consumida, así como los importes que resulten de traducir estos consumos en kWh a euros, incluyendo el coste en concepto de ATR de energía.
Por otra parte, se realiza un cálculo similar con la energía reactiva consumida, aplicando penalización o no en función del factor de potencia de la instalación para ese mes.



Además, se recogen las potencias contratadas y el porcentaje del factor de utilización de estas en cada periodo y para cada mes del año, así como el importe a pagar en concepto de ATR de potencia.

Por último, se recoge la potencia facturada, así como los excesos de potencia. Una vez tenidos en cuenta estos conceptos se aplicada la suma de alquileres de equipo si los hubiese y las cuantías por impuestos, tanto eléctrico como IVA.

	Periodo	ene-16	feb-16	mar-16	abr-16	may-16	jun-16	jul-16	ago-16	sep-16	oct-16	nov-16	dic-16
Energía activa consumida (kWh)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Energía reactiva consumida (kVArh)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Precio fórmula indexada omie (EUR/MWh)	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Promedio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Precio fórmula indexada omip 1 (EUR/MWh)	1	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0
	Promedio	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0
Precio fórmula indexada omip 2 (EUR/MWh)	1	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0
	Promedio	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0
Precio fijo (EUR/MWh)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ilustración 16: Desglose energía por meses y periodos tarifarios en la pestaña "Resultados"



Sistema de seguimiento de consumos y costes de energía y previsión de la factura eléctrica para el Grupo Solvay

cos ϕ		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Excesos energía reactiva (KVAh)	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Penalización E. Reactiva (EUR)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pot. Máx (KW)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aei (KW)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Excesos de potencia (EUR)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Término potencia ATR (EUR)	Días mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alquiler equipo de medida		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Importe del impuesto eléctrico (EUR)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
% energía con derecho a exención		100%											
Exención del 65% del IE		85%											
Base I.V.A. (EUR)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21%		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL (EUR)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Ilustración 17: Desglose conceptos por meses y periodos tarifarios en la pestaña “Resultados”

- “Reporte PDF”: Aquí encontramos los mismos resultados, recogiendo un único mes, expresados de forma simplificada con un aspecto de factura, exacto al aplicado por la comercializadora, que puede ser exportado a pdf, considerado como el resultado final de la herramienta.



Sistema de seguimiento de consumos y costes de energía y previsión de la factura eléctrica para el Grupo Solvay

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	Factura eléctrica provisional									
						Instrucciones para crear PDF				
	CUPS:	Mes y año jul-16				1) Elegir de la lista desplegable en la casilla C5 el mes correspondiente a				
	Energía eléctrica		0,00	EUR						
	Energía activa consumida		0,00	kWh						
	50% de energía activa consumida		0,00	kWh						
	Precio fórmula indexada omie		0,000	EUR/MWh						
	Precio fórmula indexada omip		0,000	EUR/MWh						
	Término de energía - Tarifa de acceso		0,00	EUR						
	P1		0	kWh						
	P2		0	kWh						
	P3		0	kWh						
	P4		0	kWh						
	P5		0	kWh						
	P6		0	kWh						
	Excesos Reactiva		0,00	EUR						
	P1		0	KVArh						
	P2		0	KVArh						
	P3		0	KVArh						
	P4		0	KVArh						
	P5		0	KVArh						
	P6		0	KVArh						
	cos φ		0,000							
	Excesos de potencia		0,00	EUR						
	P1		0,00	EUR						
	P2		0,00	EUR						
	P3		0,00	EUR						
	P4		0,00	EUR						
	P5		0,00	EUR						
	P6		0,00	EUR						

Ilustración 18: Extracto pestaña "Reporte PDF"



Tabla 2: Contenido de la herramienta de cálculo agrupado por pestañas

- Fórmulas
- Costes regulados
- Días festivos
- Penalizaciones
- ATR

BOE Costes regulados

- Precios negociados
- Potencia contratada
- Tipo de oferta

Contratos

- Fecha y hora
- Precio omie

Omie

- Curva horaria activa
- Curva horaria reactiva
- Periodos tarifarios

Consumos Horarios

- Curva cuarto horaria activa
- Curva cuarto horaria reactiva
- Periodos tarifarios

Consumos Cuartohorarios

- Consumo activa
- Consumo reactiva
- Potencia y excesos
- Alquiler equipos
- Importes totales

Resultados

- Informe de la factura

Reporte PDF



4.2.2 Automatización mediante VBA [40] [41] [42]

Microsoft Visual Basic for Applications, normalmente conocido por sus siglas “VBA”, es el lenguaje de programación de macros diseñado por Microsoft, e incluido en su paquete de software de Microsoft Office, integrado en aplicaciones como Excel, Word, o PowerPoint.

Específicamente, fue diseñado principalmente destinado a la automatización de tareas en Excel, de forma que a través de un nuevo programa se pueda realizar el mismo trabajo de forma más rápida y automática.

Su utilidad principal es mecanizar tareas cotidianas, así como crear aplicaciones y servicios de bases de datos para el escritorio. Permite acceder a las funcionalidades de un lenguaje orientado a eventos con acceso a la API de Windows.

La única limitación que tiene esta estructura respecto al Visual Basic es que el producto final no se puede compilar separadamente del documento, hoja o base de datos en que fue creado; es decir, se convierte en una macro. Esta macro puede instalarse o distribuirse con sólo copiar el documento, presentación o base de datos.

Además de ahorrar tiempo con un comando de VBA, Excel siempre ejecutará una tarea, o múltiples tareas, exactamente de la misma manera, siguiendo los mismos pasos. Con ello se obtienen resultados consistentes a una velocidad mucho mayor. Además, VBA te permite crear botones para colocar en tu barra de menús, permitiendo que cualquiera pueda ejecutarlo obteniendo los mismos resultados.

4.2.2.1 Archivos de las curvas de carga

En este módulo encontraremos el código necesario que da lugar a la importación automática de los archivos que contienen los consumos, tanto horarios como cuarto horarios. Sin necesidad de editarlos, ya que el tratamiento de datos está preparado para recibirlos directamente desde el programa Tarsys.

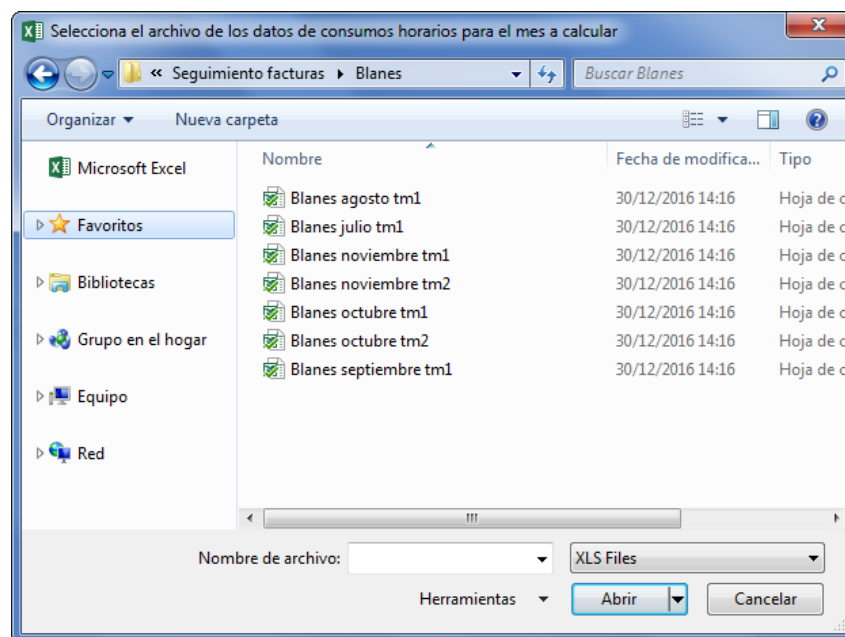


Ilustración 21: Ventana del explorador para proceder a la selección del archivo con la curva de carga

- Sub Importar_Consumo_Horario(): Va a importar el archivo que contiene los datos de consumos horarios del contador en la hoja “Consumos Horarios”. Para elegir este archivo se abrirá una ventana donde se debe buscarlo (Ilustración 19). A continuación, se realiza de forma automática la apertura, selección de los datos de interés y la copia en el archivo de destino en las celdas correspondientes. Una vez



copiados estos datos, se cierra automáticamente el archivo de consumos.

- Sub Importar_Consumo_Cuartohorario(): Va a importar el archivo que contiene los datos de consumos cuarto horarios del contador en la hoja “Consumos Cuarto horarios”. El proceso de importación funciona igual que en el procedimiento anterior.

4.2.2.2 Formulación

En el siguiente módulo, podemos encontrar las funciones necesarias para que se escriban todas las fórmulas iniciales necesarias.

- Function Formulas_Horario (): Esta función es llamada al importarse los consumos horarios. Se escribirán las fórmulas necesarias para el correcto cálculo de los periodos y los precios.
- Function Formulas_Cuartohorario (): Esta función es llamada al importarse los consumos cuarto-horarios. Al importarse los consumos, primero se rellenarán las fórmulas necesarias para el correcto cálculo de los periodos y los excesos de potencia.

4.2.2.3 Descarga de precios OMIE

El segundo módulo de programación recoge el código respectivo a la descarga de los precios del mercado diario de omie. Comienza con la llamada al formulario de la Ilustración 18 y se encuentra desglosado en diferentes funciones y macros:



- Private Sub UserForm_Initialize(): Primero se define la información que aparecerá por defecto en el formulario, para que el usuario pueda elegir entre los meses que se le presentan y escriba el año que desee.
- Private Sub CancelarButton_Click(): Si se pulsa el botón “Cancelar” del formulario, se procede a la salida del programa, cancelando la ejecución.

Seleccione año y mes

Para la descarga de los precios omie, escriba el año y seleccione el mes correspondiente.

Año 2016

Mes

- Enero
- Febrero
- Marzo
- Abril
- Mayo
- Junio
- Julio
- Agosto
- Septiembre
- Octubre
- Noviembre
- Diciembre

Cancelar Aceptar

Ilustración 22: Formulario de elección de mes y año para la descarga de los precios de omie

- Sub AceptarButton_Click(): es la macro principal para la descarga del omie, lo que se ejecuta cuando se pulsa el botón Aceptar
- del formulario. Llama al resto de funciones que se explican a continuación. Seleccionado un año y un mes en el formulario, englobar el código responsable de la descarga los datos horarios de los precios de la página web de omie.



```
MARGINALPDBC;  
2016;03;22;1;31.83;31.83;  
2016;03;22;2;28.01;28.01;  
2016;03;22;3;27.7;27.7;  
2016;03;22;4;26.94;26.94;  
2016;03;22;5;25.69;25.69;  
2016;03;22;6;27.59;27.59;  
2016;03;22;7;33.02;33.02;  
2016;03;22;8;35.51;38.1;
```

Ilustración 23: Información recogida en el “Acceso a Ficheros” de omie. Ejemplo para el día 22 de marzo de 2016.

- Function numeromes(año, mes, nmes, dmes): La primera función toma como parámetros el año y el nombre del mes dados en el formulario, y devuelve el número de mes y los días que tiene este. En esta función se deben tener en cuenta los años bisiestos, para el correcto cálculo de los días del mes. Es necesaria para la construcción de la url.
- Function LeerFichero(url): Cuando se rellena el formulario correctamente y se pulsa el botón “Aceptar”, la primera función ejecutada se encarga de enviar una petición (HTTP Request) con método GET, que es utilizado para recuperar información de un servidor dada una url. Este método no causa ningún efecto en los datos. La url es el parámetro de esta función. Para cada día se corresponde una url distinta, variando una cadena de caracteres que representa la fecha.
- Function LeerFilas(contenido): Una vez obtenida la información se debe proceder a su lectura, edición o trato. Para ello, se almacena la información en un array con todos los datos de precios diarios, separándolos por los saltos de línea. A cada hora



del día le corresponde un array diferente.

- Function Push(arr, value): La información anterior se agrupa en un único array, encontrándose la información relativa a la primera hora del día, en la posición 0 del array (primera posición), y así sucesivamente. De esta forma, toda la información de ese día se encuentra almacenada en una misma variable de tipo array, facilitando el tratamiento de datos.
- Function DameRegistroDiario(UnaFila): Con toda la información sobre los precios de un día entero almacenada en una variable, se procede a la escritura en la hoja de cálculo de los datos de interés. Estos son la fecha, hora del día (expresadas de 1 a 24) y el precio (expresado en €/MWh). Esta función respeta el orden de escritura deseado, que no necesariamente corresponde con el orden original de los datos.
- Sub Copiar_Omie_Buscar(): Por último, el procedimiento que busca, dentro de la curva de carga importada, la última fecha para emparejar cada hora de la curva horaria de consumos con su precio horario correspondiente de omie.

4.2.2.4 Formatos

En este módulo podemos encontrar el código necesario para unificar formatos de letra y celda, incluyendo, bordes de celda, tipo de letra y tamaño de letra.

- Sub Formato_Cuartohorario(): Unifica formatos en la pestaña “Consumos Cuarto-horarios”.
- Sub Formato_Horario(): Unifica formatos en la pestaña “Consumos Horarios”.



4.2.2.5 Exportación de la previsión de la factura

- Sub ReportePDF(): Abre una ventana para elegir la carpeta donde queremos exportar el archivo. Después, pide al usuario que escriba un nombre para el documento, selecciona el rango de interés y lo exporta.



4.3 OTRAS APLICACIONES

La principal aplicación de la herramienta es el cálculo de una previsión de la factura eléctrica, así como el seguimiento de los costes y consumos.

A pesar de ello, también ha sido adecuada para otros posibles usos, surgidos durante la fase de pruebas, como optimizaciones de potencia y simulaciones de cambio de tarifa, descritos a continuación.

4.3.1 Optimización de potencias contratadas

En un momento surge la necesidad de analizar si las potencias contratadas en el suministro correspondiente a la tarifa de alta tensión de la Mina de Escuzar se encuentran ajustadas a las potencias demandas.

Tras esta petición se realizó un ajuste de la herramienta que permite de forma sencilla, proceder al análisis de las potencias contratadas actuales, en busca de una solución óptima aplicable tras un cambio de potencia en el suministro.

Para ello, conocidas las potencias contratadas del suministro a estudiar, se realizan los cálculos que reflejan la situación actual en cuanto a costes por facturación de potencia y excesos. Esto se realiza a través de las curvas cuarto-horarias en el caso de las tarifas de alta tensión, y a través de los registros de los máxímetros para las tarifas 3.X.

Al contrario de lo que piensan muchos usuarios, en la mayoría de los casos, este ajuste óptimo no se presenta al reducir el coste de excesos a un valor de 0. El ajuste óptimo surgirá



de encontrar el balance adecuado entre los costes por la facturación de potencia contratada (conocidos como peajes de potencia) y los excesos de potencia.

Para llegar a este resultado, se realiza una serie de iteraciones para los valores de potencias contratadas, y almacenando los importes correspondientes a cada una de las situaciones, hasta llegar a unos valores que maximicen el ahorro económico.

Sin embargo, existe una limitación en este proceso, de acuerdo con el Artículo 7 de RD 1164/2001, que se respeta en todo momento: para las tarifas de alta tensión, las potencias contratadas en los diferentes períodos serán tales que la potencia contratada en un período tarifario (P_{n+1}) sea siempre mayor o igual que la potencia contratada en el período tarifario anterior (P_n).

Esta serie de iteraciones es posible realizarlas de forma manual, o utilizando complementos del programa Excel, destinados a realizar cálculos de optimización, tanto si se trata de problemas suavizados no lineales, como en este caso, problemas simples lineales,

Por último, salvo que el resultado de la optimización de potencia sea un aumento, este cálculo se puede realizar manteniendo los derechos de extensión del suministro o no. Es decir, si la potencia más alta contratada se mantiene invariable, el cliente no pierde la contraprestación económica que se realizó a la empresa distribuidora para cubrir los gastos de extender las líneas a partir de las instalaciones existentes, para atender un nuevo suministro o la ampliación de uno ya existente.

Respetando esta condición y sin modificar la potencia del periodo 6, para no perder los derechos de extensión, se procede a optimización de potencias de forma estimada mediante iteraciones manuales para converger en la solución expuesta a continuación en la tabla:



4.3.2 Simulación unificación de suministros [43] [44] [45]

En algunos casos los consumidores se encuentran pagando una tarifa a la comercializadora que no resulta ser la adecuada para su consumo ni para su demanda energética, esto supone un sobre coste innecesario en la factura recibida.

Sabiendo que la tarifa de acceso influye en el coste fijo que pagamos, los clientes podrán optar, en función de la situación de su suministro, por cambiar de tarifa, y así aprovechar las ventajas que ofrece cada una de ellas respecto al patrón de sus consumos y obtener un ahorro significativo.

En esta decisión de cambio de tarifa influyen dos factores, que habrá que evaluar de manera conjunta para determinar la recomendación o no del cambio.

El primero es el factor técnico: El aspecto técnico fundamental para cambiarse de tarifa de acceso es la tensión a la que estamos conectados a la red, ya que la tarifa de acceso determina esta tensión (que puede ser baja, media o alta tensión), además de la potencia máxima que podemos contratar.

El segundo es el factor económico, resultando fundamental la ratio ahorro / inversión, ya que este cambio de tarifa de acceso puede suponer un coste inicial bastante alto, siendo necesario analizar el periodo de amortización para ver si el resultado es económicamente interesante. Además, es necesario analizar el ahorro potencial, estudiando la distribución de consumos, los registros de máxímetros, las potencias necesarias, la discriminación horaria, los consumos de energía reactiva...etc. y así, determinar los gastos de energía y potencia en cada periodo.



La herramienta creada permite realizar estas simulaciones, para tarifas de 3 y 6 periodos de discriminación horarias, cuyo estudio resulta más complejo, tratando las curvas de cargas reales, para estimar los costes con diferentes tarifas, así como con diferentes potencias contratadas.

Una vez comprendidas las ventajas y desventajas que puede suponer un cambio de tarifa de acceso para un único punto de suministro, se puede seguir el mismo razonamiento a la hora de unificar dos puntos de suministro en uno solo.

En el caso concreto estudiado se partía de una tarifa de acceso 3.1 A y una tarifa de alta tensión 6.1 A, cuyos contadores pretenden unificarse en un único punto de suministro, con una tarifa de acceso de alta tensión 6.1 A. A efectos prácticos, esta combinación se puede tratar como si el suministro de alta tensión asumiese la demanda de la tarifa de media tensión.

Para ello se analizan las curvas horarias y cuarto horarias de los últimos ocho meses para los dos suministros, así como las facturas ya emitidas por la comercializadora.

Por un lado, se calculan los costes para la tarifa 6.1 A y para la tarifa 3.1 A de forma independiente, para este periodo de tiempo, dando lugar a los importes ya pagados a la comercializadora, coincidentes con las facturas cargadas.

Para la simulación de la unificación de los puntos de contadores, se toma como curva de carga ficticia, la suma de las curvas de carga reales de ambas tarifas. Para las potencias contratadas, se realiza la misma operación, sumando las potencias contratadas de ambas tarifas. Sin embargo, en ciertos casos, puede ser útil estudiar las potencias contratadas, realizando una optimización de estas, para determinar los valores que más se ajustan a las curvas de los suministros unificados.



Para llevar a cabo esta unión, puede resultar necesario realizar ciertas modificaciones en la instalación, como en la acometida, protecciones, transformadores y aparatos de medida, con los correspondientes costes asociados. Si se conoce una estimación de estos gastos, considerados como gastos de inversión inicial, es posible calcular el periodo de amortización.



5. RESULTADOS



5.	Resultados.....	91
5.1	Sistema de seguimiento y previsión.....	91
5.2	Optimización de potencias contratadas	93
5.3	Simulación unificación de suministros.....	95



5. RESULTADOS

5.1 SISTEMA DE SEGUIMIENTO Y PREVISIÓN

En este apartado, se analizan los resultados de la principal aplicación de la herramienta: la previsión de la factura eléctrica.

CUPS:	Mes y año jun-16	
Energía eléctrica	1420,89	EUR
Energía activa consumida	21489,00	kWh
Precio fijo P1	76,849	EUR/MWh
Precio fijo P2	70,444	EUR/MWh
Precio fijo P3	54,939	EUR/MWh
Término de energía - Tarifa de acceso	242,80	EUR
P1	3500	kWh
P2	10553	kWh
P3	7436	kWh
Excesos Reactiva	0,00	EUR
P1	0	KVArh
P2	0	KVArh
P3	0	KVArh
cos φ	1	
Término potencia	596,90	EUR
P1	339,52	EUR
P2	209,37	EUR
P3	48,01	EUR
Excesos/ Bonificación de potencia	-17,05	EUR
Alquiler Equipo de medida	35,41	EUR
Importe del impuesto eléctrico	17,21	EUR
I.V.A. 21%	482,19	EUR
Base I.V.A. (EUR)	2296,16	EUR
TOTAL (EUR)	2778,36	EUR

Ilustración 24: Modelo de factura prevista por la herramienta de estudio.

Ha sido posible realizar la comprobación de la efectividad de este sistema de previsión, realizando comparativas con las facturas reales emitidas por las empresas comercializadoras.



A continuación, se recogen los errores cometidos en estos cálculos para el punto de suministro de la fábrica Solvay Solutions España S.L (Blanes).

SOLVAY SOLUTIONS ESPAÑA S.L (BLANES)

MES	FACTURA REAL	PREVISIÓN	ERROR
JULIO	68.442,75 €	68.467,07 €	0,036%
AGOSTO	64.386,30 €	64.356,10 €	0,047%
SEPTIEMBRE	97.644,51 €	97.597,88 €	0,048%

Tabla 3: Comparativa entre facturas reales y previsión y su error relativo en fábrica de Blanes

En la tabla inferior, se recogen los errores cometidos en estos cálculos para el punto de suministro de la fábrica Solvay Minerales S.L (Blanes).

SOLVAY MINERALES S.L (ESCUZAR)

MES	FACTURA REAL	PREVISIÓN	ERROR
JUNIO 3.1A	2.867,75 €	2.868,36 €	0,021%
JUNIO 6.1A	82.890,74 €	82.858,65 €	0,039%

Tabla 4: Comparativa entre facturas reales y previsión y su error relativo en fábrica de Escuzar

Como puede observarse, el error máximo relativo en las facturas verificadas es de 0,048%, considerado como error admisible en la comprobación de las facturas y su previsión.



A la vista de estos resultados, se considera la eliminación de la participación de terceras empresas contratadas para realiza estas previsiones y mantener un seguimiento de los consumos.

Se consigue así, el resultado más inmediato y evidente de esta herramienta, que es el ahorro económico directo, estimado en 750€ al año para la fábrica situada en Escuzar y de 600€ para la fábrica de Blanes, resultando un total de 1350 € de ahorro cada año. Además, al realizarse los cálculos de forma interna, no se comparten con empresas ajenas a Solvay, ganando confidencialidad en los consumos y costes.

5.2 OPTIMIZACIÓN DE POTENCIAS CONTRATADAS

En un momento surge la necesidad de analizar si las potencias contratadas en el suministro correspondiente a la tarifa de alta tensión de la Mina de Escuzar se encuentran ajustadas a las potencias demandas.

Tras esta petición se procede al análisis de las potencias contratadas actuales, en busca de una solución óptima aplicable tras un cambio de potencia en el suministro.

La situación actual de potencias contratadas se recoge en la siguiente tabla:

P1	P2	P3	P4	P5	P6
1456	1456	1460	1475	1510	1520

Tabla 5: Potencias contratadas actuales



A continuación, se recogen los importes correspondientes a los conceptos de excesos de potencia y término de potencia (potencias facturadas), sumando un total de 150.750 € en el periodo analizado.

MESES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	TOTAL
COSTE €	14.699	13.950	13.910	13.414	13.630	13.473	13.481	13.564	13.527	13.742	13.359	150.750

Tabla 6: Importe de las facturas en la situación actual de potencias

De acuerdo con el Artículo 7 de RD 1164/2001, para las tarifas de alta tensión, las potencias contratadas en los diferentes periodos serán tales que la potencia contratada en un período tarifario (P_{n+1}) sea siempre mayor o igual que la potencia contratada en el período tarifario anterior (P_n).

Respetando esta condición y sin modificar la potencia del periodo 6, para no perder los derechos de extensión, se procede a optimización de potencias de forma estimada mediante iteraciones manuales para converger en la solución expuesta a continuación en la tabla:

P1	P2	P3	P4	P5	P6
1380	1400	1430	1475	1510	1520

Tabla 7: Nuevas potencias sugeridas



En esta nueva situación, los importes correspondientes a los conceptos de excesos de potencia y término de potencia alcanzan un total de 147.260 € en el periodo estudiado de once meses.

MESES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	TOTAL
COSTE €	14.599	13.974	13.510	13.042	13.227	13.503	13.057	13.141	13.139	13.354	13.005	147.260

Tabla 8: Importe de las facturas con la nueva potencia contratada

Supone pues, esta optimización, un ahorro de 3.494 €, extrapolado a un periodo de un año, un 2,12% inferior respecto al total inicial.

5.3 SIMULACIÓN UNIFICACIÓN DE SUMINISTROS

Tal y como se describe en apartados anteriores, se realiza la simulación de unificación de dos puntos de suministro.

Para ello se analizan las curvas horarias y cuarto horarias de los últimos ocho meses para los dos suministros, así como las facturas ya emitidas por la comercializadora.



Por un lado, se calculan los costes para la tarifa 6.1 A y para la tarifa 3.1 A de forma independiente, para este periodo de tiempo, dando lugar a los importes ya pagados a la comercializadora, coincidentes con las facturas cargadas.

Para la simulación de la unificación de los puntos de contadores, se toma como curva de carga ficticia, la suma de las curvas de carga reales de ambas tarifas. Para las potencias contratadas, se realiza la misma operación, sumando las potencias contratadas de ambas tarifas.

Para el análisis de esta situación se suman ambos costes dando lugar a 506.827 € impuestos correspondientes incluidos. Este valor se encuentra desglosado por conceptos y por tarifas en la tabla inferior.

	6.1 A	3.1 A	SUMA	UNIFICADOS	AHORRO
ENERGIA	255.430 €	15.885 €	271.316 €	269.538 €	1.778 €
ATR ENERGÍA	21.150 €	2.699 €	23.849 €	22.211 €	1.638 €
ATR POTENCIA	106.108 €	4.855 €	110.963 €	111.160 €	-198 €
EXCESOS	9.024 €	240 €	9.264 €	6.647 €	2.617 €
TOTAL	477.607 €	29.220 €	506.827 €	499.363 €	7.464 €

Tabla 9: Desglose por conceptos de la comparativa entre dos suministros independientes y unificados



El resultado cuantitativo de este estudio es 499.363 €, impuestos correspondientes incluidos, dando lugar a un ahorro del 1,5% (7.464 €), en el periodo analizado. Estimando este ahorro en 11.200 € anuales.

Si nos fijamos en el ahorro para cada concepto, destaca el importe por la potencia facturada, en concepto de ATRs, que resulta negativo un -0.18% para la unificación de tarifas respecto a los suministros independientes. Esto se debe a que, si bien los precios de ATR por periodo no son mayores en las tarifas de alta tensión, al tratarse de una discriminación horaria de 6 periodos, en lugar de 3, el importe resultante es mayor. A pesar de esto, el resto de conceptos consiguen un ahorro significativo para plantearse realizar este proyecto de unificación.

Para llevar a cabo esta unión, puede resultar necesario realizar ciertas modificaciones en la instalación, como en la acometida, protecciones, transformadores y aparatos de medida, con los correspondientes costes asociados. Estos gastos considerados de inversión se estiman en 20.000 €, suponiendo un periodo de amortización de 1 año y 9 meses.



6. CONCLUSIONES



6. CONCLUSIONES

En conclusión, la utilización de esta herramienta para el cálculo de la factura eléctrica en cada fábrica conlleva una serie de ventajas enumeradas a continuación.

- **Control sobre la fecha de emisión:** se elimina la gran incógnita de la cantidad a pagar en la factura eléctrica. En todo momento del mes, es posible realizar el cálculo del importe ya gastado hasta ese momento. No son necesarias las esperas al cargo de la empresa comercializadora y se elimina toda preocupación por la fecha de emisión de la factura en cuanto a contabilidad interna de la empresa para el cierre mensual.

La factura eléctrica se anticipa hasta 15 días respecto a la factura de la comercializadora, pudiendo imputarse las cantidades previstas como gastos en el balance contable.

- **Verificación de la factura:** se comprueba que los costes imputados son correctos, así como el importe por consumos, difícilmente verificable sin la herramienta, cuyo error relativo ha resultado, en todos los test de fiabilidad de la herramienta, inferior al 0.05% del importe total.

De esta forma es posible realizar reclamaciones tanto a la empresa distribuidora como a la empresa comercializadora, con la confianza de percibir las devoluciones calculadas con la herramienta y pagar en todo momento por lo que se consume y se contrata, sin ningún tipo de error.



- **Eliminación de la participación de tercera empresa:** los cálculos se realizan de forma interna, por lo que los datos no son compartidos con terceras empresas, ganando confidencialidad. Además, se percibe como ahorro la asignación económica anual correspondiente a estas terceras empresas o al software de gestión utilizado, estimado en 750€ al año para la fábrica situada en Escuzar y de 600€ para la fábrica de Blanes, resultando un total de 1350 € de ahorro cada año.
- **Seguimiento de consumos y precios:** posibilita el seguimiento de la distribución de los consumos, y la evolución de los precios, que influyen de forma directa en la competitividad de la empresa. Este conocimiento permite identificar diferentes comportamientos o tendencias, para así aplicar posibles mejoras o nuevas medidas de aprovechamiento de las potencias.

Además, permite realizar ciertos ajustes en el patrón de consumos, ahora conocido, gracias a este sistema, como el adelanto o retraso en el tiempo, de ciertos procesos de fabricación para acoplarse a las horas de menor precio con el consiguiente ahorro económico.
- **Mayor detalle de la factura:** se elimina la limitación de la factura de la comercializadora, pudiendo consultar todos los conceptos mostrados en esta y diversos conceptos extra, así como desgloses completamente detallados. Con este sistema, por una parte, es posible consultar la energía reactiva requerida por la instalación y valorar la compensación de esta mediante baterías de condensadores, así como el factor de



potencia de esta. Por otro lado, permite conocer el factor de utilización de potencia de la instalación para valorar posibles desplazamientos de consumos.

- **Simulaciones de diferentes situaciones:** Esta herramienta permite realizar simulaciones de aumentos o bajadas de potencia contratada, para calcular el potencial ahorro de cada ajuste, consiguiendo ahorros inmediatos superiores al 2% en el suministro analizado. Por otra parte, es posible realizar simulaciones de unificación o separación de contadores, garantizando ahorros de hasta 11.000€ anuales en el caso estudiado. Por último, la herramienta permite simulación de agregar nuevos dispositivos o máquinas a la instalación, así como eliminar ciertos consumos y calcular en que ahorro correspondiente.



7. REFERENCIAS



7. REFERENCIAS

- [1] <http://es.support.somenergia.coop/article/652-el-sistema-electrico-y-som-energia>
- [2] <http://www.minetad.gob.es/energia/electricidad/Paginas/sectorElectrico.aspx>
- [3] <https://www.esferaluz.es/blog/sector/sector-electrico-agentes-principales/>
- [4] <https://blog.caloryfrio.com/estructura-mercado-electrico/>
- [5] http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/smart-city/smart-grid
- [6] <http://www.ree.es/es/red21/redes-inteligentes/que-son-las-smartgrid>
- [7] <http://blogs.salleurl.edu/networking-and-internet-technologies/que-es-una-smart-grid/>
- [8] <https://www.smartgridsinfo.es/smart-grid>
- [9] <http://www.aura-energia.com/como-funciona-el-sector-electrico-en-espana/>
- [10] <https://repositorio.comillas.edu/rest/bitstreams/799/retrieve>
- [11] http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/el-sector-electrico/xix.-el-mercado-de-la-electricidad
- [12] <http://www.energiaysociedad.es/manenergia/el-mercado-mayorista/>
- [13] <http://blog.gesternova.com/como-funciona-el-pool-electrico-incluso-lo-vas-a-entender/>
- [14] <http://www.energyavm.es/es/te-asesoramos/como-funciona-el-mercado-electrico>
- [15] <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/21734/1/TFG-E-271.pdf>
- [16] <http://www.energiaysociedad.es/manenergia/5-1-el-mercado-minorista-de-energia-electrica/>
- [17] <http://elblogenergia.com/articles/que-son-y-cuales-son-las-tarifas-de-acceso-de-electricidad>
- [18] <http://www.auditorenergetico.com/?topic=73>



- [19] <http://www.omel.es/inicio/mercados-y-productos/mercado-electricidad/calendarios-y-periodos>
- [20] Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre
- [21] <http://www.aparejadoresmadrid.es/archivos/files/Asesorias/Newsletter/Gabinete%20Tecnico/GT765.pdf>
- [22] <http://www.imergia.es/eficiencia-energetica/que-es-la-potencia-reactiva>
- [23] <http://iippssaa.es/que-es-la-energia-reactiva-cuando-se-factura-como-se-calcula-el-importe-facturable-y-como-se-compensa/>
- [24] <https://alcanzia.es/blog/que-es-la-energia-reactiva/>
- [25] <https://nergiza.com/tarifa-3-0-15-kw-todo-lo-que-ienes-que-saber/>
- [26] <https://www.iberdroladistribucion.es/distribucion-electrica/seguridad/equipos-medida>
- [27] <http://www.controlastuenergia.gob.es/factura-electrica/factura/Paginas/conceptos-factura.aspx#equipos>
- [28] <https://www.landisgyr.es/product/gridstream-tarsys-placeholder/>
- [29] <http://simelec.es/es/productos/medida-energetica/software-telemedida>
- [30] https://www.prodemel.es/manuales/LANDIS_GYR_TARISYS_LITE_Manual_Usuario.pdf
- [31] <https://monsol.net/telemedidas-contadores/>
- [32] <http://www.eleconomista.es/economia/noticias/6941999/08/15/La-app-de-viesgo-la-aplicacion-mejor-valorada-de-su-sector.html>
- [33] <http://www.eldiariomontanes.es/economia/empresas/201611/11/viesgo-crea-aplicacion-permite-20161110230752.html>
- [34] <https://www.smartgridsinfo.es/2016/11/21/tu-oficina-online-app-viesgo-ofrece-euros-consumo-luz>
- [35] <http://comparadorluz.com/faq/que-es-impuesto-electricidad>



- [36] <http://www.comparatarifasenergia.es/info-energia/mi-factura/electricidad>
- [37] http://www.agenciatributaria.es/static_files/AEAT/Aduanas/Contenidos_Privados/Impuestos_especiales/Estudio_relativo_2009/06elec.pdf
- [38] <http://preciogas.com/faq/impuesto-electrico>
- [39] <https://www.iberdrola.es/empresas/info/exencion-impuesto-electrico>
- [40] <http://tarifasgasluz.com/faq/contadores/alquiler-electricidad>
- [41] https://es.wikipedia.org/wiki/Visual_Basic_for_Applications
- [42] http://www.ehowenespanol.com/vba-sobre_135634/
- [43] <http://comparadorluz.com/faq/cambio-tarifa-luz>
- [44] <http://tarifasgasluz.com/faq/electricidad/cambiar-tarifa>
- [45] <http://preciogas.com/faq/cambiar-tarifa-luz>

