

EST, Concurso de Trabajos Estudiantiles

## **CheapHeat: un prototipo simulador para concientizar ahorro y eficiencia energética en consumo de calefacción**

Pablo Santibañez Acuña, Gianfranco Carzolio, Agustín Álvarez Ferrando

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata  
GIDAS - Grupo de I&D Aplicado a Sistemas informáticos y computacionales  
Calle 60 s/n° esq. 124, La Plata, CP 1900, Buenos Aires, Argentina  
[gidas@frlp.utn.edu.ar](mailto:gidas@frlp.utn.edu.ar)

**Resumen.** Cada vez son más los usuarios que consideran reducir costos en el consumo de energías hogareñas. Esto suele darse como consecuencia de las elevadas tarifas que las empresas suministradoras de energía aplican como sanción disciplinaria sobre sus clientes. De esta forma, los usuarios terminan ajustando sus costumbres de uso solo por una cuestión monetaria. Asimismo la energía es un recurso limitado y su accesibilidad depende en gran medida de cuán responsable sean sus consumidores. CheapHeat es un prototipo de aplicación informática que pretende elevar el nivel de conciencia de sus usuarios, asistiéndolos a tomar decisiones tendientes a reducir el consumo energético, simulando escenarios y sugiriendo acciones de uso más racional y eficiente de la energía.

### **1 Introducción**

Las principales fuentes de energía primaria utilizadas en Argentina, el gas y el petróleo, son combustibles fósiles, por lo que su consumo, ya sea en forma directa, en calefacción a gas, como en forma indirecta, a través de la utilización de artefactos eléctricos, conlleva a la producción de gases de efecto invernadero. Ahorrar en el uso de estas energías impacta en su producción y contribuye con la mitigación del cambio climático.

Cuidar la energía es una tarea que está al alcance de todos, por eso educarse en términos de eficiencia energética y ahorro es una prioridad establecida por el estado nacional en tanto que el ahorro energético permitirá, a gran escala, garantizar el suministro continuo de energía.

La Estrategia Nacional de Educación en Eficiencia Energética (ENEEE) es una iniciativa de la Dirección de Educación de la Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética de la Secretaría de Gobierno de Energía, acompañada por el Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología y la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, orientada a desarrollar programas educativos para la formación en temáticas de energía y uso responsable de la energía.

Es en un objetivo particular de la ENEEE que se enmarca nuestro proyecto:

“Elaborar y poner a disposición de los docentes, equipos técnicos provinciales y de la comunidad educativa en general, materiales educativos sobre la temática” [1]

La simulación en contextos educativos es conveniente para aquellos eventos que exijan un costo económico elevado y en sistemas reales que evolucionen muy lentamente, como por ejemplo en simulaciones climáticas. Puede ser empleada para contextualizar los aprendizajes y las actividades educativas.[2]

Si los simuladores están acompañados de métodos pedagógicos que permitan la interacción, negociación de sentidos e intercambios positivos, favorecerán la motivación, el aprendizaje significativo y la construcción de conocimiento. Permitirán a los alumnos configurar escenarios con un costo reducido de materiales y mantenimiento y con mayores medidas de seguridad.

CheapHeat pretende ser un recurso educativo para concientizar y aprender sobre el uso eficiente y responsable de la energía. El mismo podrá ser utilizado como instrumento de enseñanza por parte de un docente o por consumidores finales de energía. Fundamentamos nuestra propuesta bajo el lema: “simular para aprender”.

## **2 Propuesta**

La aplicación CheapHeat surge como iniciativa de un proyecto de investigación y desarrollo para asistir a sus usuarios en la simulación de distintos escenarios de consumo de energías para calefaccionar el hogar. El objetivo principal es estimar el costo por consumir energía según un conjunto de artefactos destinados a la climatización de una habitación y un conjunto de empresas proveedoras de dicha energía. La aplicación permite simular el uso de distintas empresas o incluso cambiar tipos de artefactos para que el usuario adquiera buenas prácticas en el uso responsable de la energía.

Definimos al costo como el esfuerzo que es necesario emplear para hacer frente a un producto o servicio. Expresar el costo en diferentes unidades desde la aplicación, persigue una finalidad didáctica. Quizás el costo económico medido en pesos argentinos (\$) es la forma más natural de comprender dicho esfuerzo, sin embargo puede plantearse el costo en términos de energía derrochada, lo que se traduce en una combustión de petróleo innecesaria que a su vez conlleva a emanar gases que incrementan el efecto invernadero. Expresarlo de forma ayuda al usuario a resignificar el concepto de costo bajo una dimensión menos individualista.

Por otro lado se prevé informar al usuario sobre distintas variantes o alternativas a la hora de diseñar una habitación, elegir calefactores y si es posible empresas proveedoras de energías. Además se ofrecerá sugerencias o consejos para lograr un uso más eficiente de dichas energías.

La aplicación funcionará en dos modalidades según el usuario cuente o no con artefactos de calefacción ya instalados en un ambiente existente:

- **Con artefactos instalados:** luego de una evaluación de la capacidad calorífica del ambiente, la aplicación evaluará si los artefactos son suficientes para calefaccionarlo y ofrecerá sugerencias de uso para evitar derroches de energía o reemplazar los artefactos por equivalentes más eficientes.
- **Sin artefactos instalados:** luego de una evaluación de la capacidad calorífica del ambiente, la aplicación sugerirá qué artefactos instalar para cubrir la necesidad calorífica del ambiente al mismo tiempo que ofrecerá tips de uso eficiente de dichos artefactos.

### 3 Diseño de la aplicación

CheapHeat es una aplicación web responsive diseñada para que pueda ser utilizada por dispositivos móviles. Está desarrollada con tecnología PHP y MariaDB para el Back-End, y con Bootstrap, JavaScript como Front-End.

Entre sus características técnicas, resaltamos:

- **Usabilidad:** diseñada para ser usada por un público general y en particular como material educativo en un lenguaje estándar y amigable.
- **Adaptatividad:** optimizada para su visualización en dispositivos móviles.
- **Multiplataforma:** compatibilidad con todos los navegadores móviles utilizando estándares como HTML5 para su desarrollo.
- **Compatibilidad:** Posibilidad de llegar a todos los usuarios, independientemente del sistema operativo que utilice su teléfono (iOS, Android, Symbian, Windows Phone, etc.) con el único requisito de que tenga navegador web (100% de los smartphones).

Como parte de la investigación se ha relevado cuadros tarifarios de distintas empresas proveedoras de energía a gas y eléctrica de la provincia de Buenos Aires, al mismo tiempo que se consultaron las especificaciones técnicas de artefactos para calefaccionar hogares. Toda esta información fue utilizada para armar el modelo de datos de la aplicación.

Es importante destacar que nuestra investigación adhiere a las normas de Etiquetado de Eficiencia Energética en Inmuebles Destinados a Vivienda impulsadas por el estado Nacional argentino. (IRAM 11.900, 2017)

Se ha consultado referencias sobre materiales utilizados para la construcción de viviendas haciendo foco en sus capacidades de aislación térmica.

Existen simuladores de facturación como se puede ver en las Figuras 1 y 2 que presentan como principal desventaja la necesidad de saber tecnicismos o datos muy precisos de consumo que usuarios no experimentados suelen desconocer. Esta situación genera el principal motivo de rechazo frente a la frustración que provoca en el usuario la incapacidad de dar con algún dato de entrada requerido.

Simulador de facturación

Distribuidora: Seleccione área/distribuidora

Categoría: Seleccione una categoría

Tarifa: Seleccione una tarifa

Subtarifa: Seleccione una subtarifa

Consumo en kWh: [ ]

Días medidos: [ ]

Los importes resultantes de la utilización de esta herramienta son meramente orientativos e informativos (Resolución OCEBA N°0180/18)

Calcular

**Fig. 1:** Simulador oficial del Organismo de Control de Energía Eléctrica de la Provincia de Buenos Aires (OCEBA). Requiere que el usuario conozca los kWh (kilovatio) consumidos para estimar una facturación. Para ello necesitará tener la factura lo que significa que ya no hay marcha atrás con lo consumido.

1. Seleccioná dentro de cada categoría los electrodomésticos que utilizás, indicando cantidad y horas de uso diario.

ILUMINACIÓN 0 kWh 0 electrodomésticos	REFRIGERACIÓN 0 kWh 0 electrodomésticos	LÍNEA BLANCA 0 kWh 0 electrodomésticos	COCINA 0 kWh 0 electrodomésticos
CLIMATIZACIÓN 0 kWh 0 electrodomésticos	ELECTRÓNICA, AUDIO Y VIDEO 0 kWh 0 electrodomésticos	CUIDADO PERSONAL 0 kWh 0 electrodomésticos	AGUA 0 kWh 0 electrodomésticos

CONSUMO MENSUAL ESTIMADO: 0 kWh

MIRA TUS RESULTADOS

2. Presioná el botón para ver cómo se compone tu consumo y descubrí consejos para ahorrar en tu factura.

**Fig. 2:** El simulador de Edenor es mucho más flexible y amigable que el de OCEBA, pero tiene como desventaja que está orientado sólo a energía eléctrica y con tarifas específicas para dicha empresa.

CheapHeat se configura como una aplicación que permite simular el consumo de distintos tipos de energías como la eléctrica y a gas, al mismo tiempo que utiliza

como base de datos tarifas de diferentes empresas proveedoras. Asimismo se busca no solo estimar el valor monetario equivalente a la energía consumida sino en concientizar al usuario sobre un uso más racional y eficiente de esa energía.

La Figura 3 muestra una interfaz CheapHeat que permite simular el uso de determinados artefactos. En este ejemplo se eligió calefaccionar a través del uso de artefactos eléctricos.

Artefacto	marca	modelo	consumo(KW)	cantidad	horas	días
Calefactor	Liliana	PPV300	2200	1	1	1

**Calcular** **Gasto eléctrico: \$ 200**

**Fig. 3:** Interfaz de simulación de consumo

Luego de estimar el consumo se podrán consultar las sugerencias al respecto. En la Figura 4 se puede observar cómo la aplicación ofrece al usuario una sencilla forma de estimar el consumo en pesos según el calefactor que usó como base para la simulación.

El calefactor para calefaccionar un ambiente de 20m2, necesita 2.000 watts. Es por eso, que quienes utilizan este tipo de calefactor, gastarán \$3,53 por día.

**Mas Información**

**Fig. 4:** Sugerencia de estimación rápida según simulación de calefactor.

En la Figura 5 se puede observar cómo para otro tipo de simulación de consumo, la aplicación ofrece una estimación más específica a través de una categoría de consumo típica definida por la empresa proveedora de energía eléctrica.

En cualquiera de los casos el botón más información ofrecerá al usuario la posibilidad de aprender más acerca de los tecnicismos de la sugerencia. Un usuario podría estar interesado en conocer cómo se mide la categoría R2 o por qué es importante tenerla en cuenta. Los usuarios más experimentados y curiosos podrían incluso estar interesados en conocer la fórmula que se utiliza para llegar a la estimación.

Mostrar una fórmula de estimación puede ser un poderoso instrumento de aprendizaje[3] si es usado adecuadamente en un curso de matemática o economía, ya que el conocimiento no se estaría limitando al procedimiento de cálculo sino que se lo estaría extrapolando a una aplicación directa y real del mismo.

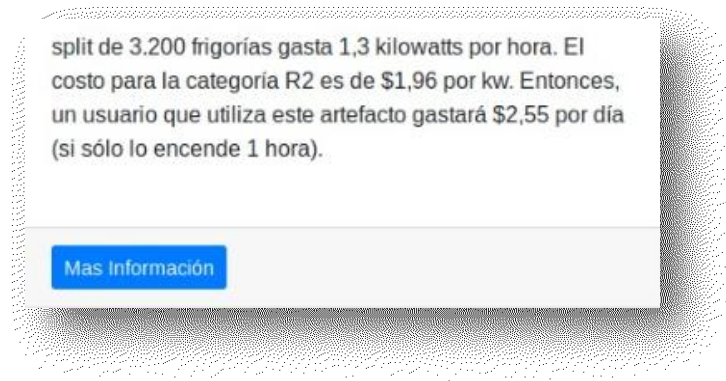


Fig. 5: Sugerencia de estimación rápida según simulación de calefactor.

## 4 Arquitectura

La aplicación CheapHeat está desarrollada del lado del servidor con tecnología PHP bajo una arquitectura SOA (orientada a servicios).

Los problemas más comunes en el desarrollo software están relacionados con la incompatibilidad entre aplicaciones, modelos de datos, lenguajes de programación y sistemas de comunicación, lo que obliga rediseñar todas las aplicaciones y re-escribirlas para que operen entre sí. La clave para el desarrollo de aplicaciones evolucionables está en lograr un diseño que apunte a la comunicación, entre aplicaciones desarrolladas con diferentes tecnologías, con el mayor nivel de abstracción posible.

La Arquitectura Orientada a Servicios (SOA) [4], provee las condiciones para lograr una comunicación eficiente y escalable, independiente del lenguaje de programación y plataforma de cada una de las aplicaciones que deben comunicarse.

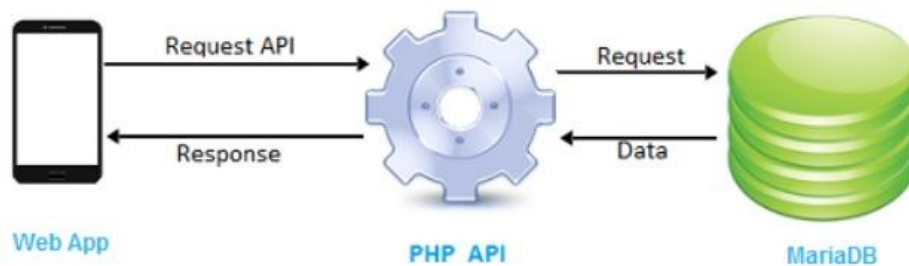
Los elementos básicos que conforman SOA son:

- Proveedores de servicios: Una aplicación expone operaciones que cualquier otra puede usar
- Consumidores de servicios: Utilizan las operaciones de los proveedores para obtener información
- Bus de servicios: para integrar los servicios de forma lógica y ampliable.

CheapHeat implementa sus métodos a través de una API que ofrece un conjunto de microservicios para que luego puedan ser invocados en una app con tecnología

mobile de forma nativa, así las peticiones pueden ser atendidas y respondidas desde el mismo dispositivo.

La Figura 6 muestra un esquema básico sobre cómo se manejan las peticiones desde CheapHeat. Un dispositivo móvil (o terminal web) solicita una petición sobre la API de la aplicación, el servidor PHP atiende la solicitud enviando consultas al motor de base de datos, los datos viajan nuevamente al servidor PHP para que éste lo procese y devuelva información a la WebAPP. A través de Bootstrap y JS la información es presentada al usuario de forma amigable y responsive.



**Fig. 6:** Arquitectura básica de CheapHeat

## 5 Conclusiones

Introducir simuladores en los procesos de enseñar y aprender ha sido siempre una actividad de gran dificultad por los costos que lleva. Las organizaciones públicas suelen tener complicaciones para lograr que se les aprueben presupuestos que incluyan tecnologías costosas. Por otro lado las nuevas juventudes reclaman cada vez más tecnologías digitales para que en corto plazo puedan observar el resultado de sus intervenciones sobre cualquier objeto de estudio. Un alumno del siglo XXI dispuesto a intervenir activamente como protagonista se su propio aprendizaje estará esperando ver los resultados de dicha intervención para sentirse satisfecho y motivado para seguir aprendiendo [5].

La incorporación de simuladores como CheapHeat al proceso de enseñanza requiere repensar experiencias de aprendizaje para hacerlas más significativas, situadas, experienciales y reflexivas, sin necesidad de reducirla únicamente al aula. En otras palabras, se busca enfocar el proceso de enseñar en el desarrollo de competencias y no sólo en la trasmisión de conocimientos.

Nuestro desafío para el proyecto será dotar a CheapHeat con la capacidad de intervenir en el aula como instrumento capaz de contribuir a transformar las

metodologías tradicionales de enseñanza en estrategias didácticas que promuevan la construcción de aprendizajes.

## 6 Trabajo futuro

Dado que CheapHeat es un proyecto de investigación y desarrollo incipiente queda aún mucho camino por recorrer. Su diseño escalable nos permite pensar como líneas de trabajo futuro:

- Implementar una tercera modalidad de trabajo para profesionales de la construcción. En este caso los ambientes no están construidos y la aplicación podrá sugerir, según las limitaciones de espacio definidas por el usuario, un diseño eficiente según las necesidades de calefacción planteadas.
- Incorporar artefactos para acondicionar ambientes no sólo para aumentar la temperatura sino también para disminuirla. En otras palabras incorporar tecnologías de acondicionamiento de ambientes frío/calor.
- Customizar sugerencias según el perfil de cada usuario. Dado que las necesidades de calefacción dependen también de características específicas de cada individuo, CheapHeat podrá ajustar sus sugerencias según el usuario que se encuentre logueado en la aplicación, así una persona friolenta podrá ser asesorada de manera distinta a una persona que no lo es.
- Desarrollar una app que permita utilizar la aplicación sin necesidad de estar conectado a internet.

## Referencias

1. Ministerio de Energía y Minería de la nación Argentina: Estrategia Nacional De Educación En Eficiencia Energética (2018).
2. Amaya Franky, G.: Laboratorios reales versus laboratorios virtuales, en la enseñanza de la física. El Hombre y la Máquina, núm. 33, Universidad Autónoma de Occidente. Cali, Colombia (2009).
3. Coll, C.: Aprender y enseñar con las TIC: expectativas, realidad y potencialidades(2008).
4. García-Sánchez, P., Merelo, J.J., Castillo, P., Sevilla, J.P., Martín, M. y López, M. Plataforma de integración de servicios para la administración basada en BPEL y SOA. En Actas de las III Jornadas en Servicios Web y SOA (JS-WEB 2007), pages 111–118. (2007).
5. López, M. A.: El aprendizaje basado en competencias: una perspectiva desde la tutoría cognoscitiva. Revista Magistralis. (2009).