
GAD

Secretaría Técnica

Documento de conclusiones

*PROYECTO GESTIÓN ACTIVA DE LA
DEMANDA. PROYECTO CENIT "GAD".*

	Preparado por:	Aprobado por:
Nombre:		
Empresa:		
Firma:		
Fecha:		

Fecha: 21/03/2010

0 Índice

0	Índice	2
1	Glosario.....	4
2	Objeto del documento	6
3	Solución técnica adoptada y justificación de la selección.	7
3.1	Barreras tecnológicas y Puntos de decisión.....	11
3.2	Conclusiones técnicas.....	14
4	Análisis de clientes y experiencias.....	16
4.1	Estudio teórico.....	16
4.2	Estudio práctico	25
4.2.1	Experiencia GAD1	25
4.2.2	Plataforma de simulación.....	29
4.3	Barreras sociales y Puntos de decisión.....	30
4.4	Barreras energéticas y Puntos de decisión	31
4.5	Barreras económicas y Puntos de decisión.....	33
4.6	Conclusiones sociales	35
4.7	Conclusiones energéticas	37
4.8	Conclusiones económicas.....	40
5	Identificación de recursos necesarios para la implantación masiva de la solución desarrollada.....	43
6	Otras amenazas identificadas	45

7	Actualización del análisis del estado del arte y comparación con los resultados obtenidos	46
8	Conclusiones. Próximas acciones y drivers para la viabilidad de la gestión de la demanda	49
9	Referencias	51

Índice de ilustraciones

Ilustración 1:	Diagrama Funcional de Agentes. Fuente: Secretaría GAD como interpretación de documentos mencionados.....	8
Ilustración 2:	Descripción de soluciones de comunicación en los distintos tramos de la red. Fuente: Secretaría Técnica GAD, como interpretación de los resultados de la tarea PT5.1.	10
Ilustración 3:	Imagen de la aplicación desarrollada por el Operador de distribución para análisis de la curva de demanda y actuación sobre el sistema GAD. Fuente: Iberdrola Distribución en sus desarrollos de la tarea PT3.....	15
Ilustración 4:	Etapas de aplicación del algoritmo SOM. Fuente: PT1.2 Proyecto GAD.....	20
Ilustración 5:	Curva carga nacional del día 13 de enero de 2009. Máxima demanda horaria. Fuente: REE	21
Ilustración 6:	Curva horaria panel consumos domésticos. Fuente: Proyecto GAD.	22
Ilustración 7:	Curva de consumo medida con vatímetro en el funcionamiento de la vitrocerámica a medida que aumenta la potencia del fogón. Fuente: Proyecto GAD.....	26
Ilustración 8:	Curva de consumo teórica extraída de los valores de perfiles caracterizados y Curva medida con vatímetro en el Laboratorio GAD1. Correspondiente a día laboral de otoño. Fuente: Proyecto GAD.	27
Ilustración 9:	Curva de consumo teórica extraída de los valores de perfiles caracterizados y Curva medida con vatímetro en el Laboratorio GAD1 con consigna de limitación de 2h a las 14h. Correspondiente a día laboral de otoño. Fuente: Proyecto GAD.	27
Ilustración 10:	Esquema modular de la arquitectura GAD1. Secretaría GAD. Junio 2010.....	28
Ilustración 11:	Gráfica comparativa de la simulación en días festivos de invierno con y sin tarifa nocturna. Fuente: CEDETEL durante el desarrollo del PT7.1	32
Ilustración 12:	Gráfica del progreso de los precios según los programas empleadas en el Modelo de elasticidad. Fuente: ITE durante el desarrollo del PT7.1	34
Ilustración 13:	Gráfica de las curvas de carga normalizada en España y Francia en diciembre de 2008.	37
Ilustración 14:	Gráfica del consumo agregado del panel de clientes del proyecto GAD en diciembre de 2008. Fuente: ITE como secretaria técnica de GAD. Desarrollo trabajos PT1.2 en 2008.	38
Ilustración 15:	Gráfica del consumo agregado de cliente un 24 de febrero, para tarifa de precios TUR (e1) y tarifa TOU de 2 niveles (e2). Fuente: GTD durante el desarrollo del PT7.1.....	39
Ilustración 16:	Gráfica del consumo agregado de 100.000 clientes un día de invierno ante una solicitud del OS para reducir 20MW en la punta. Fuente: REE durante el desarrollo del PT7.1.....	39

1 Glosario

CCC Contador Controlador de Cargas

CCTOD Centro de Control Territorial del Operador de Distribución

CCTOS Centro de Control Territorial del Operador del Sistema

CCOM Centro de Control Territorial de la Comercializadora

Centro Control Lugar desde el cual se ejecutan los algoritmos de mayor espectro de Gestión Activa de la Demanda y desde el cual se envían las consignas necesarias para realizar dicha gestión

CM Comercializadores.

CL Clientes

CT Centro de Transformación

DCCA Siglas utilizadas para hacer referencia al equipo electrónico destinado a contener al Módulo MCCA. Este dispositivo puede contener otros Módulos del CCC

DCONTA Dispositivo Contador de Energía

Dispositivo Un Dispositivo es un equipo electrónico físico en el que se pueden integrar diferentes Módulos (algoritmos software) para realizar una serie de funciones deseadas.

ECCT Equipo de Comunicaciones de Centro de Transformación

ECST Equipo de Comunicaciones de Subestación Transformadora

GAD Gestión Activa de la Demanda

KNX Konnex. Estándar mundial para domótica e inmótica

OD Operador de Distribución.

OS Operador del Sistema.

PLC Power Line Communications. Término referido a la tecnología utilizada en las líneas eléctricas convencionales para transmitir señales de comunicación.

SGCL-OD Sistema de Gestión de clientes del Operador de distribución

SGCL-OS Sistema de Gestión de clientes del Operador del Sistema

SGCL-COM Sistema de Gestión de clientes de la comercializadora

SW Software.

VE Vehículo eléctrico.

2 Objeto del documento

El objeto del presente documento es recopilar las conclusiones extraídas durante 4 años de investigación del proyecto GAD, así como definir cuáles son las posibilidades futuras de implantación del sistema, junto con las ventajas, desventajas y beneficios esperados.

3 Solución técnica adoptada y justificación de la selección.

Uno de los principales objetivos del proyecto GAD era la definición de los servicios de gestión activa de la demanda dentro del mercado español, analizando los requerimientos de los diferentes agentes implicados (OS, OD, CM, CL) y seleccionando, a la par que desarrollando, una solución integrada para todos ellos.

Por ello, la arquitectura resultante debía estar sujeta a las funciones desempeñadas por cada uno de los agentes dentro del sector eléctrico, integrando los mecanismos necesarios para la comunicación entre agentes y el control de los electrodomésticos y cargas eléctricas sin pérdida del confort del usuario.

A continuación se presenta un esquema de los agentes implicados y de las relaciones entre ellos. Más adelante se particularizará más este esquema, identificando las tecnologías empleadas y los desarrollos realizados en el proyecto.

DIAGRAMA FUNCIONAL DE AGENTES

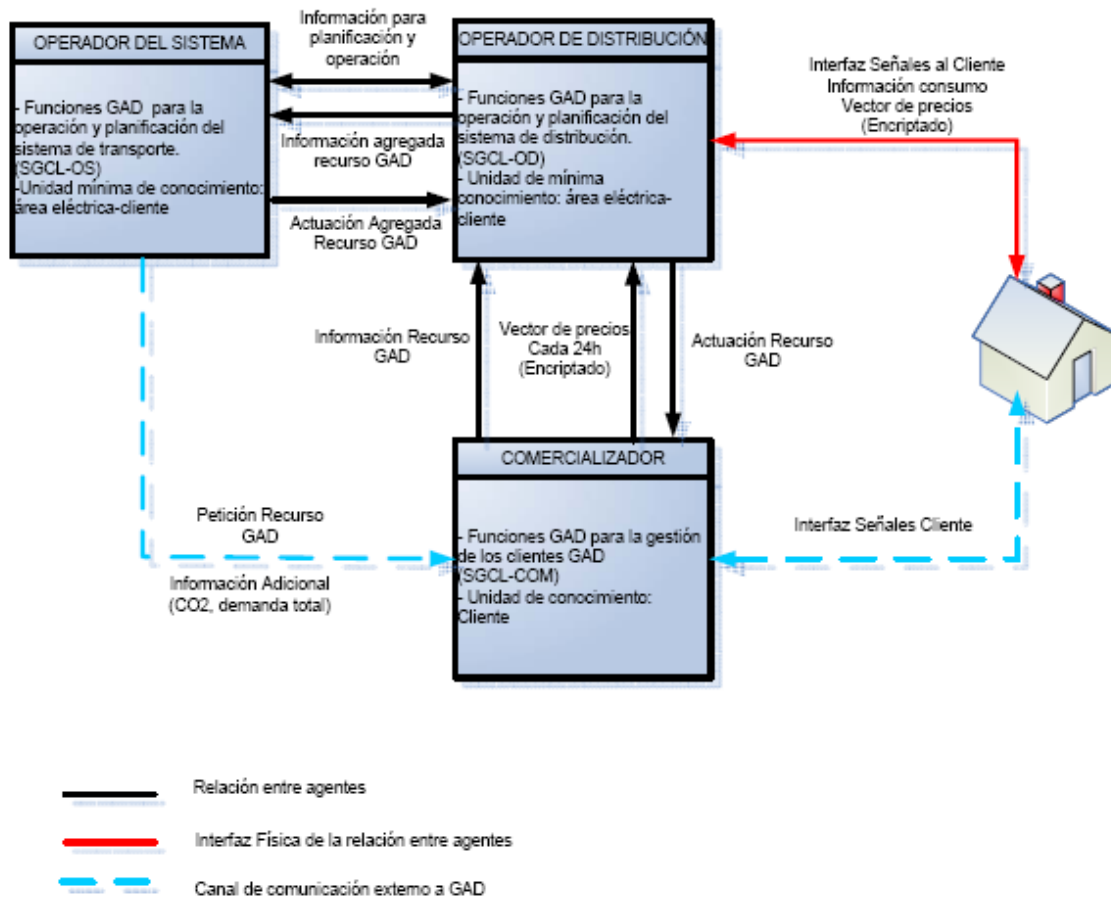


Ilustración 1: Diagrama Funcional de Agentes. Fuente: Secretaría GAD como interpretación de documentos mencionados

De esta forma, el proyecto propone un modelo de relación entre los agentes involucrados en la Gestión Activa de la Demanda, de modo que mediante una actuación coordinada se maximicen los beneficios de todos ellos. Los agentes identificados son.

- **Operador del sistema:** promueve acciones GAD enfocadas a mejorar la gestión del sistema, realizándolas a través de los distribuidores.
- **Distribuidores:** El hecho de que las herramientas GAD estén enfocadas principalmente para pequeños consumidores, otorga de forma natural a los gestores de las redes de distribución la capacidad de gestionar también las potenciales reducciones de carga en cada nodo de su red de transporte. Para ello actuarán de forma remota sobre los limitadores de potencia de los gestores de consumo de los clientes, cuando así lo requieran las circunstancias. También controlan el canal de comunicación hacia el cliente, en la información de consumos y envío de consignas.

- **Comercializadores:** promueven y gestionan económicamente las acciones realizadas bajo el marco GAD. Además de negociar con sus clientes para adquirir flexibilidad que les permita incrementar la eficiencia del perfil de consumo de sus carteras, juegan el papel de intermediarios entre consumidores y operadores de red, proveyendo a estos de cargas gestionables en determinados nodos. También serán los encargados de enviar señales de precio a los consumidores.
- **Consumidores:** se espera que respondan a las señales económicas canalizadas a través de su comercializador, actuando o permitiendo que un tercero actúe sobre la potencia consumida en cada momento. Esta actuación sobre la potencia consumida se hará por medio de un gestor de consumo que permitirá adecuar la actuación, a las preferencias de confort del usuario. Al cliente se le retribuirá esta flexibilidad como incentivo a participar en este tipo de programas.

Para conseguir una gestión de la demanda efectiva, el proyecto GAD ha optado por el modelo de gestión de la demanda "automática", definiendo un conjunto de nuevas funciones y dispositivos de control, considerando dos supuestos de envío que llegarían al usuario final:

- Señales de precio en forma de vectores, con resolución horaria, que se harían llegar al cliente como mínimo con un día de antelación, para permitir al gestor de cargas adecuar el consumo del hogar y de este modo minimizar la factura. Este escenario sería el más restrictivo a nivel técnico. Resolviendo éste, quedarían resueltos otros más probables a medio plazo, como pueden ser las tarifas con discriminación horaria (conocido en bibliografía internacional como TOU Time of Use) o como la tarifa en periodos de pico crítico (CPP Critical Peak Pricing).
- Señales técnicas, que obedecerían a situaciones de incidencias derivadas de la operación de las redes de distribución, o de transporte. Estas señales llegarían directamente desde la empresa distribuidora, y harían uso de una flexibilidad en el consumo previamente contratada a los clientes por parte de las diferentes comercializadoras.

La arquitectura definida en el proyecto responde a las estructuras actuales de la red eléctrica y a la inquietud de los socios por emplear estándares como solución en las comunicaciones dentro de los distintos tramos de la red.

En el siguiente esquema se muestra el planteamiento de las zonas de comunicación abordadas, introduciendo los dispositivos previstos en cada una de ellas:

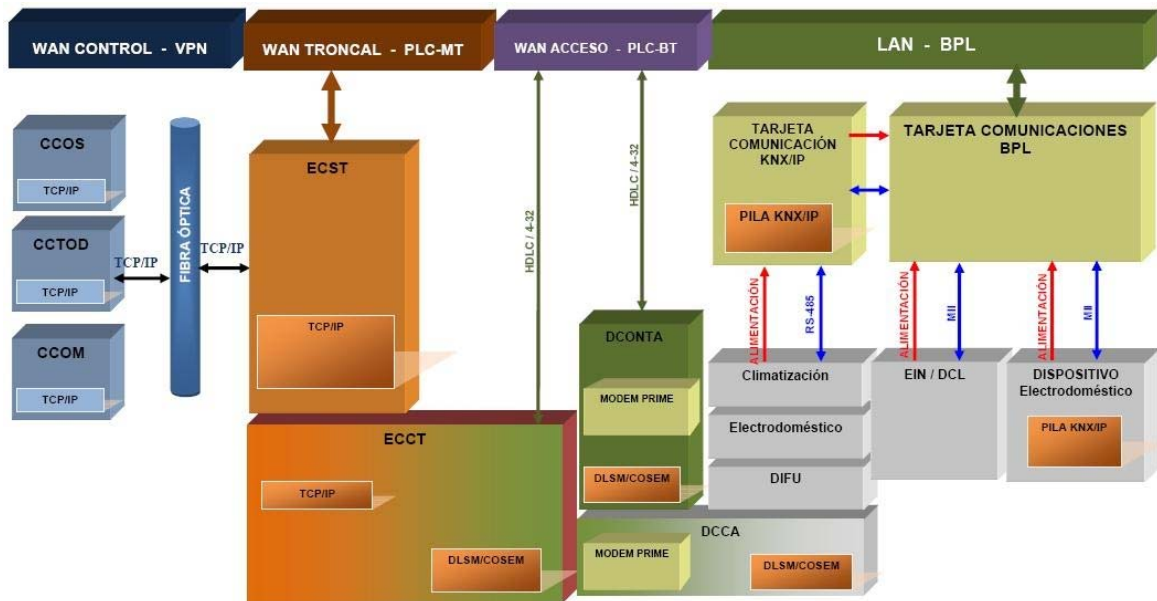


Ilustración 2: Descripción de soluciones de comunicación en los distintos tramos de la red. Fuente: Secretaría Técnica GAD, como interpretación de los resultados de la tarea PT5.1.

La solución adoptada divide las comunicaciones y los dispositivos a integrar a lo largo de cuatro grandes tramos bien diferenciados:

- WAN de control, aborda la comunicación entre los centros de control del OS, OD y CM.
- WAN troncal, aborda el tramo de comunicaciones entre el centro de control del operador de distribución (CCTOD) y las subestaciones, así como la comunicación desde la subestación hasta el centro de transformación.
- WAN de acceso, define las comunicaciones desde el centro de transformación hasta los equipos contadores inteligentes (DCONTA) y los dispositivos de control de cargas (DCCA) dentro del hogar.
- Tramo LAN, comprende las comunicaciones en el interior del hogar.

Cada uno de estos tramos cuenta con unas comunicaciones específicas y, por tanto, el desarrollo de un hardware y/o software asociado.

3.1 Barreras tecnológicas y Puntos de decisión

Diseño de dispositivos: Integración en los electrodomésticos.

Una de las metas establecidas en el proyecto en referencia al desarrollo de dispositivos, fue invadir en la menor medida posible el hogar del usuario. Para este objetivo, era imprescindible que los electrodomésticos a controlar dentro de las órdenes GAD estuvieran verdaderamente integrados dentro de la red de comunicaciones explicada previamente.

En este sentido, la participación de fabricantes confería al proyecto una visión real del terreno sobre el que se trabajaba, muy superior a la esperada y acorde a las expectativas puestas en un proyecto pionero de I+D como lo es el Proyecto GAD.

Esta visión global y real, aportó la necesidad de adaptar los electrodomésticos y dispositivos de confort del hogar, mediante electrónica integrada en los mismos equipos. Sin embargo, este punto requería del diseño de elementos miniaturizados y placas de control que aglutinaran las características que se requerían en los electrodomésticos inteligentes, según se ha ido comentando en los sucesivos documentos desarrollados en las tareas pertinentes.

Diseño de dispositivos: Arquitectura modular.

Por lo general, la arquitectura hardware definida para los dispositivos ha sido modular para permitir el aprovechamiento de diferentes componentes por diferentes fabricantes. Los módulos claramente diferenciados han sido: la fuente de alimentación, el módem de comunicaciones de Powerline (BPL-MII) y el módulo con el microprocesador.

Cabe destacar la distribución siguiente:

- Módem BPL DS2, implementa un PHY de Ethernet como interfaz a microprocesador.
- Microprocesador que implementa:
 - Aplicación.
 - Bus de comunicación con la carga.
 - KNX + TCP/IP + MAC (MII).
- Interfaz a PC por definir para cargar la aplicación (SW) y operaciones de testeo y soporte.
- Interfaz física Bus de comunicación con la carga.

- Interfaz de usuario (leds y pulsador).
- Fuente de alimentación y driver físico BPL.

Diseño de dispositivos: Topología y características chipset.

Durante el proceso de integración se detectaron anomalías en el envío de mensajes establecidos en la red interna del hogar, en ese caso Laboratorio GAD. La repetición de paquetes de mensajes provocaba la colisión de algunos de ellos dando lugar a la pérdida de información.

Un exhaustivo análisis de las comunicaciones que se producían mostró cómo se producían cambios topológicos en los direccionamientos, provocando un tránsito inusual de información que bloqueaba y llegaba a saturar la red. Además, esta topología que por lógica debía encontrar en el módem BPL del Dispositivo Controlador de Cargas (DCCA), la única cabecera, mostraba a otros dispositivos como cabeceras repetidoras en muchas de las topologías.

En este punto, pese a la selección establecida del chipset Montgó para el desarrollo del Módem BPL-MII, se analiza la idoneidad del mismo para sistemas multipunto y se observó que determinadas aplicaciones las tiene limitadas, lo que hace replantear el diseño y seleccionar un chipset compatible patilla a patilla cuyas aplicaciones cumplan con las especificaciones marcadas originalmente por completo. El cambio al chipset Aitana ++ (de reciente creación), confiere a la arquitectura la estabilidad deseada en ese punto, con la topología lógica y un flujo adecuado para el tránsito de mensajes estimado.

Comunicaciones LAN – Stack Konnex.

Durante la fase de prueba y validación se han llevado a cabo modificaciones en el software de Comunicaciones LAN, como pueden ser:

- Para la primera fase de pilotaje en GAD1 se ha restringido el número de direcciones físicas. Lo que de alguna manera facilita el uso de la configuración Easy Push Button Mode de Konnex, que se adapta correctamente a las necesidades del proyecto en su fase de experimentación y que facilita la posterior estandarización de la pila desarrollada.
- Se ha aumentado el tiempo Timer_KNX_Tx en las Cargas, pasando de 0,5 segundos a 3 segundos para adaptarse al tiempo de respuesta necesitado por el Algoritmo de Control de Cargas que se ejecuta en el DCCA

Con todo y con eso, el proceso de estandarización requiere de un periodo de tiempo más o menos extenso, donde los cambios realizados conllevan un riesgo de que ésta no se produzca.

Comunicaciones BPL-LAN

Dado que las futuras redes LAN que se creen en los hogares con dispositivos GAD podrán sufrir varias amenazas y riesgos, en el Proyecto GAD se ha trabajado en implementar diferentes sistemas de seguridad, aprovechando las propias características al respecto del protocolo IP, así como de las herramientas que está desarrollando la Asociación KNX (el llamado mecanismo EIBsec) o en el estándar BPL.

Los posibles problemas pueden venir dados tanto por interferencias con redes vecinas, en los que el uso o control de ciertos dispositivos de un hogar interfiera en los de la red de otro hogar cercano, como por intrusiones de personas malintencionadas que puedan penetrar en nuestro sistema, interceptar las comunicaciones y modificar los datos u órdenes del sistema.

Comunicaciones PRIME

Este punto hace referencia a las dificultades encontradas en el desarrollo de las comunicaciones entre los dispositivos DCONTA y DCCA. En las tareas concernientes a comunicaciones se observó que las arquitecturas desarrolladas presentaban una serie de limitaciones que vienen impuestas por la capa de convergencia 4-32 y la estructura servidor-cliente en que se basa DLMS-COSEM. Se advierte así que en la capa de convergencia de PRIME para IEC 1334-4-32 (HDLC) las comunicaciones entre nodos de servicio no son posibles

Tras un intenso análisis, y de entre todas las propuestas se observó que los pasos a seguir en el trabajo a realizar dentro del proyecto era:

1ª etapa: Desarrollo del polling cíclico para el trabajo del piloto GAD.

Esta solución se plantea como una posible metodología inicial que encuentra su primera limitación en el número de dispositivos a los que se haría el polling, ya que no puede pretenderse alcanzar un gran número de ellos en un corto periodo de muestreo. Sin embargo, debido a lo reducido de las experiencias en cuanto a número de dispositivos en el laboratorio GAD, es una opción aceptable para ese caso concreto.

Respecto al período de refresco de potencia, se decide que sea no determinista, para poder aprovechar al máximo el canal de comunicaciones. Los inconvenientes en este caso, son que puedan existir situaciones en que el dato último de potencia refrescado en DCCA no sea ya válido. Para ello se fijará un tiempo máximo de validez del dato leído. Si no se ha refrescado durante ese tiempo, se considerará el mismo caso que en la pérdida de comunicación WAN y se actuará como tal (no ejecutar el algoritmo y transmitir aviso del fallo)

2ª etapa: Modificación de la capa de convergencia 4-32 y estudio de la necesidad de repetidores

Esta solución no se plantea inicialmente como viable para un laboratorio GAD, ya que supone un margen de tiempo de desarrollo del cual no se dispone.

Se contempla como mejora incremental respecto de la solución planteada para las experiencias. Mejoraría mucho (combinada con la alternativa de la 3ª etapa) la ocupación del canal WAN de acceso.

3ª etapa: Plantear futuras mejoras en cuanto al Companion Standard de DLMS.

El DCCA se comportaría como servidor y como cliente, de manera que podría interrogar directamente a DCONTA, siempre y cuando la etapa anterior se implemente. Esta se plantea como mejora incremental a la solución planteada en las experiencias GAD. El resultado indudable sería una cuantiosa mejora en la ocupación del canal WAN de acceso

3.2 Conclusiones técnicas

A la luz de los desarrollos realizados en el proyecto y tras las diferentes fases de pruebas e integración de los mismos, la primera conclusión que cabe extraer es que la tecnología requerida para la implantación de la Gestión Activa de la Demanda es viable. Se trata de una tecnología existente y cabría definir una arquitectura acorde a las necesidades que se planteen en cada caso, para disponer de ella de manera inmediata.

Junto con esto, estos desarrollos son aplicables a todos los electrodomésticos del hogar, sin embargo, los estudios del proyecto GAD han demostrado que la propia tipología de las cargas las define como gestionables o no, por lo que el control asociado a alguna de ellas no supera la mera comunicación de estado, consumos, etc. Este es el caso, por ejemplo, del frigorífico, por las pérdidas que ello puede suponer o la vitrocerámica en lo referente a la pérdida de confort asociada, como vendrá a explicarse posteriormente en el documento junto a la caracterización realizada al analizar los perfiles de usuario.

Por otra parte, la madurez de los desarrollos realizados durante los 4 años de proyecto, corresponden con la de un prototipo, como venía explicándose hasta el momento, cuya comercialización o inmediata integración en hogares reales, requiere de un proceso de adaptación, de industrialización.

En el primer punto de esta fase, se necesita reducir los consumos en stand-by de los módulos integrados, de manera que se cumpla con la normativa vigente de sistemas electrónicos alimentados en el hogar. En este sentido, es el Reglamento (CE) No 1275/2008 de la Comisión de 17 de diciembre de 2008 por el que se desarrolla la Directiva 2005/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo concerniente a los requisitos de diseño ecológico aplicables al consumo de energía eléctrica en los modos «preparado» (stand by) y «desactivado» de los equipos eléctricos y electrónicos domésticos y de oficina y que fija los valores máximos que son y serán admisibles para los equipos a los que aplique.

Con todo y con eso, los avances del proyecto, han permitido detectar la posibilidad técnica de optimizar los consumos para evitar apuntamientos y adaptar la curva a las necesidades de la infraestructura.

Independientemente de esto es necesaria la inversión en nuevas infraestructuras, dado que la arquitectura planteada para las comunicaciones requiere de la integración de dispositivos tanto en los centros de transformación, como en las subestaciones, sin contar con la infraestructura necesaria en el propio hogar donde lo deseable sería involucrar a comercializadoras, promotoras, etc.

Por otra parte, la propia madurez de las redes inteligentes permitirá contar con estos elementos nuevos en la red eléctrica.

Durante el desarrollo de GAD, se han implementado diferentes aplicaciones software de gran utilidad para el control del sistema y la integración de funcionalidades necesarias para la optimización de las infraestructuras existentes (Ver imagen).

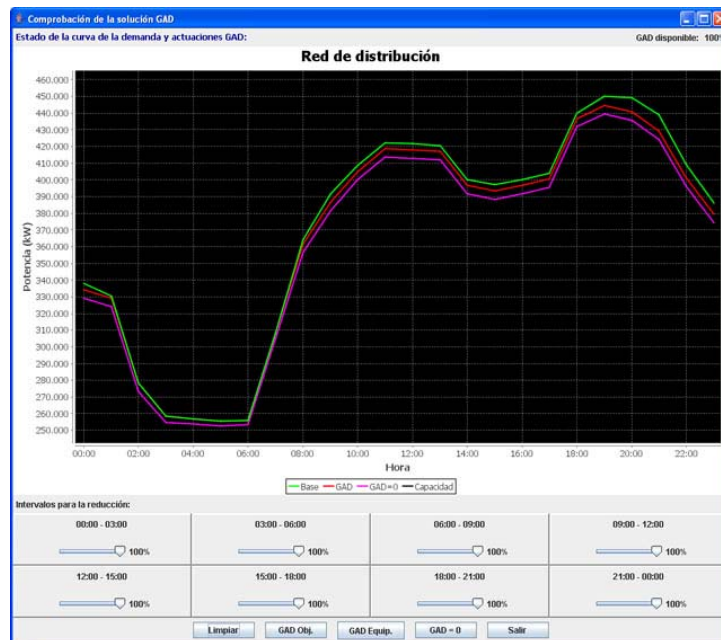


Ilustración 3: Imagen de la aplicación desarrollada por el Operador de distribución para análisis de la curva de demanda y actuación sobre el sistema GAD. Fuente: Iberdrola Distribución en sus desarrollos de la tarea PT3

En este sentido, una de las conclusiones extraídas es la necesidad de implementar en los sistemas de control, nuevas funcionalidades mediante algoritmos que permitan regular la tensión y los flujos de potencia. Los desarrollos del proyecto requerirían de optimizar los tiempos de envío tenidos en cuenta durante el proyecto que podrían suponer colisiones de mensajes en su aplicación al sistema global donde el número de nodos se amplía considerablemente.

4 Análisis de clientes y experiencias

Una de las principales facetas del proyecto, ha sido su enfoque constante hacia el cliente, trabajando para los desarrollos sobre la base de un análisis de los perfiles de consumo en el territorio nacional, así como de los resultados obtenidos en experiencias internacionales.

El cliente, desde su perfil de usuario final, será receptor último del servicio GAD, por lo que su figura representa el éxito o el fracaso de los desarrollos realizados y la integración de los mismos dentro de la sociedad.

En la figura del cliente confluyen diferentes aspectos, tanto sociológicos, como económicos, tecnológicos, etc., que lo convierten en un elemento complejo a tener en cuenta para la integración de cualquier sistema en la sociedad. Por tanto, el empleo de este servicio de gestión activa de la demanda en los hogares, supone el test final para la tecnología surgida del Proyecto GAD, así como para el concepto mismo de gestión activa de la demanda.

Las etapas finales que se mantienen al margen del alcance del proyecto, suponen la preparación de todos los desarrollos para una implantación real, donde la presencia de los expertos de producción, industrialización y marketing, resultan fundamentales para obtener los objetivos deseables la incorporación adecuada de cualquier nuevo "producto" al mercado.

Por ello, tanto las fases de industrialización de los prototipos desarrollados, así como las campañas de concienciación y difusión a tener en cuenta en la implantación del servicio GAD, pese a no tener cabida dentro de la convocatoria de este proyecto, sí son foco de estudio en sus últimas tareas.

De esta forma, a través de los datos recibidos de las encuestas realizadas (tanto en la tarea 1.2 para la caracterización de los perfiles de consumo del usuario, como en la tarea 7.3 para analizar la percepción del cliente del servicio GAD), la monitorización de los consumos, el análisis de los resultados de otras experiencias, etc., se pretende obtener un conocimiento útil para la implantación futura del sistema, así como para extraer conclusiones acerca de la idoneidad de los desarrollos llevados a cabo.

4.1 Estudio teórico

En primer lugar, la identificación de la disposición de los clientes al ahorro energético en su consumo diario, así como del equipamiento de que disponen, ha permitido detectar los diferentes

niveles de aplicabilidad y proceder al desarrollo de aplicaciones posteriores, tanto en campo como a nivel simulación.

Para el análisis del equipamiento se han clasificado los electrodomésticos atendiendo a su representatividad en un hogar medio, según fueran representativos en un hogar medio actual (Grupo A), menos extendidos en el mercado pero aumentando su presencia (Grupo B) o presentes en los hogares pero cuya forma de funcionamiento hace difícil que puedan ser objeto del proyecto GAD (Grupo C).

Y posteriormente analizando la curva de consumo y el ciclo de trabajo teniendo presente que:

- **Caracterizar las curvas de consumo de energía eléctrica** de un equipo significa conocer de forma cuantitativa el valor del consumo eléctrico en función del comportamiento de los componentes que generan ese consumo.
- **Caracterizar los ciclos de trabajo** de un equipo significa identificar sobre la curva de consumo anterior cuál o cuáles elementos activos están consumiendo en cada instante. Con la caracterización de los ciclos de trabajo se obtiene una curva que relaciona el consumo total del equipo frente al tiempo, definiendo tanto los valores de amplitud del consumo (Amperios o Watios) como la forma de la curva (pulsos, picos, valles,...) y el instante de tiempo en el que se produce cada consumo, permitiendo diferenciar las fases existentes dentro de un programa determinado.

Finalmente, las cargas se pueden clasificar atendiendo a los ahorros de energía. Así, según el criterio indicado en el código de colores mostrado, se establece la caracterización de cada uno y sus posibilidades de gestionabilidad, tan interesantes y necesarias para los posteriores desarrollos realizados en el proyecto GAD:

Verde:	Ahorro de Potencia Instantánea Importante (30-100%)
Naranja:	Ahorro de Potencia Instantánea medio (5-30%) ó Incremento de Energía Total medio
Rojo:	Ahorro de Potencia Instantánea despreciable (<5%) ó Incremento de Energía Total Importante ó Disconfort inaceptable por el usuario

AHORRO ENERGÉTICO ACCIONES DE CONTROL	GRUPO A					GRUPO B		
	LAVADORA	LAVAVAJILLAS	HORNO	VITROS CONVENCIONALES	FRIGORÍFICOS	SECADORA	PLACAS INDUCCIÓN	ROBOT SECADO DRESSMAN
Bloqueo Total	2,3 Kw 1,85 Kwh	2,3 Kw 1,32 Kwh	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	2,5 Kw 4,4 Kwh	Inaceptable	3,1 Kw 0,775 Kwh
Limitación Programas ECO o similares	1,6 Kwh	0,65 Kwh				2,2 Kwh		0,6 Kwh
Bloqueo de la Limpieza Piroclítica			3,6 Kw 4,4 Kwh					
Bloqueo de la Función Sprint			1,4 Kw 0 Kwh	0,7 Kw 0 Kwh			0,8 Kw 0 Kwh	
Limitación a Platos Preprogramados			0 Kw ? Kwh					
Limitación Zonas Cocción Simultáneas				2,4 Kw/zona			3,6 Kw/zona	
Limitación Termostato a P _{min}					0 Kw < 0,06 Kwh			
Limitación Potencia	< 0,4 Kw > E _{TOTAL}	< 0,8 Kw > E _{TOTAL}	> E _{TOTAL}			< 0,5 Kw		< 0,5 Kw
Limitación Potencia por Zonas Cocción				1,2 Kw/zona 0 Kwh			1,8 Kw/zona 0 Kwh	
Reducción T _{h2o} en tiempo real	< 0,23 Kw	< 0,23 Kw						
Reducción r.p.m./Q _{h2o} /Q _{aire} /T _{aire} en tiempo real	< 0,2 Kw < 0,05 Kwh	< 0,02 Kw < 0,01 Kwh				< 0,25 Kw		< 0,3 Kw
Reducción T _{Cocción} /P _{H2O} en tiempo real			Inaceptable	Inaceptable			Inaceptable	
Aumento T _{Friigo-Consigador} en tiempo real					0 Kw < 0,02 Kwh			
Sincronización Ciclos On/Off Zonas Cocción				Consultar informe PT1.1.3.			2 Kw 0 Kwh	
Interrupción de Ciclo de Trabajo	< 2 Kw	< 2 Kw < 40%	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	< 2,5 Kw	Inaceptable	< 3,1 Kw

AHORRO ENERGÉTICO ACCIONES DE CONTROL	GRUPO A				GRUPO B	GRUPO C
	SISTEMAS AIRE ACONDICIONADO	SISTEMAS AGUA CALIENTE	RADIADOR ELÉCTRICO	RADIADOR ECO-EMISOR	ROBOT PLANCHADO DRIRON	LÍNEA MARRÓN/GRIS
Bloqueo Total	Inaceptable				2,6 Kw 4,2 Kwh	Inaceptable
Bloqueo Total en Calentamiento		< 2 Kw (solo 10' y si T>50°C)	Inaceptable	Inaceptable		
Bloqueo Total en Mantenimiento		< 2 Kw (solo 20')	< 2,5 Kw	< 1,5 Kw		
Limitación Programas ECO o similares				< 50 %	2,8 Kwh	
Limitación Potencia		< 0,5 Kw	< 1,5 Kw (con regulador de niveles de potencial)		No recomendable	
Limitación Potencia Máxima Compresor	< 1,4 Kw					
Modificación rango T _{Ref} en tiempo real	< 1,8 Kw					
Reducción T _{consigne} en tiempo real			Despreciable	Despreciable	No recomendable	
Interrupción de Ciclo de Trabajo					< 2,6 Kw < 4,2 Kwh	Inaceptable
Interrupción Ciclo Calentamiento		< 2 Kw (solo 10' y si T>50°C)				
Interrupción Ciclo Mantenimiento		< 2 Kw (solo 20')				

Continuando con la disposición de los clientes, se ha medido tanto en el desarrollo de las tareas en el paquete de trabajo 1.2, donde se han identificado las principales variables que pueden caracterizar el comportamiento de los clientes, así como los principales equipos gestionables, como en posteriores análisis del paquete de trabajo 2 y 7, analizando las posibilidades de negocio y la percepción social de los servicios propuestos.

Para llevar a cabo este trabajo, se ha partido de la información aportada por los diferentes socios involucrados en la tarea, así como de estudios previos elaborados, a partir de los cuales se pudo realizar un análisis del estado del arte enfocado al objetivo principal de este análisis de clientes.

Gracias al análisis de esta información, se decide abordar la tarea atendiendo a dos dimensiones:

- Dimensión socio-económica
- Dimensión consumo eléctrico
 - o Trimestral: Comportamiento estacional
 - o Cuarto horario: hábitos de consumo diarios.

La realización del estudio atendiendo a estas dos dimensiones, ayudó a identificar al grupo de clientes objetivo, sobre el que estudiar hábitos y consumos.

Se realiza por lo tanto en paralelo, un análisis de los clientes basándose en las dimensiones seleccionadas. Por un lado, mediante la base de datos de clientes de la Distribuidora (en concreto de Iberdrola), se identifica que grupo de clientes se puede gestionar (Dimensión Consumo Eléctrico) y por otro lado, mediante el análisis de los hábitos y usos de los clientes, se obtendrá que equipos son adecuados para poder realizar la gestión de la demanda. (Dimensión socio-económica)

Para caracterizar la **dimensión consumo**, se establecen dos enfoques diferentes:

- *Enfoque1: Análisis de las Bases de Datos de clientes de Iberdrola.* Permite incidir sobre los consumos bimestrales de los clientes. En base a los datos que caracterizan a cada uno de los clientes, se realiza una segmentación en base a consumos.
- *Enfoque2: Medición de consumos cuarto-horarios en panel representativo de clientes.* Permite conocer los hábitos de consumo de dichos clientes, por medio del registro de las curvas de carga de los clientes seleccionados.

La segmentación inicial de clientes se realizó analizando grandes volúmenes de información mediante determinadas técnicas o métodos especializados que se conocen por el nombre de *Minería de Datos* o *Data Mining*. Estas técnicas tienen como objetivo descubrir patrones, perfiles y tendencias a través del análisis de los datos utilizando tecnologías de reconocimiento de patrones, redes neuronales, lógica difusa, algoritmos genéticos y otras técnicas avanzadas de análisis de datos.

De entre todos los métodos de segmentación contemplados, se observó que el más apropiado para este caso era la red neuronal no supervisada SOM debido a su capacidad para la clasificación de nuevos individuos y a su capacidad para mostrar resultados gráficamente.

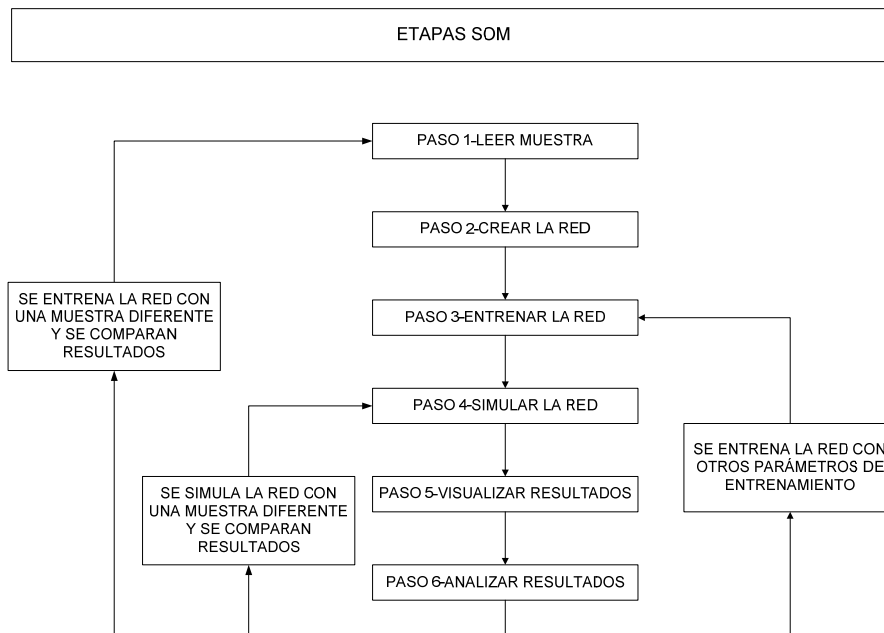


Ilustración 4: Etapas de aplicación del algoritmo SOM. Fuente: PT1.2 Proyecto GAD

Además, para poder identificar los rasgos significativos que determinan a los clientes, se seleccionaron un cierto número de campos del total de la base de datos, a los que realizar estos primeros análisis. La selección fue de campos que por un lado, representarían la muestra y por otro lado, fueran significativos y ayudaran a realizar distinciones entre diferentes tipos de clientes.

Para caracterizar la **dimensión socioeconómica**, partiendo de la información disponible analizada al principio de la tarea, se diseña una encuesta con el fin de conocer los equipos y usos de los mismos por parte de los clientes.

Una vez diseñada la encuesta, y partiendo de una primera selección de clientes en base a unas premisas de consumos mínimos anuales y trimestrales, se obtiene una batería de clientes para poder encuestar.

Con los resultados extraídos de dichas encuestas y las conclusiones extraídas del análisis de la dimensión de consumo eléctrico, se completaron los resultados entre ambas subtareas para obtener así una segmentación de clientes en base a su consumo y hábitos de uso.

Cabe destacar de entre los indicadores establecidos para el estudio de clientes, el potencial energético gestionable cuyos cálculos tienen en cuenta los datos de consumo de electrodomésticos, proporcionados por:

- Entregable PT1.1 Análisis de Cargas- Informe Técnico PT1.1.1.+PT1.1.2. (Proyecto GAD)
- IDAE: Guía práctica de la energía. Consumo eficiente y responsable
- Diferentes artículos publicados en revistas de investigación cuyas referencias constan al final del documento.

Puesto que se disponía de los usos y horas de funcionamiento de los equipos eléctricos, en base semanal, por parte de los clientes, se ha podido calcular un valor indicativo de la demanda eléctrica gestionable. Notar que para el cálculo de dicho indicador, se han considerado exclusivamente los equipos, que, según el PT1.1 de Análisis de Cargas¹, son susceptibles de aplicar consignas de actuación GAD sobre ellos.

El objetivo de este indicador es, considerando para cada uno de los clientes, su disponibilidad de equipos y en base a las respuestas de usos u horas de uso a la semana, calcular el consumo gestionable que realizan a la semana, y analizarlos a partir de éste valor.

Se resalta este indicador dado que en España, se une la fuerte dependencia energética a un comportamiento de la demanda caracterizado por tener un perfil horario de consumo muy apuntado (como puede verse en la ilustración). Esta relación se agrava en el mercado doméstico donde la relación punta-valle se duplica incluso cuadruplica.

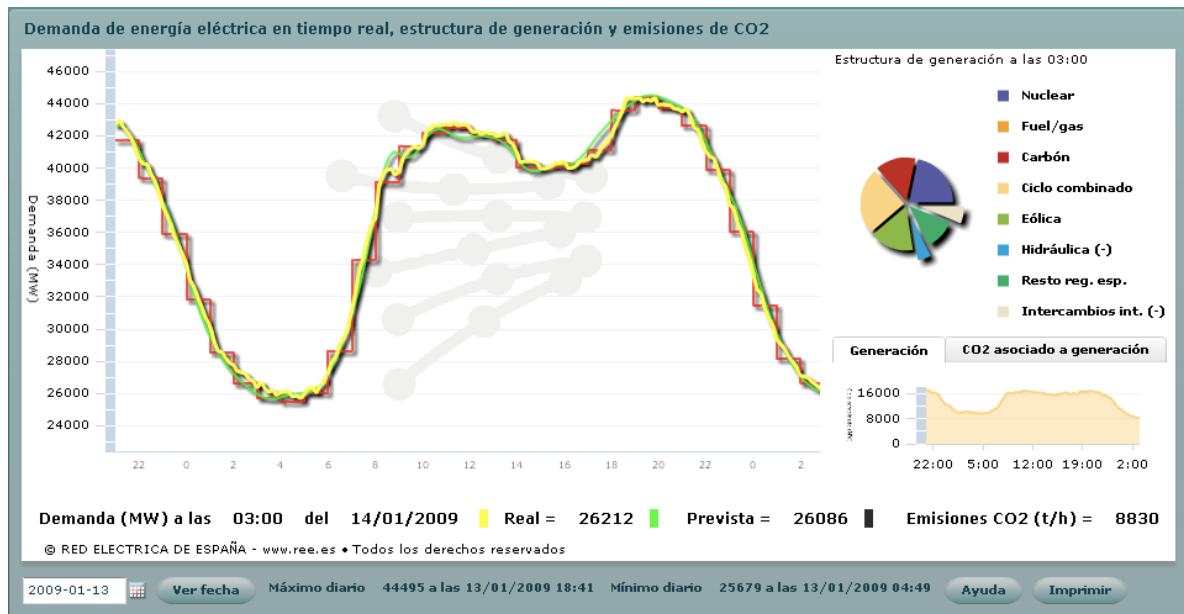


Ilustración 5: Curva carga nacional del día 13 de enero de 2009. Máxima demanda horaria. Fuente: REE

¹ PT1.1: Análisis de las cargas. Efectúa el análisis de las acciones de control realizables sobre los electrodomésticos y la posible reducción que podría suponer tanto en términos de potencia como en términos de energía.

Se hace evidente que el mercado doméstico tiene margen para contribuir a la Gestión Activa de la Demanda, por lo que se mostraba necesario el estudio e este potencial gestionable que posteriormente ha de ser empleado por las herramientas GAD que permiten poner en valor la capacidad de modular su consumo que tiene el usuario.

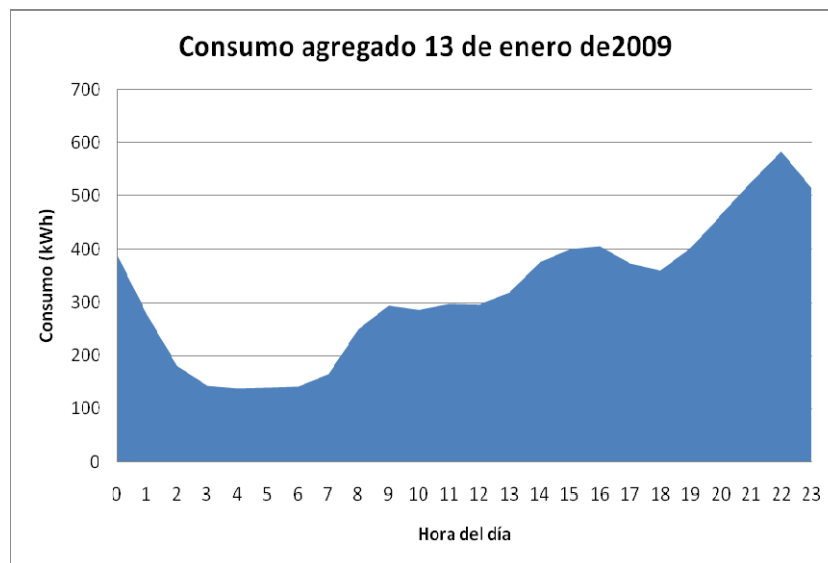


Ilustración 6: Curva horaria panel consumos domésticos. Fuente: Proyecto GAD.

Finalmente, destacar, que a partir de todos los análisis y caracterización de patrones realizados se concluía que:

- Con los datos disponibles en la actualidad, tan solo se pueden extraer conclusiones a nivel "macro" (consumos estacionales). Para poder extraer conclusiones de hábitos de consumo, se debe disponer de información de horas de uso de los electrodomésticos y consumos distribuidos a lo largo del día (curvas de carga). Ello se realizará en una fase posterior cuando se obtengan los registros de los contadores con medición de curva cuarto-horaria instalados.
- Se han obtenido un total de 12 grupos, siendo 8 de ellos de mayor representatividad. Dichos grupos se clasifican por sus diferentes niveles de consumo (consumo alto – consumo medio – consumo bajo), y por la estacionalidad de los mismos. (Pico de Invierno – Pico de Verano)
- La mayoría de los clientes, el 95% de los mismos, presentan apuntamiento de su demanda bien en invierno, verano o ambos.
- Sólo un 20% de la muestra presenta consumos elevados. El resto de la muestra responde a clientes de consumo bajo o medio.

Por otra parte, el análisis de las diferentes experiencias realizadas a nivel internacional, ha permitido el desarrollo de un modelo de elasticidad más adecuado a la aplicación de simulación definida, conocer el avance del consumo energético en España en referencia al realizado en otros países, así como diseñar una serie de escenarios de pruebas para la simulación del sistema y la obtención de resultados a nivel energético y económico.

La caracterización de la predisposición social a acoger en sus hogares las tecnologías y servicios GAD, se llevó a cabo mediante un estudio realizado a miembros de la comunidad del Máster en Domótica y Hogar Digital de la UPM, así como a diferentes contactos del proyecto GAD (a través de su página Web), de la Comisión Multisectorial del Hogar Digital y de Foresis.

A través de una encuesta se analizaba la percepción del usuario acerca del sistema de gestión activa de la demanda desde diferentes prismas, observando que,

- **Utilidad:** La mayor parte de los encuestados, con cifras superiores en todos los casos al 75%, está de acuerdo con que GAD se trata de un sistema útil.
- **Facilidad de uso:** Más del 75% considera que el sistema resultaría sencillo y fácil de usar respecto a su capacidad, mostrándose en general acostumbrados a emplear sistemas tales como dispositivos de control y automatización y electrodomésticos inteligentes.
- **Actitud:** La mayor parte de los encuestados considera que el sistema GAD es una buena idea y estaría de acuerdo en emplear el sistema e incluso participar en una prueba piloto del mismo.
- **Intención:** Más del 65%, se encuentra en disposición de emplear el sistema GAD en los próximos meses.
- **Uso:** En su mayoría se ve bien que la frecuencia de mensajes ronde uno o dos mensajes mensuales.
- **Norma subjetiva:** La mayoría se muestra conscientes de la problemática energética, aunque existen reticencias en pensar que la sociedad aceptará el sistema GAD para paliar estos problemas.
- **Comportamiento percibido:** La percepción de los encuestados sobre el sistema GAD es la de un sistema sencillo y del que tiene los conocimientos necesarios como para manejarlo, aunque consideran adecuado la implementación de ayudas.
- **Compatibilidad:** La respuesta de los encuestados es favorable a la adopción del sistema GAD dentro de su modo de vida, sin considerar que va a afectar demasiado a la manera en la que realiza sus actividades diarias, con porcentajes siempre mayores al 70%.
- **Coste:** En su mayoría están dispuestos a hacer inversiones muy bajas (en general por debajo de los 500€) con tiempo de amortización de entre 1 y 3 años.

- **Calidad del servicio:** Parámetros de calidad que oscilasen entre un día y varias horas como tiempos mínimos de antelación para recibir una orden de desconexión; y con duraciones de entre menos de una hora y algunas horas como tiempos de duración de las desconexiones.
- **Uso remoto:** El uso remoto del sistema es un elemento indispensable según la opinión de prácticamente todos los encuestados.

4.2 Estudio práctico

4.2.1 Experiencia GAD1

Para la validación técnica de los dispositivos y analizar su posible impacto en un hogar durante el uso diario de los servicios GAD, a lo largo del proyecto, se ha integrado la solución adoptada en un entorno real controlado, es la llamada Sala de demostración GAD1.

Dado que la Sala de demostración GAD1 aglomera los dispositivos necesarios para la comprobación tecnológica de las pruebas de campo planteadas en el proyecto Gestión Activa de la Demanda, una vez cerrado el apartado de integración de los mismos, este escenario puede emplearse como la primera de las pruebas.

Los objetivos conceptuales, así como el análisis de resultados a nivel energético y económico, quedan enmarcados dentro de las experiencias simuladas que se realizarán en la tarea PT7 como herramienta para la *Validación de resultados* y que se introducen en posteriores apartados.

Para que el desarrollo de las pruebas tuviera el efecto y resultado esperado, se ha contado con la colaboración de todos los participantes en este paquete. Esto incluye, fabricantes de electrodomésticos, fabricantes de equipos de climatización, ingenierías de sistemas y software, distribuidores de energía eléctrica y el operador del sistema.

Para el desarrollo de esta tarea se realizaron las siguientes actividades:

- Determinación del programa de pruebas del sistema
- Simulación de escenarios: supuestos de consumos y contingencias en la red
- Ajuste de parámetros del sistema
- Recogida de datos
- Análisis de resultados

En este sentido, se define en primer lugar la arquitectura del sistema probado, que ya fue descrita en la tarea *Diseño de experiencias*. Junto con esto, se plasma en este documento la selección de los escenarios seleccionados para la prueba. Estos se basan tanto en los dispositivos integrados en el sistema, como en los perfiles de pruebas con que se cuenta y que han sido asemejados a determinados prototipos extraídos en tareas anteriores del proyecto.

Para el desarrollo de estas pruebas se ha medido el consumo real de los equipos, procediendo posteriormente a la planificación horaria de su uso de una manera similar al uso mostrado por los perfiles caracterizados en los primeros paquetes de trabajo del proyecto.

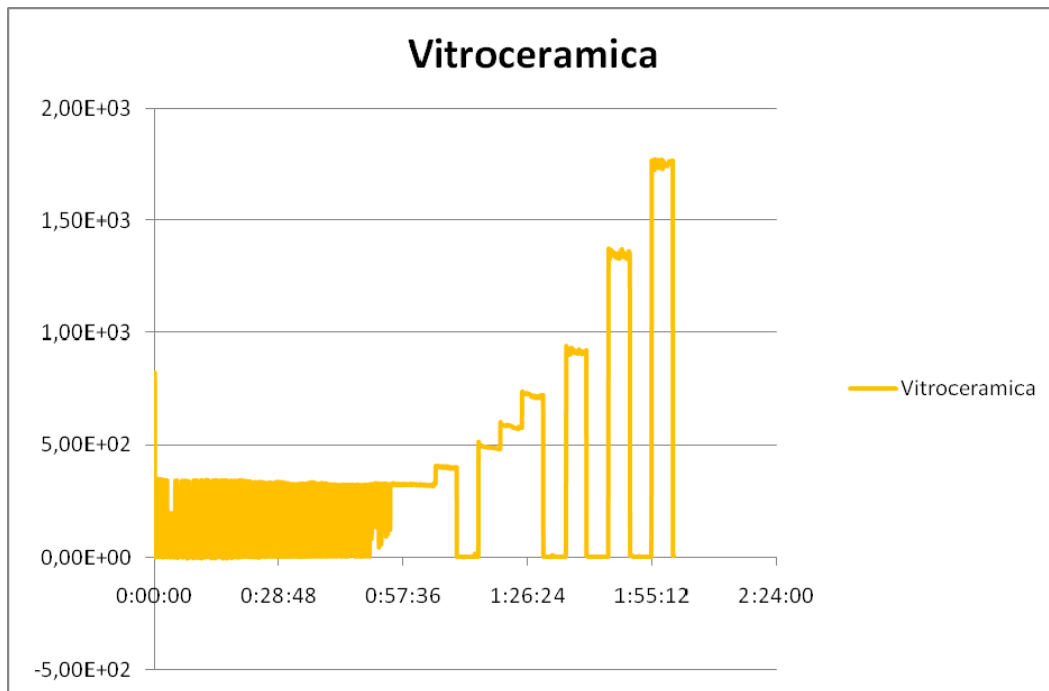


Ilustración 7: Curva de consumo medida con vatímetro en el funcionamiento de la vitrocerámica a medida que aumenta la potencia del fogón. Fuente: Proyecto GAD.

La realización física de las pruebas se hizo en el Instituto Tecnológico de la Energía, limitando los horarios de las mismas al plan de trabajo propuesto en función de perfiles de consumo analizados en otros paquetes de trabajo del proyecto y aumentando la velocidad del reloj del algoritmo, permitiendo así mayor cantidad de pruebas en el mismo espacio de tiempo.

El análisis de los resultados ha mostrado que el comportamiento del algoritmo se ajusta al perfil estudiado evitando de manera automática el posible accionamiento del ICP y en caso de envío de órdenes de limitación, actuando de forma automática en las gestiones de los electrodomésticos según las preferencias indicadas por el usuario.

Así pues, el primer escenario, llamado escenario base, mostraba la bondad del algoritmo en el ajuste de la curva al perfil seleccionado de consumo (el de mayor representatividad mostrada en los primeros paquetes de trabajo para cada estación del año y cada tipo de día, laboral o festivo).

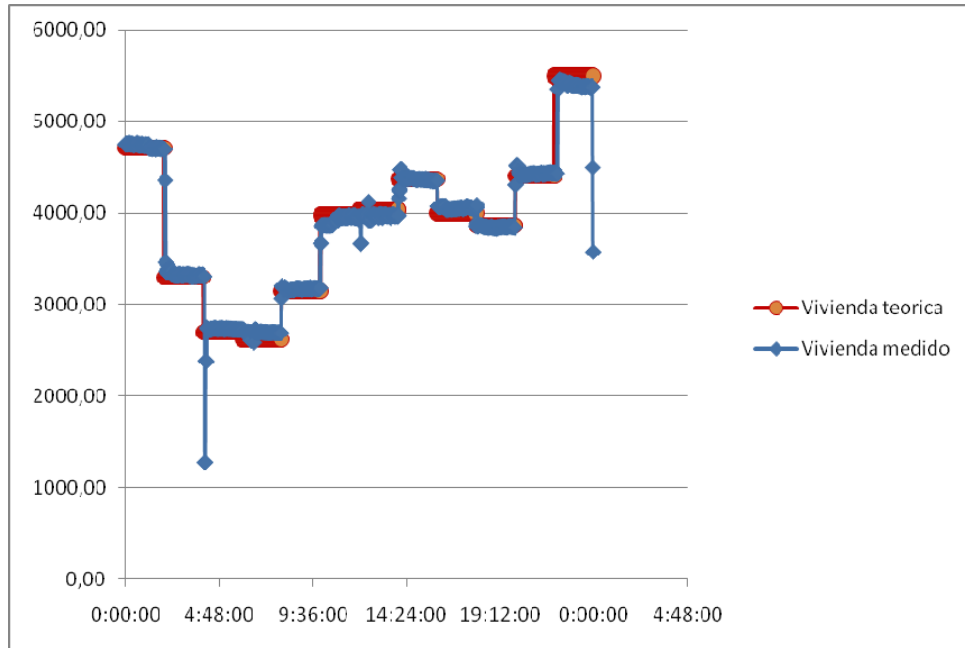


Ilustración 8: Curva de consumo teórica extraída de los valores de perfiles caracterizados y Curva medida con vatímetro en el Laboratorio GAD1. Correspondiente a día laboral de otoño. Fuente: Proyecto GAD.

A continuación, el envío de órdenes de actuación de acuerdo a la definición de las simulaciones que se planteaban en tareas posteriores, mostraba la funcionalidad del algoritmo y del sistema en general en este caso, en el escenario de aplicación propia del servicio GAD.

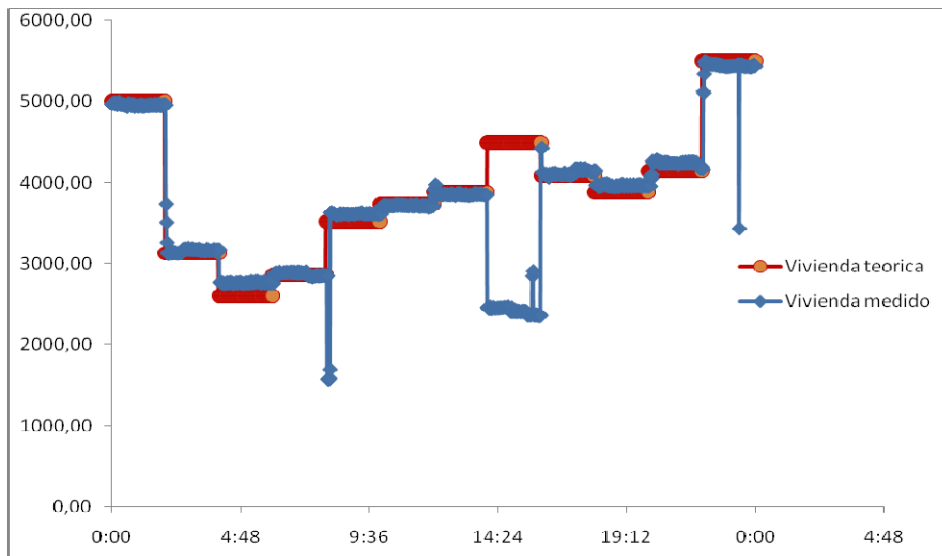


Ilustración 9: Curva de consumo teórica extraída de los valores de perfiles caracterizados y Curva medida con vatímetro en el Laboratorio GAD1 con consigna de limitación de 2h a las 14h. Correspondiente a día laboral de otoño. Fuente: Proyecto GAD.

La arquitectura correspondiente a la Sala de demostración GAD1 queda descrita en el documento "*Diseño de experiencias*", respondiendo al siguiente esquema:

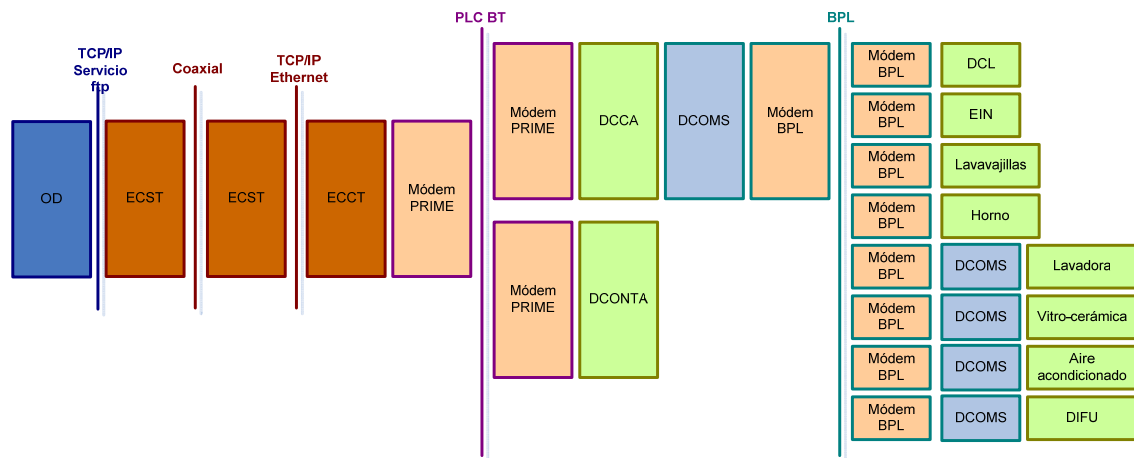


Ilustración 10: Esquema modular de la arquitectura GAD1. Secretaría GAD. Junio 2010

Por lo que en resumen, esta prueba estaba dotada de un dispositivo de control de líneas, enchufe inteligente, 4 electrodomésticos (lavadora, lavavajillas, horno, vitro-cerámica) y aire acondicionado. Además, de los diferentes sistemas de iluminación de la sala, un frigorífico que se ha integrado en el laboratorio y de la alimentación de los sistemas de monitorización previstos.

Finalmente, a través del software de recogida de datos y de las plantillas previstas a tal efecto, se analizaban los resultados de la tarea

Las conclusiones extraídas, se centran en la tecnología desarrollada y la bondad del sistema, que ha mostrado que:

- El algoritmo optimiza el uso de los electrodomésticos, gestiona las órdenes de limitación y amplía las ventajas tarifarias para el usuario.
- Se minimizan las posibles contingencias debidas a la proximidad del consumo real a la potencia contratada, reduciendo las posibilidades de necesitar actuar sobre del ICP.
- Debido a los procesos de arranque programados en el algoritmo, la adaptación de los electrodomésticos a la demanda del usuario se realiza de manera más suave y escalonada.
- La integración de la tecnología GAD es posible y está disponible.

4.2.2 Plataforma de simulación

A lo largo del proyecto GAD se han desarrollado dispositivos, sistemas y procedimientos encaminados a obtener un cierto grado de gestionabilidad en la demanda eléctrica del sector residencial.

La validación de todas las propuestas planteadas, no sólo requiere de una prueba técnica en laboratorio, como la presentada en la “Experiencia GAD1”, sino se estimaba fundamental conocer el impacto energético que un servicio como el propuesto por el Proyecto GAD causaría en el conjunto del sistema eléctrico español.

Dado que el alcance del proyecto impedía un despliegue masivo, junto a los diferentes análisis realizados por los fabricantes que han tomado parte durante los años de desarrollo de GAD, se especifico e implementó una herramienta de simulación para reproducir los efectos de esta implantación y poder planificarla de una manera más acertada.

Este desarrollo se basa en una plataforma, diseñada para simular y estudiar entornos tanto de comunicaciones como de análisis energéticos, dando una visión completa de la red. De esta forma, se ha realizado una simulación interactuando de la misma forma que se realizaría en un despliegue real.

Para ello, la plataforma proporciona las herramientas de conectividad necesarias para que las aplicaciones creadas en los Agentes puedan interactuar, entre ellas y con el sistema. Y también, implementa y reproduce el funcionamiento de dispositivos y protocolos de comunicación, así como la caracterización eléctrica de cualquier nodo de la red, desde los usuarios hasta los distribuidores, pasando por cajas, centros de transformación o subestaciones.

Junto con este desarrollo, se establecieron una serie de escenarios, que parten de una situación inicial de referencia y sobre la que se han aplicado fundamentalmente servicios GAD basados en señales de precio horarias y en consignas de reducción de potencia demandada en determinados periodos horarios.

Los escenarios desarrollados parten de un escenario base de demanda sin GAD y con una tarifa TUR como la existente en el momento de la prueba. A partir de este escenario base se generan un conjunto de variantes asociadas bien a escenarios técnicos con implementación de órdenes de limitación de potencia en momentos de hora punta o de máxima demanda y en momentos que favoreciesen la integración de la generación eólica. Y también, escenarios económicos con señales de precios horarias que abarcan desde la discriminación horaria de dos periodos sencilla, hasta señales RTP o CPP.

4.3 Barreras sociales y Puntos de decisión

Muestra de la encuesta

Durante el despliegue de las encuestas analizado en la tarea PT7.3 se han podido comprobar las pretensiones que la gente mostraba ante la integración de nuevas tecnologías dentro de sus propios hogares, referidas sobre todo a la percepción en la utilidad del sistema, el coste inicial de las mismas y la necesidad de formación requerida en personas carentes de conocimientos tecnológicos, así como su adaptación a la vida cotidiana.

Los análisis estadísticos llevados a cabo durante el último periodo de trabajo del proyecto demuestran que la mayor parte estaría de acuerdo en la utilidad del sistema, mostrándose dispuestos a emplearlo, aunque existen diferencias significativas entre los encuestados sobre su aceptación del número de órdenes de limitación planteado.

Por otra parte, es remarcable el reducido coste que se espera invertir en esta implantación del sistema, no superando en ningún caso los 300€, con una amortización planteada entre 1 y 3 años.

Por lo general los encuestados sí se muestran conscientes de la problemática energética, aunque existen reticencias en pensar que la sociedad aceptará el sistema GAD para paliar estos problemas. En caso de ser usuarios, sin embargo, se muestran dispuestos a hablar y mostrar el sistema a sus personas cercanas.

Del constante estudio llevado a cabo a lo largo de los 4 años de proyecto y más profundamente en el proceso de análisis de la divulgación, se ha observado que la actitud del ciudadano preocupado por el medio ambiente y la eficiencia energética, tropieza en muchos casos con la innovación tecnológica que presupone bien una formación básica, o bien una adaptación que supone un esfuerzo extra para el usuario. Son determinantes, por tanto, la facilidad de uso, la utilidad percibida y la compatibilidad del uso del sistema con la realización de las actividades diarias.

Pese a todo, en el estudio se identifican algunas mermas significativas, por lo que la recomendación fundamental a futuro es la de poder realizar la exploración de manera más completa que permita conocer la opinión de toda la población, sin que surja ningún sesgo relevante en la muestra.

4.4 Barreras energéticas y Puntos de decisión

Monitorización real de clientes

La barrera más significativa en este caso, hace referencia a la monitorización de los consumos reales de los clientes, que requiere en muchos casos de la instalación de nuevos equipos contadores en los hogares.

Para el desarrollo de las primeras fases del proyecto, este punto supuso un despliegue de grandes magnitudes que contaba tanto con encuesta telefónica como un estudio de adopción asociado, así como la caracterización de los perfiles de cliente más adecuados para su monitorización (en función del equipamiento del hogar, la ubicación de los contadores, etc.). Los clientes monitorizados rondaban los 700 y el proceso requirió de casi un año de preparación para que el procedimiento fuera acorde a la legislación existente y a las necesidades del usuario en sí.

Para una implantación mayor, el proceso requeriría de un proceso aún más minucioso, ya que no sólo debe contarse con la aceptación social, sino además, realizar un despliegue que requiere de mayor coordinación y mayor cantidad de obstáculos debidos a la casuística personal del consumidor.

Simulación escenarios técnicos

Durante los trabajos de integración y experimentación del Proyecto GAD, se ha modelado el comportamiento de una red real, de forma que genera de forma artificial el comportamiento de los usuarios domésticos, modelando efectos externos tales como su comportamiento ante estacionalidad, variaciones de temperatura, laboralidad... Una vez integradas las aplicaciones en el TSO, el DSO y el CM, y generados los diferentes escenarios técnicos y económicos de forma acelerada en un emulador de Smart Grids, se han comparado con el comportamiento de la red en Media Tensión real.

Para este proceso se ha partido de un modelo de clientes basado en los prototipos definidos en las primeras tareas realizadas. Estos perfiles son el resultado de la monitorización de usuarios reales llevada a cabo dentro del proyecto. El tratamiento de estos usuarios trajo consigo la aparición de ciertas anomalías durante los días festivos de invierno.

Conociendo de manera introductoria (y a través de los entregables de las tareas "E5.4 Integración global del sistema" y "E7.1 Validación energética de los resultados") la metodología seguida en el testeo del impacto de GAD sobre el conjunto del sistema eléctrico mediante el uso del simulador desarrollado, en este punto se pretende hacer memento de las anomalías detectadas en el proceso, así como las conclusiones o causas encontradas al respecto y las medidas adoptadas en cada caso.

Así, las primeras anomalías detectadas respondían a errores de asociación debido a los índices empleados en las bases de datos y daban lugar a picos agudos en las horas de baja demanda, con todo y con eso, se trataba de pasos lógicos en un proceso de desarrollo y de fácil solución.

Sin embargo, los más relevantes fueron los que daban lugar a un aumento sustancial del consumo en horas valle. Tras un pormenorizado análisis se observó que el consumo de alguno de estos contratos era muy superior a lo habitual. Dado que cada cliente de la población sintética modelada se veía afectado por un porcentaje tomado de manera aleatoria de esos usuarios, el resultado era un nivel superior de consumo en algunos momentos del día, en concreto de la estación de invierno, donde el comportamiento era más agudo.

Aunque es cierto que la base se encontraba en datos reales monitorizados, dado que durante el transcurso del proyecto la tarifa nocturna fue suprimida y el uso de estos resultados para los análisis energéticos y económicos supone un dato de partida inexistente, se decidió anular su uso en los cálculos, de manera que las gráficas finales para esa estación del año quedaban como se muestra a continuación:

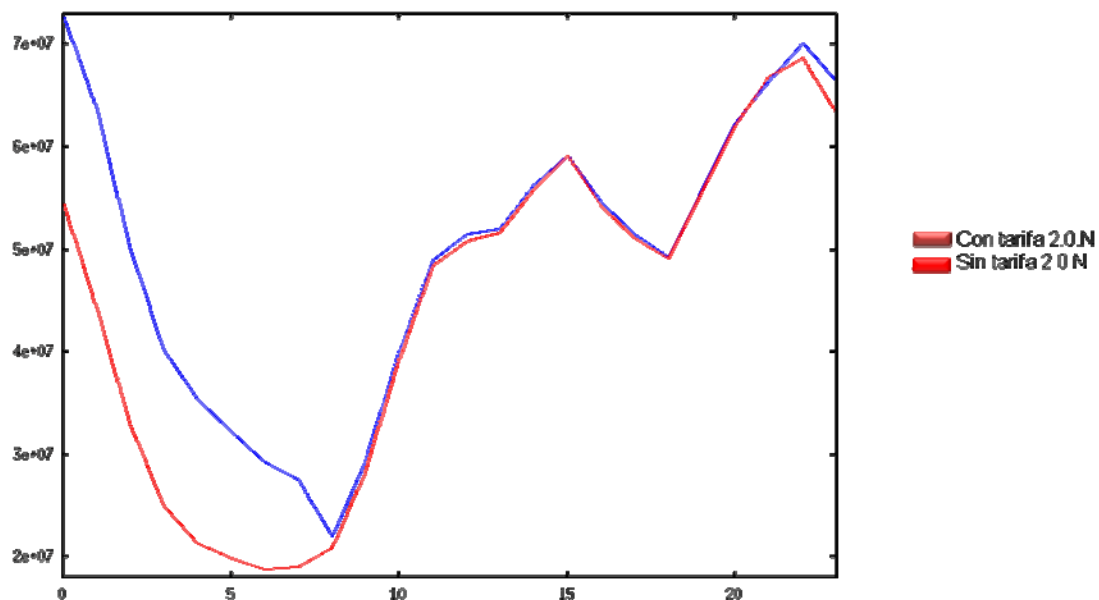


Ilustración 11: Gráfica comparativa de la simulación en días festivos de invierno con y sin tarifa nocturna. Fuente: CEDETEL durante el desarrollo del PT7.1

Además, la constante depuración del sistema ha permitido observar cómo se comportaba éste ante el envío sucesivo de órdenes, permitiendo tomar la decisión de reformar la dinámica del proceso y ampliar el buffer de almacenamiento,

4.5 Barreras económicas y Puntos de decisión

Implicaciones económicas para el usuario

Inicialmente el empleo de GAD no supone a priori una repercusión económica negativa para el usuario. Sin embargo, es cierto que se han detectado ciertos puntos clave que pueden tener ciertas implicaciones económicas a tener en cuenta.

En primer lugar, el desarrollo del proyecto, intrínsecamente unido a la eficiencia energética, integración sus dispositivos dentro de los equipos de más alta gama, ya que estos mismos son los marcados con la certificación A++ que les confiere excelencia en el campo del ahorro energético.

Además, el propio desarrollo de los dispositivos de control y comunicación, supone un incremento en el coste de estos equipos, por lo que al elevado precio de los electrodomésticos habría que añadir el del resultado de la industrialización de los prototipos.

Finalmente, en la actualidad, la regulación del suministro eléctrico no permite la modificación tarifaria hora a hora, por lo que el uso del algoritmo desarrollado se vería muy mermado, al igual que el fruto que pudieran obtener los clientes de la inversión realizada en un instalarse un sistema GAD en sus hogares.

Por ello, se ha requerido del estudio pormenorizado de experiencias internacionales con diferentes planes de precio, para la implementación de un modelo de elasticidad lo más acorde posible a los datos existentes. Así, el modelo de elasticidad desarrollado ha permitido analizar la flexibilidad del usuario GAD en su consumo ante diferentes planes de precio, mediante su integración dentro del simulador explicado, pero sin contar realmente con clientes monitorizados.

Simulación escenarios económicos

Por otra parte, también se han generado una serie de escenarios económicos, definidos en la tarea 7.1 donde la comercializadora (cuyo rol tomaba GTD) contaba como base de datos con 690 usuarios de Álava (subgrupo de los clientes de la base de datos del operador de distribución), elegidos según la distribución de contratos de la monitorización y distribuido también según las áreas.

El algoritmo del simulador se ha desarrollado con una corrección de temperatura en función de la consigna de confort establecida y la evolución de la temperatura según a las áreas de consumo.

Durante la simulación se observó que en determinados escenarios, la respuesta anómala de los clientes con un consumo excesivo, al igual que sucedía durante las pruebas en escenarios técnicos. Esta situación ha llevado a un análisis del sistema integrado de corrección de

temperatura y su anulación. Esta decisión consensuada con todos los socios tenía su base en el hecho de contar con un vacío en las especificaciones de

El resultado ha sido, la obtención de respuestas más acorde a lo esperado.

Con todo y con eso, las comparaciones previstas entre las respuestas obtenidas con todos los escenarios no han sido posibles dado que el modelo de elasticidad desarrollado se planteo para escenarios de tarifas variables y el primero de los escenarios planeados correspondía al consumo de los clientes con tarifas TUR.

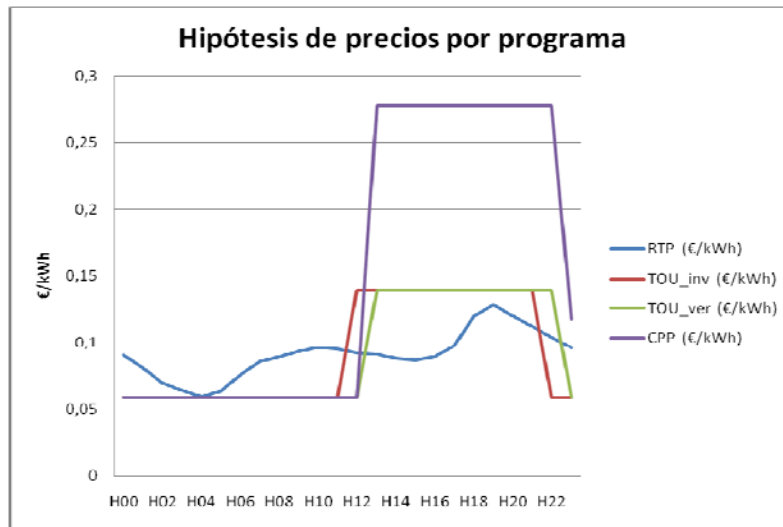


Ilustración 12: Gráfica del progreso de los precios según los programas empleadas en el Modelo de elasticidad.
Fuente: ITE durante el desarrollo del PT7.1

4.6 Conclusiones sociales

En el contexto energético actual, caracterizado por una creciente preocupación por la sostenibilidad medioambiental y la seguridad de suministro, la búsqueda de soluciones en el lado de la demanda cobra cada vez más fuerza.

Es importante destacar que los estudios realizados a lo largo del proyecto han mostrado la fuerza que tienen las decisiones del consumidor, ya que todos los supuestos de partida reflejaban una actitud receptiva por parte del cliente (corroborada posteriormente en la encuesta realizada). Así, se ha podido comprobar que el usuario actual, además de contar con una mayor concienciación hacia el medio ambiente y la eficiencia energética, se encuentra en disposición de adoptar el sistema de gestión activa de la demanda, propuesto en los desarrollos del proyecto. Con todo y con eso, como se indicaba en los resultados de la encuesta, las inversiones previstas y los plazos de amortización, se convierten en una barrera de cara a la implantación real del sistema en los términos que actualmente se tratan en el proyecto.

Por su parte, las decisiones mencionadas previamente, permiten calcular los beneficios energéticos, económicos y sociales del sistema GAD, en la medida en que se aumenta el potencial GAD asociado a los consumos residenciales. Es decir, los beneficios obtenidos a través del recurso GAD son muy heterogéneos, viéndose afectados sobremedida, no sólo por la capacidad de reducción del usuario en función de su potencia contratada y su equipamiento, sino también por el comportamiento y gestión que determine para sus cargas.

Así, cabe esperar que la repercusión del sistema se extienda no sólo a los clientes GAD, sino también a aquellos consumidores habituales en horas punta, que a la larga podrán verse beneficiados por una posible reducción en los precios debida a una optimización en el uso de las infraestructuras, la integración de fuentes de energía renovable y, en definitiva, la adecuación de los perfiles de consumo nacionales a las necesidades energéticas.

Por otra parte, desde el punto de vista social, los resultados de los estudios del proyecto GAD parecen indicar que no resulta rentable implantar un sistema GAD (apuntando sobre todo a las conclusiones económicas extraídas). Sin embargo, hay que tener en cuenta varias cuestiones.

En primer lugar, no se ha podido evaluar todos los beneficios potenciales de la aplicación de un programa de GAD: no se ha contabilizado su efecto beneficioso sobre el ahorro en la necesidad de reserva de generación o sobre la mayor integración de las energías renovables, ni sus beneficios sobre la operación de los sistemas de distribución (en especial la mejora de la calidad de servicio) o de los sistemas de transporte.

Otro aspecto a considerar es que, en el sistema eléctrico futuro, con mayor participación de la generación distribuida y de las energías renovables, comporta mayores beneficios a los calculados durante los estudios de GAD.

También es remarcable el hecho de que la respuesta de los clientes es muy variable, en función de sus características. Esto hace que la actuación sobre grupos concentrados de clientes

aumente el potencial asociado de reducción y permita que pueda resultar interesante trabajar por zonas geográficas donde el comportamiento en el uso de los electrodomésticos es similar y, por tanto, la adaptación sea más sencilla al asociarse a comportamientos sociales.

Finalmente, hacer referencia a la reciente introducción del vehículo eléctrico que en un futuro se perfila como carga gestionable dentro del sistema diseñado. Este nuevo parámetro abre un amplio abanico de posibilidades en el uso del sistema GAD y en la efectividad asociada. Además, socialmente enmarca esta nueva carga como parte de la red de movilidad urbana, lo que lleva a convertir la gestión activa de la demanda en un hecho cercano al usuario que emplea a diario el vehículo para el trabajo o para el uso personal.

Aunque la integración del vehículo eléctrico (VE) se emplaza en los próximos lustros, los beneficios derivados de su implantación ya se están analizando y, entre otros, destaca la posibilidad de emplear energías renovables (que carecen de la posibilidad de almacenamiento) para la recarga de este transporte, además de favorecer conocimiento por parte del usuario de las fuentes de generación y las tarifas existentes, tal y como sucede actualmente con el petróleo y el uso de vehículo de combustión.

4.7 Conclusiones energéticas

La valoración energética de los resultados, empleando las herramientas definidas previamente, han permitido validar el ajuste de los desarrollos realizados en el proyecto y los objetivos de explotación del recurso de flexibilidad asociado al consumo residencial.

Los estudios realizados en el proyecto, evidencian el enorme potencial doméstico español, en primer lugar con la comparación del perfil de consumo normalizado español y la curva de carga del país galo, tal y como puede comprobarse en la siguiente ilustración, donde se destaca la diferencia existente en el consumo entre las horas valle y las horas punta en cada uno de los países.

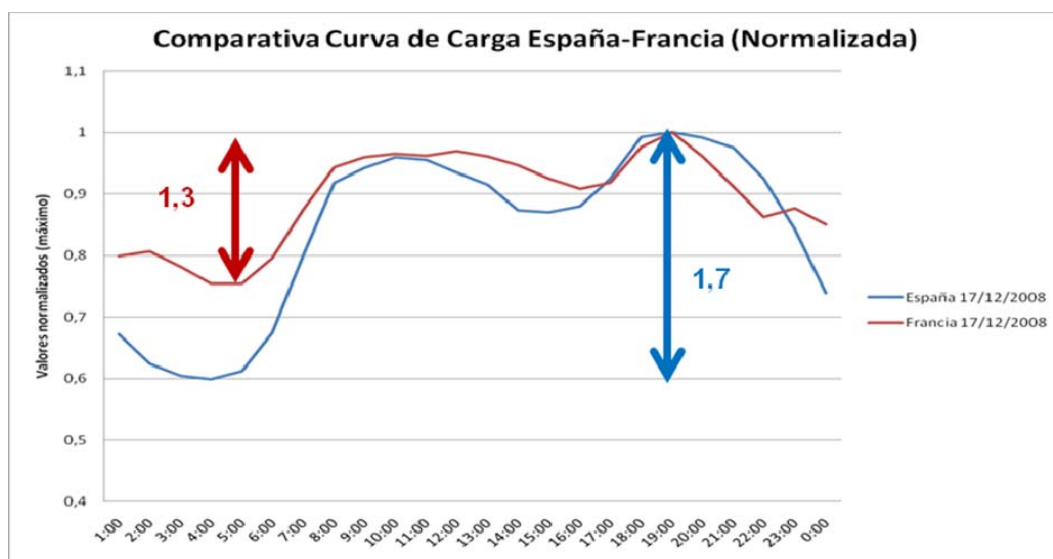


Ilustración 13: Gráfica de las curvas de carga normalizada en España y Francia en diciembre de 2008.

Tomando la muestra del consumo agregado de los clientes monitorizados en el proyecto GAD, esta diferencia se agudiza aún más, encontrando ese mismo día una relación que supera en 4 veces y media la demanda en horas punta a la demanda en horas valle (Ver ilustración 8).

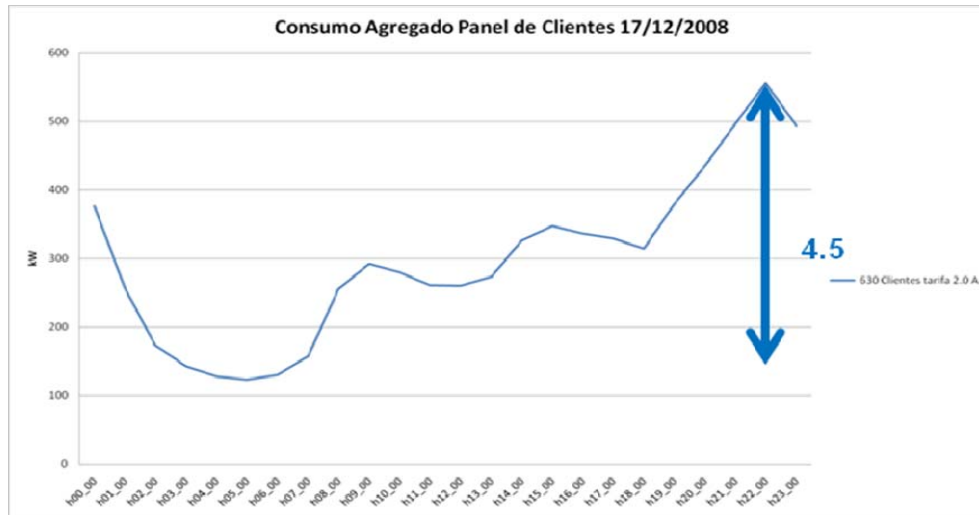


Ilustración 14: Gráfica del consumo agregado del panel de clientes del proyecto GAD en diciembre de 2008. Fuente: ITE como secretaria técnica de GAD. Desarrollo trabajos PT1.2 en 2008.

En este sentido, cabe destacar el elevado potencial de gestión de la demanda asociado al sector residencial detectado. Además, la gestión activa de la demanda se presenta en el proyecto de dos formas diferentes. Por una parte, la flexibilidad, asociada a la capacidad para trasladar los consumos desde las horas punta a las horas valle ante diferentes señales de precio. Y, por otro lado, la reducción de la demanda obtenida a través del envío de órdenes de limitación en situaciones críticas para los sistemas eléctricos.

Ambas situaciones han sido testadas a lo largo de la validación de los desarrollos del proyecto mediante el empleo de herramientas de simulación ya explicadas que permitían extrapolar los comportamientos detectados en clientes monitorizados a una población sintética diseñada en base perfiles también extraídos en el proyecto.

Así por ejemplo, se muestran a continuación dos gráficas. La primera, es la comparación entre el consumo agregado de un día de febrero de clientes (e1) y la respuesta el mismo día, de los mismos clientes ante una tarifa cuyo precio en horas valle es un 55% inferior al de las horas punta (e2).

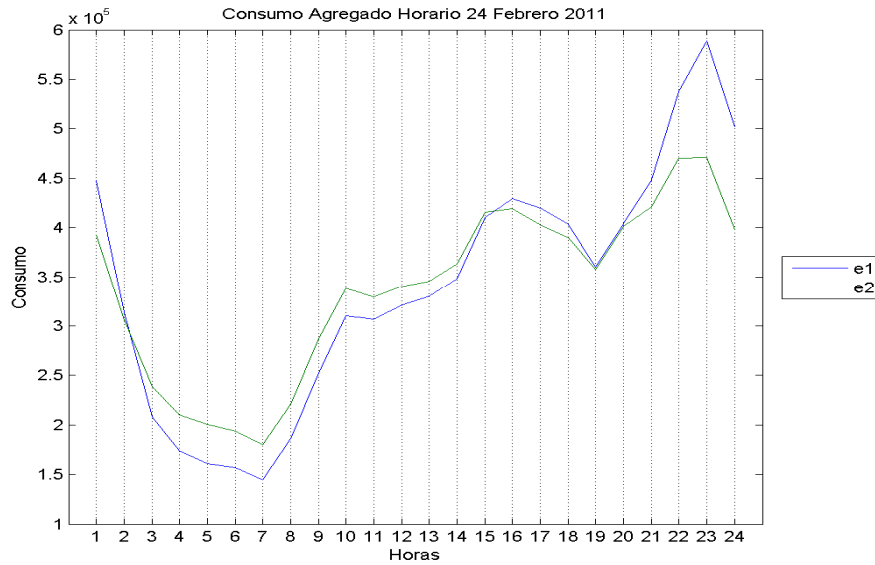


Ilustración 15: Gráfica del consumo agregado de cliente un 24 de febrero, para tarifa de precios TUR (e1) y tarifa TOU de 2 niveles (e2). Fuente: GTD durante el desarrollo del PT7.1

La segunda gráfica, se corresponde a la respuesta de 100.000 clientes a una orden de reducción técnica enviada por el OS, durante las horas punta de un día de invierno en la zona de Álava.

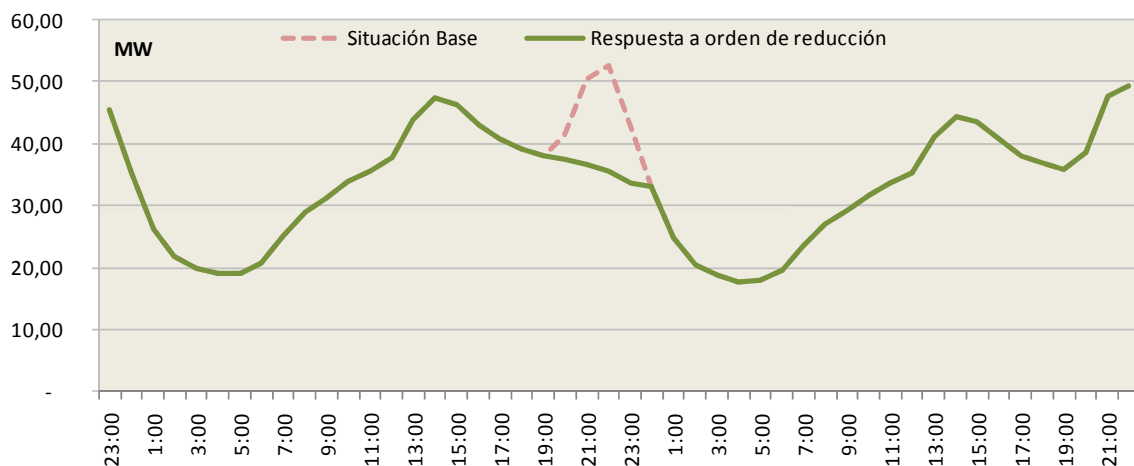


Ilustración 16: Gráfica del consumo agregado de 100.000 clientes un día de invierno ante una solicitud del OS para reducir 20MW en la punta. Fuente: REE durante el desarrollo del PT7.1

Sin embargo, tal y como se comentaba en apartados anteriores, el modelo de elasticidad incorporado a la herramienta de simulación, se basaba en los estudios internacionales encontrados, dado que las variaciones horarias del precio en territorio nacional no estaban legalmente contempladas. Esto ha puesto de manifiesto la necesidad de cuantificar de forma experimental los valores de respuesta de la demanda a variaciones horarias del precio de la

electricidad, dado que su conocimiento resulta crítico para la cuantificación de los modelos de negocio asociados a la gestión de la demanda.

Además, otra de las conclusiones relevantes del proyecto ha sido la importancia y criticidad del efecto zonal asociado a la temperatura, que requiere la mejora de las herramientas de previsión y actuación desarrolladas para un potencial despliegue comercial de servicios GAD.

Esta mejora consistiría en incorporar las particularidades zonales como los efectos de la temperatura en los algoritmos de actuación asociados a las limitaciones de potencia enviadas a los consumidores finales.

Es remarcable que el efecto del empleo de GAD es más acusado en las redes de niveles de tensión inferiores más próximas a la demanda. La influencia del mallado de la red se muestra al comparar los resultados en la red de transporte y la de distribución. En la primera, su enorme mallado necesita movilizar grandes cantidades de recurso GAD para obtener una respuesta sensible en flujos de potencia y niveles de tensión. Mientras, la explotación radial y la proximidad del recurso GAD al mallado de la red de distribución permiten observar en ella un impacto mucho más directo y efectivo.

Por otro lado, la utilización del recurso GAD con el fin de solucionar problemas asociados a congestión de elementos de la misma (líneas y transformadores) así como a corregir problemas de tensión, presenta características similares a las encontradas cuando se corrigen dichas situaciones actuando sobre la generación:

Por último, la implementación del sistema GAD plantea ventajas sustanciales en la integración de energías renovables, como puede ser la eólica. Los resultados obtenidos en las simulaciones muestran la respuesta positiva encontrada al asociar a las señales de precio las necesidades debidas a la fluctuación de los niveles de producción de generación renovable no gestionables.

El proyecto GAD supone un paso más en el esfuerzo por incorporar la producción renovable a nuestro sistema eléctrico, logrando que el sector residencial contribuya en buena medida a dicha integración, mediante la respuesta a señales de precio adecuadas y coordinadas con los niveles de producción renovable

4.8 Conclusiones económicas

El primer y más directo beneficio derivado del impacto de la implantación de las herramientas GAD para los pequeños consumidores es que les permite poner en valor su capacidad de modular sus perfiles de consumo. Cada consumidor puede decidir con toda la gradualidad qué precio tiene para él comprometer su nivel de confort. Esta flexibilidad conlleva ventajas para el consumidor en todos los horizontes:

- A corto plazo puede reducir su factura, decidiendo en cada ocasión si lo considera necesario de acuerdo con la señal económica recibida cuándo desea participar y cuando no, o en qué grado.

- En el medio plazo supone la reducción de los costes totales del suministro de energía eléctrica, ya que esta flexibilidad debe implicar en el futuro un significativo ahorro en el coste del suministro en todos los niveles (reduciendo la necesidad de generación de punta, disminuyendo el coste de los desvíos, evitando refuerzos de red, etc.)².
- En el largo plazo, las herramientas GAD permiten contribuir a la sostenibilidad del modelo energético.

Estos puntos, como se indicaba, requieren del incentivo tarifario asociado, que permita al usuario decidir en función de los cambios de precio, actuar sobre su consumo pudiendo conseguir un aplanamiento de la curva según lo planteado a lo largo del proyecto GAD y de este mismo documento.

Tal y como se ha mostrado a lo largo de este documento y, también, en los entregables de la tarea de validación de los resultados, para poder contar con este sistema, primero es necesaria la implantación de diferentes dispositivos cuyos costes e impacto social se ha evaluado en los entregables del proyecto GAD.

Entre otras conclusiones, se extrae que para que el Sistema GAD pueda llegar a ser implantado en la mayoría de hogares españoles, habría que hablar de: mínimo coste para el usuario y facilidad de uso.

El que la instalación del sistema sea lo más barata posible, haría que la aceptación de GAD pudiera calar más hondo en diferentes estados sociales y por lo tanto llegar más fácilmente al gran público.

Por otro lado, y no menos importante, la facilidad de uso hará que el Sistema pueda llegar ser implantado de forma masiva. El Sistema GAD debería ser cuando menos, "transparente" para el usuario. Haciendo su trabajo en el "back office" del hogar, el usuario debería ser capaz de ajustar sus preferencias de forma sencilla y sin mucha intervención. Hay mucha gente que tiene problemas para sintonizar los canales del TDT, pues imagínense configurando un Sistema Gad en el hogar.

Por parte de los fabricantes de equipos, tanto a nivel electrodoméstico, como en la adaptación de los sistemas de climatización y los dispositivos de control, se detecta la necesidad de obtener un sistema lo menos intrusivo posible.

En este sentido, los fabricantes apuestan por una madurez tecnológica previa que permita la rápida integración del sistema en el mercado. Esto lleva consigo la necesidad de ahondar en los desarrollos respectivos por un lado a las comunicaciones y por otro a los algoritmos de control del electrodoméstico en base a las nuevas necesidades del usuario.

Si bien es cierto, que no se trata de una línea estratégica, tanto en el área de la climatización como en los electrodomésticos, los socios han planteado la integración como posible y todo

² En (IIT, 08) se puede encontrar una breve discusión acerca de esta afirmación.

apunta a un desarrollo externo a los equipos existentes en la actualidad, y así facilitar una mayor adopción por parte de usuarios con modelos antiguos.

Y por otro lado, respecto al sistema de control e interfaz de usuario, se plantean ya novedades como la ampliación a plataformas Web y móviles, acorde al enorme desarrollo de las TIC en el mercado. Consiguiendo de esta manera su integración dentro de las redes sociales en auge y empleando los sistemas de acceso remoto que día a día adquieren mayor importancia para el usuario.

La vertiginosa evolución que las tecnologías de la información y las comunicaciones han sufrido, abren las posibilidades en el entorno de la integración de la demanda como algo gestionable de modo similar a como lo es la generación, previendo una mayor flexibilización del sistema.

Todo apunta a pensar que la Gestión Activa de la Demanda en España, puede reportar importantes beneficios, ya que puede facilitar un consumo racional de la energía y, por tanto, su adecuación a los recursos existentes, y en consecuencia reducir necesidades de renovar infraestructura y de arrancar centrales de generación innecesarios.

Además, todo ello podría redundar en una reducción del coste de la energía, que sin duda puede suponer para el operador de distribución una posibilidad en la mejora de la cantidad y calidad de su servicio.

De esta forma, la tendencia a aumentar la automatización y control del sistema de distribución, se vería acompañado de un uso más eficiente de la capacidad de la red, permitiéndole una rápida modernización y facilitándole una mayor penetración de generación distribuida.

Con todo y con eso, no es desdeñable la necesidad, por parte de cada agente implicado, de realizar una valoración de costes-beneficios para el momento de la implantación, dado que se requiere de una inversión en nuevas infraestructura, mínima por otra parte, teniendo en cuenta que se plantea como una fase posterior a la madurez de las smart grids.

Y junto con ello, la necesidad de establecer unos medios de mantenimiento, que si bien serán menores en el operador de distribución y del sistema, dado que en su mayoría los equipos introducidos serán de comunicación, no así en los fabricantes de electrodomésticos, que introducen nuevos elementos, y por tanto nuevos factores de riesgo, en el hogar del cliente.

Finalmente, remarcar la importancia del impacto de GAD en referencia al modelo regulatorio, ya que traerá consigo una variación en el coste de la energía, como fruto de la modificación en el consumo de los clientes y en los precios de los electrodomésticos en los hogares, así como el impacto asociado a la introducción del vehículo eléctrico que no sólo repercutirá en el mercado eléctrico, sino también en la generación con combustibles fósiles.

5 Identificación de recursos necesarios para la implantación masiva de la solución desarrollada.

El objetivo principal que mueve el proyecto GAD es doble. Por un lado, explorar la posibilidad de dotar al sistema eléctrico español de una nueva herramienta que permita por un lado adecuar las cargas a la capacidad de distribución / transporte, con el fin de minimizar a corto y medio plazo las restricciones técnicas y los posibles colapsos del sistema y en el largo plazo, las nuevas inversiones y las congestiones permanentes. Por otro lado, minimizar el coste de las necesidades energéticas de los consumidores sin modificar su consumo, y por tanto, tratar de desplazar las cargas a aquellos intervalos con precios menores.

Sin embargo, para que dichos objetivos puedan tener lugar, deben considerarse una serie de requisitos que aseguren el éxito de una implantación masiva de los elementos desarrollados en el entorno del proyecto.

De esta forma es remarcable el interés por una difusión adecuada, que dote al usuario de la motivación y la información necesaria para abarcar al mayor número posibles de clientes dentro de la infraestructura GAD. Cabe recordar que el éxito del diseño no sólo dependerá de su correcta funcionalidad, sino de la capacidad de gestión que se tenga, tan ligada a la cantidad de potencia gestionable como al número de clientes adheridos al programa.

Esta posible campaña de concienciación, deberá ir acompañada de un plan administrativo que aúne las soluciones a las necesidades de los hogares con las expectativas puestas en la gestión de la demanda a nivel de transporte y distribución eléctrica. Todo ello implica de una serie de elementos burocráticos que requerirán tanto del aparato administrativo correspondiente como de un equipo legal que asegure la viabilidad de la instalación.

Sin embargo, dicha instalación no tendrá cabida sin antes certificar el funcionamiento correcto de los dispositivos desarrollados. Es decir, junto a estas acciones, se requiere de una depuración de los sistemas expuestos, así como de los pasos necesarios para la industrialización de los equipos.

Para la industrialización de los dispositivos, es necesario certificar el correcto cumplimiento de la normativa vigente, tanto en lo referente a seguridad para su manipulación dentro de los hogares (en el caso que así fuese necesario). En este sentido, entre otros aspectos, se seguirán las indicaciones de la guía técnica de aplicación publicada por el Ministerio de Industria, Turismo e Innovación, identificada como "Guía-BT-51"

Esta industrialización debe permitir a cada fabricante la comercialización de los modelos GAD de sus electrodomésticos, pero además, es imprescindible que los dispositivos que han de integrarse en los centros de transformación y subestaciones, cuenten con la certificación

adecuada en cada caso según sus características y su ubicación en la red. De cualquier manera, todos los equipos han de ser integrables por separado, ya que un cliente puede no contar con todos los electrodomésticos GAD al mismo tiempo. Además, actualmente la instalación de estos elementos en los hogares no suele requerir de mano experta para su puesta en marcha, lo que en caso contrario, reportaría el coste del servicio, el tiempo invertido en él, así como posibles reparos en el consumidor a hacer uso del mismo.

Para su integración dentro del hogar, deberá ser suficiente el manual de instrucciones asociado a cada aparato. Sí será necesaria, en cambio, una formación previa en el caso de los equipos instalados en Media y Baja Tensión, dado el riesgo que su manipulación puede conllevar. Con todo y con eso, no ha de tratarse de personal ajeno al existente, sino de proveer de cursos específicos a los actuales trabajadores.

En este sentido, cabe destacar el aspecto de mantenimiento, que, si bien es cierto, contará con el apoyo de un posible gestor remoto, requerirá de una adecuación tanto en el caso del operador de distribución, como en el caso de los mismo fabricantes, que deberán invertir en esta área de negocio, para solventar posibles fallos de los que el cliente no podrá hacerse cargo.

Todos estos puntos, tal y como se indicaba previamente, conviene que estén contemplados en documentos de carácter tanto legal como administrativo, a fin de establecer unos modelos de contrato con los clientes para ofertar los servicios añadidos que el sistema GAD ofrece.

Finalmente, destacar la planificación necesaria, tanto a nivel temporal como local, de ubicación, que habrá que tener en cuenta para que la implantación tenga lugar de manera escalonada. Este hecho se entiende desde el punto de vista de la necesidad de manipular sistemas en funcionamiento para la integración, fácil por otro lado, de los dispositivos desarrollados en el proyecto.

6 Otras amenazas identificadas

Como ya se ha ido comentando en las tareas del proyecto dedicadas al análisis regulatorio, los principales aspectos que deben necesariamente abordarse para optimizar la implantación del servicio GAD pueden estructurarse alrededor de dos categorías:

- Lo relativo a la renovación de los equipos de medida.
- Los procedimientos necesarios para ordenar la operativa técnica y las relaciones comerciales entre los distintos agentes involucrados.

Respecto a la primera categoría, las especificaciones realizadas para los dispositivos desarrollados en el proyecto, han contado con la normativa vigente, atendiendo además a estas peculiaridades durante las fases de diseño y fabricación.

Si nos centramos en las posibles restricciones que la regulación podría añadir a la implantación y puesta en marcha, el abanico de posibilidades adquiere un carácter diferente. En este punto cabe tener en cuenta, tanto el cumplimiento de los compromisos contractuales que pudieran derivarse entre los clientes y la Comercializadora, como cuidar de los datos obtenidos del cliente a través de la información que se extrae del conocimiento de la curva de consumo eléctrico. Es importante asegurar la aplicación de la ley de protección de datos sobre la información recogida por medio del sistema de gestión de la demanda.

Si bien es cierto que estos temas deben ser los primeros a solventar a la hora de comenzar con una posible implantación de equipos en los hogares, su solución pasa por la renovación del marco regulatorio, lo que requiere de la intervención de entidades públicas y privadas que componen un complejo aparato administrativo.

7 Actualización del análisis del estado del arte y comparación con los resultados obtenidos

Tal y como se planteaba en los inicios del proyecto GAD, el crecimiento de la demanda ha demostrado ser, en las sociedades avanzadas, directamente proporcional a la tasa de crecimiento del producto interior bruto. Sin embargo, durante los últimos dos años, la creciente preocupación económica por el estado de salud de las cuentas de España ha significado una reticencia considerable a la inversión en nuevas tecnologías, pero no así en aquellos elementos que podrían suponer un ahorro energético y económico.

De esta forma, el mercado de los fabricantes de electrodomésticos ha visto ampliada la demanda en lo referente a electrodomésticos de clase A++, certificados en el uso eficiente de la energía, provocando un menor consumo para las mismas funciones.

El modelo de desarrollo económico actual, basado en el uso intensivo de recursos de origen fósil, provoca impactos medioambientales negativos y desequilibrios socioeconómicos que obligan a definir un nuevo modelo de desarrollo energético sostenible. Por eso, estas iniciativas sociales reflejan, como así lo demuestran las encuestas realizadas en la validación de la concienciación para la integración del sistema GAD realizada en la tarea PT7.3, la creciente concienciación por el estado del medioambiente.

Muchas son las tecnologías que han sufrido la penalización del usuario por no encontrar el enfoque adecuado o, simplemente no surgir en el momento idóneo o no reflejar las necesidades del cliente en cada momento. Por esto, uno de los factores claves que desde el primer momento se ha considerado en el proyecto GAD, ha sido la visión del cliente, contando desde el primer momento con el feedback oportuno. Primeramente mediante la monitorización de los consumo y durante el último periodo del proyecto, con los análisis de la percepción del usuario presentados previamente.

Otro factor clave de reciente aparición es el vehículo eléctrico, que se presenta como una oportunidad para la industria europea en un momento decisivo para el sector de la automoción, con implicaciones tecnológicas, energéticas y medioambientales.

Durante el último año 2010, se han producido significativos avances relacionados con el impulso del vehículo eléctrico, tanto desde el Gobierno de España como desde la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM).

Por un lado, el Gobierno de España presentó el pasado 6 de abril de 2010 la Estrategia Integral para el Impulso del Vehículo Eléctrico con el horizonte 2014 y un conjunto de medidas que se implementarán a través de un Plan de Acción en los próximos dos años para alcanzar los objetivos previstos en esta Estrategia.

Asimismo, el ministro de Industria, Turismo y Comercio, Miguel Sebastián, presentó el pasado 9 de marzo de 2010 el Plan Estratégico de Promoción de la Propiedad Industrial, Plan Pi. El Plan se enmarca dentro de la Estrategia para una Economía Sostenible y pretende colocar a la Propiedad Industrial como factor de innovación, de competitividad y de crecimiento para el futuro de la economía española.

En coherencia con la importancia alcanzada por nuestro país en las tecnologías relacionadas con la protección del medio ambiente y las energías renovables, este plan prevé una actuación específica en este sector, para que las empresas españolas utilicen los instrumentos de protección de la Propiedad Industrial a fin de aumentar su competitividad.

El vehículo eléctrico es una oportunidad para la industria europea en un momento decisivo para el sector de la automoción, con implicaciones tecnológicas, energéticas y medioambientales.

Su implantación conlleva el desarrollo de nuevas tecnologías, actividad innovadora, generación de alto valor añadido, creación de empleo de calidad, posibilidades de potenciar las exportaciones, mejora de la eficiencia y del ahorro de energía, control de las emisiones de CO2 y reducción de la dependencia del petróleo y sus derivados. Además, se prevé que su empuje abra un campo pionero para el desarrollo de software para recarga de baterías y al desarrollo de las redes inteligentes (smart grid).

Los desarrollos en territorio nacional para la implantación de PRIME, la telegestión y las comunicaciones a nivel hogar (temas tratados en el paquete de trabajo PT5.4), abren una línea importante de trabajo para obtener la interoperabilidad de los sistemas con las nuevas tecnologías de la comunicación, encaminando los desarrollos a la estandarización del sistema y la integración de todos los servicios que puedan acometerse (teniendo aquí un amplio abanico de posibilidades, sólo limitado por la imaginación de los implicados).

La realidad del mercado actual parece confirmar estas perspectivas, estando disponibles en el mercado varios modelos de vehículos híbridos con una producción a gran escala. Asimismo, la mayoría de fabricantes de vehículos están desarrollando modelos de vehículos eléctricos.

Desde el punto de vista tecnológico, las principales dificultades se identifican en dos ámbitos fundamentalmente: el desarrollo de sistemas de almacenamiento de energía y la infraestructura de recarga y su integración con el sistema eléctrico

Pero no sólo el vehículo eléctrico supone un paso adelante en beneficio de la implantación del sistema GAD, sino que las tendencias domóticas hacia la edificación sostenible, hacen del control adecuado de las cargas, un medio potente para obtener resultados tangibles de uso eficiente de la energía.

La normativa y directrices en temas de eficiencia energética, integración de energías renovables y sistemas de almacenamiento en edificios se está intensificando para conseguir objetivos de disminución de coste energético en los edificios: Estrategia Española de Ahorro y Eficiencia Energética (PAE4 2008-2012E4, actualmente vigente), Código Técnico de la Edificación (RD. 314/2006). Directiva 2002/91/CE, Directiva 2006/32/CE relativa a la eficiencia energética de los edificios, entre otras. Todo este esfuerzo se centra obtener las metas del 20-20-20 para 2020,

por lo que se ha propuesto conseguir edificios y hogares energéticamente sostenibles con coste energético cero o incluso positivo.

Estos planes, apoyados por programas de investigación científico – tecnológica, inciden en la mejora energética y se integran nuevos hitos tecnológicos como son las nuevas tecnologías renovables o de almacenamiento. Por ello en este momento se acuña el término de Edificios de Balance Energético Cero o incluso balance positivo, los cuales para su implementación real plantean grandes retos tecnológicos que resolver.

8 Conclusiones. Próximas acciones y drivers para la viabilidad de la gestión de la demanda

A lo largo de este documento, se ha hecho un amplio repaso a los desarrollos llevados a cabo a lo largo del proyecto. Contando con la percepción del cliente, desde el principio hasta el final de proyecto, así como involucrando a fabricantes de electrodomésticos, climatización, dispositivos de medida y control y, por supuesto, al operador del Sistema y Operadores de distribución, se han alcanzado unos avances tecnológicos que permiten hablar de la Gestión Activa a la Demanda como algo posible y cercano al mercado existente.

El crecimiento de las tecnologías de la información y la comunicación, así como la creciente preocupación por la sostenibilidad de los sistemas, han llevado a un estado social que acoge favorablemente los resultados del proyecto GAD.

Los rumores de escasez de petróleo y el monopolio creado alrededor del mismo, hacen pensar en fuentes de energía alternativas, respetuosas con el medio ambiente y capaces de generar la energía suficiente para mantener gran parte de los servicios creados para el bienestar y el desarrollo social. En este sentido, la aparición del vehículo eléctrico y su perfil como recurso gestionable dentro de las smart grid y la gestión activa de la demanda, permiten pensar en la integración de las energías renovables, con sus dificultades de almacenamiento asociadas, para alimentar los hogares en determinados momentos del día.

Esto requiere una modificación en los perfiles de consumo, que como ha venido explicándose, necesita, en primer lugar de una concienciación ciudadana, actualmente favorable. Pero también, requiere de una serie de herramientas que se han estudiado, incluso desarrollado, dentro del proyecto GAD. Estaríamos hablando, en primer lugar, de dispositivos que integren los electrodomésticos y demás equipos electrónicos del hogar, dentro de la inteligencia de que se dotaría a la red y del sistema de gestión e información para los agentes implicados en el sistema eléctricos y para el propio usuario.

Además de estas adaptaciones asociadas a la fabricación de electrodomésticos, las infraestructuras actuales de la red eléctrica, introducirían modernos sistemas de comunicación a través de la propia red, mediante nuevos protocolos de comunicación PLC (Power Line Communication) y los centros de control requerirían de nuevas herramientas para la gestión de las curvas de generación y demanda, además de los sistemas de mantenimiento remoto que permitirán optimizar el uso de las infraestructuras actuales.

Toda esta integración, posible y real, requiere, no obstante, de una madurez en determinados puntos, detectado y planteados a lo largo de este documento. Puntos que son necesarios tener en cuenta en futuros proyectos de investigación, pero sobre todo, en los planes de negocio asociados la integración de las tecnologías desarrollas.

Se podría hablar aquí de la adecuación de los dispositivos para cumplir con la normativa vigente, Reglamento (CE) No 1275/2008, que hace referencia a los límites de consumo en modos preparado (stand by) y desactivado aprobadas recientemente en Europa para equipos electrónicos en el hogar.

De igual manera, son remarcables los costes asociados a nuevas infraestructuras e inversión en mantenimiento, así como la campaña necesaria de adopción de cara al cliente final. Sin embargo, los beneficios que esto reportaría al sistema eléctrico, al usuario final y al medio ambiente, son múltiples.

Llegado este punto podría hablarse tanto de la integración, ya nombrada, de energías renovables como fuente de generación, como de la posibilidad de optimizar la forma de consumo para evitar apuntamiento, adaptándola a la necesidad de la infraestructura. Con esto se optimiza el uso de estas infraestructuras, requiriendo menor impacto en el medio ambiente asociado a las emisiones de CO₂ y al impacto de ampliación de infraestructuras.

Pero no sólo eso, sino que la optimización de este uso, permitirá una mejora en la calidad del servicio, pudiéndose así ampliar el abanico de ofertas al usuario y actuar con incentivos tarifarios que ayuden al cliente a consumir en situaciones más ventajosas.

En definitiva, a través de los desarrollos realizados y con una implantación propicia del sistema GAD, optimizar la forma de consumo de energía eléctrica, y por lo tanto, el coste asociado a dicho consumo, pero satisfaciendo al mismo tiempo las necesidades del consumidor con la misma o similar calidad.

9 Referencias

- [1] Norma europea EN 50065-1. CENELEC.
- [2] Norma europea EN 50090. (2007). AENOR.
- [3] Consorcio GAD. Informe entregable *E1.2: Análisis de clientes*. Proyecto Gestión Activa de la Demanda (Proyecto CENIT "GAD"). Febrero 2008.
- [4] Consorcio GAD. Informe entregable *E5.1 Informe de diseño del sistema*. Abril 2009.
- [5] Consorcio GAD. Informe entregable *E6.1 Informe de diseño de experiencias*. Junio 2010.
- [6] Consorcio GAD. Informe borrador entregable *E7.1 Análisis energético de los resultados*. Diciembre 2010.
- [7] Consorcio GAD. Informe borrador entregable *E7.2 Análisis económico de los resultados*. Diciembre 2010.
- [8] Consorcio GAD. Paquete de trabajo PT7.3 "*Informe resultados encuesta de adopción de usuarios*". Diciembre 2010.
- [9] Peco, J. y Cimadevila, J. Descripción del modelo PECO: datos de entrada y parámetros. 2004.
- [10] Linares, P., Santo, J., Ventosa, M., Lapiedra, L. Incorporating oligopoly, CO₂ emissions trading and green certificates into a power generation expansion model. 2007
- [11] Boletín VT Coche eléctrico. Primer trimestre 2010. (OEPM)
- [12] Reglamento (CE) No 1275/2008. Parlamento Europeo. Diciembre 2008
- [13] Minería de datos. Técnicas y herramientas. Pérez, C. Editorial Thomson. 2007.
- [14] Energía. Una visión económica. – Capítulo 8: La demanda de electricidad en España: importancia del sector residencial y estrategias de gestión activa. Vicens Otero, J. Club Español de la Energía
- [15] Classification, filtering and identification of electrical customer load patterns through the use of Self-Organizing Maps. S. Valero et al, IEEE Transactions on power systems, vol 21, n. 4, Noviembre 2006.

- [16] Characterization and identification of electrical customers through the use of self-organizing maps and daily load parameters. S. Valero et al, IEEE PSCE 2004, Nueva York, 12-13 Octubre de 2004.
- [17] Comparisons among clustering techniques for electricity customer classification. G. Chicco, R. Napoli, F. Piglione. IEEE Transactions on power systems, vol 21, n. 2, Mayo 2006.
- [18] Application of clustering algorithms an self organising maps to classify electricity customers. G. Chicco, R. Napoli, F. Piglione, Proceedings IEEE PowerTech Conference, Bologna, Italia. 23-26 Junio de 2003.
- [19] Data mining in a power company customer databse. M. Sfora. ENEL S.pA., Regional Control Center of Milan. Electric Power Systems Research vol 55, n. 3, Septiembre 2000.
- [20] Data clustering: A review. A.K. Jain, M.N. Murty, and P.J. Flynn, ACM Computing Surveys, vol 31, n. 3. Septiembre 1999.
- [21] A method of formulating energy load profile for domestic buildings in the U.K. Runming Yao, Koen Steemers. Energy and Buildings. 24 September 2004
- [22] Identifying trends in the use of domestic appliances from household electricity consumption measurements. S.Firth, K.Lomas, A.Wright, R.Wall. Energy and Buildings. 17 July 2007