

# Promoting long term energy-efficient behaviour in work environments through persuasive technologies

Diego Casado Mansilla



**Supervisors:**  
**Diego López de Ipiña**  
**Pablo Garaizar Sagarminaga**



Universidad de Deusto  
University of Deusto

**Deusto**





University of Deusto

# Promoting long term energy-efficient behaviour in work environments through persuasive technologies

Tesis doctoral presentada por Diego Casado Mansilla dentro del  
Programa de Doctorado en Ingeniería Informática y Telecomunicación

Dirigida por Dr. Diego López-de-Ipiña  
y Dr. Pablo Garaizar Sagarminaga

El doctorando

Los directores

Los directores

Bilbao, julio de 2016

Promoting long term energy-efficient behaviour in work environments  
through persuasive technologies

**Author:**

Diego Casado Mansilla

**Supervisors:**

Dr. Diego López-de-Ipiña

Dr. Pablo Garaizar Sagarminaga

**Thesis Committee:**

Dr. Juan R. Velasco (Universidad de Alcalá)

Dr. Miguel Ángel Vadillo (London King's College)

Dr. Juan Ignacio Vázquez (Universidad de Deusto)

MORElab Research Group - DeustoTech  
Universidad de Deusto  
Avda. Universidades 24  
48007 Bilbao, Spain

Tel: +34 94 431 90 03 (Ext: 2977)

Web: <http://www.morelab.deusto.es/>

---

Printed in Bilbao

Cover Designer: Alicia Casado Mansilla

First edition: July, 2016

*A mis padres que me han enseñado a cultivar el sentido crítico y a no conformarme con la primera idea.*

*“ ...es absolutamente imprescindible que la ciencia se integre en la cultura general, la cultura de la gente de la calle, de la gente común. De no ser así, la ciencia continuará siendo una cultura extraña para la mayor parte de la sociedad. algo que, en última instancia, dificultará la propia interdisciplinariedad dentro de las propias ciencias de la naturaleza o de la computación, o de estas de los mundos humanísticos...”*

— José Manuel Sánchez Ron , 2011.



# Agradecimientos

Es curioso como cambia nuestra forma de pensar a lo largo del tiempo. No es preciso que el espacio temporal sea largo. A veces, basta con que se acerque la fecha de un evento relevante para que pensemos que ahora es blanco lo que antes defendíamos que era negro. Sin ir más lejos, cuando comencé a escribir la tesis pensaba: “los agradecimientos han de ser sucintos”, “solo voy a dedicar unas líneas a las personas que han hecho posible esta tesis”, etc. Sin embargo, ahora que se acerca la finalización del proceso de escritura, me acuerdo de muchas personas y considero que cada una de ellas ha de estar en este apartado inicial.

Me ha parecido oportuno comenzar por las personas que han apostado por mí en el ámbito de la investigación. En orden cronológico inverso, mi mayor gratitud a Pablo Garaizar y Diego López-de-Ipiña (con guiones). Habéis demostrado de largo que sois dos personas con capacidad de escucha y análisis. Cada vez que me presentaba en vuestros respectivos despachos para compartir mis ideas, propuestas, dudas y miedos, habéis sabido darme los consejos acertados que han marcado el rumbo de esta investigación. Espero que continuemos cerca en el camino científico que hemos emprendido. Mi valoración personal después de estos años juntos, es que no sois antagónicos (como mucha gente piensa), sino que ofrecéis ideas que se complementan con facilidad. Para mí ha sido todo un regalo haberme topado con vosotros.

Echando la vista atrás, me acuerdo de Mario López-Ramos que me llevó a trabajar a París, a Pascale Sebillot y Emmanuelle Anceaume que intentaron que me quedase en a hacer la tesis en el INRIA de Rennes. Agradeceré siempre los consejos que me dio Sebastián Sánchez Prieto (Chan) de la universidad de Alcalá y recordaré con mucho cariño las largas discusiones en su despacho. De mi paso por Alcalá también aprendí mucho de Iván Marsá y Enrique de la Hoz. Así como agradezco profundamente la relación de amistad que establecí con Álvaro Aparicio que siempre me animó a salir fuera de España a nutrirme de “otra forma de hacer y pensar”. Termino este apartado agradeciendo con un cariño muy especial a JuanRa, de la universidad de Alcalá, que allá por el 2007 en la puerta de su despacho fue capaz de ver algo en mí más allá de un cabello lleno de rastas. Hay muchos momentos que recordaré en mi carrera investigadora, pero sin duda voy a hacer mención a uno que viví gracias a él: mi primer congreso internacional en Portugal. Recuerdo que terminé la ponencia sin saber si lo había hecho mal o muy mal, pero estaba tan feliz que me senté en una escalera, descolgué el teléfono y le llamé a prisa para contarle la experiencia. Gracias JuanRa, gracias a todos.

Centrándome en estos últimos cuatro años de tesis, la primera persona que me viene a la cabeza a la que quiero agradecerle su apoyo es a Juanillo. Está claro que sin tu ayuda esto no habría acabado tan bien. Normalmente la gente que ha hecho un doctorado recuerda su tesis como tres, cuatro años en solitario. Sin embargo, considero que hemos realizado un camino conjunto atípico. Siempre nos hemos tenido el uno al otro para hacer más llevadero nuestro trabajo de investigación. Todo un placer amigo. Curiosamente, a mi llegada a Deusto hablaba a menudo con Mario Vega Barbas y le decía de Juanillo que este “era su él, pero en formato vasco”. Es decir, que durante mi etapa en la UAH Mario fue mi compañero de investigación al que admiro y para mi es todo un referente de buen saber hacer. Gracias por todo Mario. Nos queda un futuro fructífero y ojalá conjunto por delante. Gracias al grupo de personas que forman el equipo de investigación MORElab, está siendo todo un lujo compartir mesa, ideas, proyectos y descansos con vosotros. Gracias por acogerme tan bien (menos mal que a pesar

de ser ‘teleco’ tenía cuenta de Twitter, que si no...). Sigo aprendiendo mucho de vosotros. Por último, pienso en mucha gente de DeustoTech con quien comparto el día a día y en especial quería mencionar a Cruz Borges (cada día estoy más contento con saber que estaremos juntos un tiempo investigando en el proyecto GreenSoul).

Gracias a mi familia a la que agradezco su firme apoyo, a los Pérez...que suerte tenemos, lunitas sois mi luz, a la Tia Alis que me acogió a mi llegada a Bilbao y muy en especialmente a alguien que se ha colado en mi vida desde hace ya casi cuatro años y por tanto ha vivido el día a día todo este proceso, Eider. Nunca olvidaré la de veces que me has preguntado de forma burlona que si había terminado por fin la tesis, las risas que nos hemos echado cuando explicabas a la gente en qué consistía mi investigación, o lo que tú, David, Luis, Aintzane, etc. me habéis vacilado con el tema de las cafeteras inteligentes o la *meetic*-cafetera ¿Para cuándo el vídeo promocional?. Gracias por el apoyo diario.

Termino dándole las gracias a todas las personas que han participado de forma voluntaria en los experimentos. Sois el pilar fundamental de esta tesis. Cito nombres de pasada que se me vienen a la cabeza y que considero que han contribuido sustancialmente a la finalización de tesis: DaviLÛ, Iñaki Vázquez, Karim , Nerea y Cesar García Saez, las PeZeS, Derek, Conor, Shaun and the whole LiSC research team, los *runners* de Deusto y Ana Ortiz de Guinea.

*Diego*



# Resumen

Para conseguir un estilo de vida sostenible, se pueden realizar diversas acciones cotidianas que ayuden a preservar el medio ambiente, tales como reciclar, reducir el uso de recursos, evitar pérdidas de calor o de frío dependiendo de la temporada, apagar aparatos eléctricos o luces cuando no se estén utilizando, etc.

El entorno donde nos encontremos marcará la facilidad o la dificultad para realizar estas acciones. De esta forma, ser sostenible en un entorno privado, como es el hogar, donde conocemos cada rincón y tenemos el control de cada dispositivo eléctrico, se presume más sencillo que serlo entornos compartidos. En estos últimos, entre los que se encuentra el espacio de trabajo, aparecen una serie de barreras que nos pueden llevar a realizar comportamientos contrarios a la preservación ambiental (incluso cuando la motivación para actuar pro-ambientalmente es alta): 1) no se paga directamente la factura eléctrica y por lo tanto se pierde el único medio de concienciación del consumo y su consecuente gasto energético; 2) la difusión de la responsabilidad en grupos de personas superiores a un cierto tamaño hace que muchos dispositivos eléctricos de uso compartido como fotocopiadoras, termostatos, cafeteras eléctricas o calentadores de agua, se queden encendidos innecesariamente, ya que la responsabilidad no se asigna de forma explícita; 3) existe una incertidumbre generalizada sobre si las acciones que se realizan en estos

entornos con la intención de reducir la huella ecológica son las adecuadas o no (por ejemplo, apagar un dispositivo eléctrico o la luz de una sala si alguien la va a usar justo después de nosotros).

La hipótesis de esta tesis es que para reducir algunas de las barreras presentadas, se han de diseñar estrategias para las personas que trabajan en espacios compartidos con el fin de que se les facilite la adopción de conductas energéticamente eficientes y que estas perduren en el tiempo. Para ello, se han realizado tres estudios empíricos de tipo comparativo, uno de ellos longitudinal, donde el rol principal lo desempeña la tecnología persuasiva (aquella que está diseñada para cambiar las actitudes o comportamientos de las personas a través de técnicas de persuasión) integrada en los dispositivos eléctricos de uso compartido que son susceptibles de utilizarse de forma ineficiente. Instrumentar con tecnología persuasiva dichos dispositivos fue acogido favorablemente por las personas participantes en los tres experimentos realizados. Más revelador aún, fue observar que las personas dotan a estos objetos aumentados de caracteres sociales y pueden llegar a considerarlos como integrantes de un grupo para hacer frente a la ineficiencia energética en el entorno laboral.

Para validar la hipótesis planteada, esta tesis ha dado lugar a un conjunto de contribuciones científicas dentro del campo de la sostenibilidad a través de interacción persona-computadora: 1) aunar modelos predictivos y técnicas de interacción para guiar a las personas a tomar decisiones de eficiencia energética mediante *feedback* visual provisto justo en el momento de realizar la acción que acarrea un gasto energético innecesario; 2) ilustrar que las tecnologías persuasivas pueden efectivamente promover conductas pro-ambientales que perduren en el tiempo; 3) demostrar que el estado de comodidad que genera la automatización en aras de la eficiencia energética produce un efecto rebote con respecto a la pasividad de actuar en favor del medio ambiente y reduce la confianza en la tecnología como motor del cambio ambiental.

# Abstract

There are several actions that can be taken to adopt a sustainable lifestyle: recycling, reducing resources or the use of disposable items, avoiding heat or cold leakages depending on the season, switching off electrical equipment or lights when they are not in use, etc.

The environment can ease or hinder these actions. Sustainability in a private setting, where every element is known, and occupants have complete control of each electrical device, seems to be easier than sustainability in common or shared spaces, such as workplaces. In these latter environments, although the motivation or intentions are high, there are barriers to pro-environmental behavior: 1) workers do not pay the electrical invoices and are unaware of energy use and cost; 2) the diffusion of responsibility phenomenon and the shared use of many electrical devices (e.g. photocopiers, thermostats, coffee-makers, kettles, etc.) keep the devices unnecessarily switched on because no one takes the responsibility to switch them off; and 3) there is an overall uncertainty about the most energy-efficient way to operate shared equipment and people doubt if the action they are taking will reduce the ecological footprint (e.g. whether to switch off an electrical device or the room lights if someone immediately after us will use them).

The thesis hypothesis to overcome sustainability barriers in common or shared spaces requires the design of strategies that ease the

adoption of long-term energy-efficient behaviors. To this aim, three empirical studies were conducted, one of them longitudinal. The leading actor of each of these studies is the persuasive technology, defined as technology designed to change the attitudes or behaviors of the users through persuasion, built into the shared electrical devices prone to energy-inefficient utilization. Augmenting these devices with persuasive technology was embraced favorably by the participants of the study. Even more insightful was finding that people tend to treat the augmented devices as if they were real people, attributing social characters to them or affiliating with them to create a team relationship towards coping with energy inefficiency in the workplace.

To validate the hypothesis, this thesis contributed to the Sustainable Human-Computer Interaction community (S)HCI in the following ways: *1)* combining predictive soft computing techniques with persuasive interaction to cope with energy inefficiency, increasing workers' energy awareness through eco-feedback provided immediately upon performing the energy inefficient action; *2)* illustrating that persuasive technologies are propitious, forming pro-environmental behaviour in the mid and long term; and *3)* demonstrating that automating electronic devices (i.e. preventing subjects from controlling these devices), in favor of comfort, is associated with a reduction of the participant's confidence in technology as a means to solve all current environmental problems.

# Índice General

<b>Lista de Figuras</b>	<b>XIII</b>
<b>Lista de Tablas</b>	<b>XVI</b>
<b>CAPÍTULO 1 Introducción</b>	<b>1</b>
1.1 Motivación y problemática . . . . .	4
1.1.1 Problemática científico-conceptual . . . . .	6
1.1.2 Problemática científico-técnica . . . . .	7
1.2 Hipótesis y preguntas de investigación . . . . .	8
1.3 Metodología de investigación . . . . .	10
1.4 Estructura de la tesis . . . . .	12
<b>CAPÍTULO 2 State of the art</b>	<b>17</b>
2.1 Energy efficiency . . . . .	18
2.1.1 Human-based: behaviour change . . . . .	20
2.1.2 Technology based: automation . . . . .	21
2.1.3 Joint action between humans and technology . . . . .	22
2.2 Behaviour change . . . . .	24
2.2.1 Social sciences approach . . . . .	25
2.2.2 Technological approach . . . . .	27
2.3 Persuasion . . . . .	29
2.3.1 Persuasive theories . . . . .	30
2.3.2 Persuasive Technology . . . . .	31
2.4 Eco-feedback in HCI . . . . .	36
2.4.1 Dashboards, web and mobile-based approaches . . . . .	37
2.4.2 Social network-based approaches . . . . .	38

2.4.3	Physical computing and ambient awareness . . . . .	39
2.5	Challenges beyond the state of the art . . . . .	41
2.6	Conclusions . . . . .	42
<b>CAPÍTULO 3 Eco-aware everyday objects</b>		<b>45</b>
3.1	Relevance of eco-aware everyday objects . . . . .	46
3.2	Coffee-makers: appliances with eco-awareness needs . . . .	48
3.2.1	Operating modes: on-off, standby and auto-power down . .	49
3.3	Hybrid operating mode . . . . .	50
3.4	Eco-aware infrastructure . . . . .	52
3.4.1	Eco-adaptors . . . . .	52
3.4.2	Communication and service architecture . . . . .	56
3.5	Interactive strategies . . . . .	60
3.5.1	Physical interaction . . . . .	61
3.5.2	Social networks . . . . .	65
3.5.3	Web dashboards . . . . .	66
3.6	Conclusions . . . . .	68
<b>CAPÍTULO 4 Initial experiments</b>		<b>69</b>
4.1	Pre-pilot experiment . . . . .	70
4.1.1	Participants and recruitment . . . . .	71
4.1.2	Procedure . . . . .	72
4.1.3	Results and analysis . . . . .	75
4.1.4	Implications to the longitudinal experiment . . . . .	80
4.2	Nudging just-in-time . . . . .	81
4.2.1	Objectives related to the hypothesis . . . . .	83
4.2.2	Procedure . . . . .	83
4.2.3	Analysis and findings . . . . .	87
4.2.4	Implications to the longitudinal experiment . . . . .	89
4.3	Conclusions . . . . .	90
<b>CAPÍTULO 5 Experimento Longitudinal</b>		<b>93</b>
5.1	Objetivos en relación con las hipótesis . . . . .	96
5.2	Participantes y reclutamiento . . . . .	99
5.3	Duración y fases del experimento . . . . .	103
5.3.1	Fase Pre-experimental . . . . .	106

5.3.2	Fase Experimental . . . . .	108
5.3.3	Fase Post-experimental . . . . .	109
5.4	Herramientas de investigación . . . . .	111
5.5	Metodología de análisis energético . . . . .	113
5.6	Resultados cuantitativos . . . . .	114
5.6.1	Energía en las fases Pre y Experimental . . . . .	114
5.6.2	Energía en la fase Post-experimental . . . . .	123
5.6.3	Consideraciones finales sobre la energía . . . . .	128
5.7	Conclusiones . . . . .	130
<b>CAPÍTULO 6 Actitudes e intenciones pro-ambientales</b>		<b>131</b>
6.1	Descripción de los constructos . . . . .	132
6.1.1	Environmental Attitudes Inventory (EAI) . . . . .	132
6.1.2	Pro-Environmental Readiness to Change . . . . .	134
6.2	Metodología de análisis . . . . .	135
6.2.1	Enfoques propuestos para el análisis estadístico . . . . .	136
6.3	Métodos estadísticos aplicados . . . . .	139
6.3.1	Selección de los test estadísticos . . . . .	140
6.3.2	Presentación de los datos estadísticos . . . . .	142
6.4	Resultados estadísticos . . . . .	144
6.4.1	Resultados sin agrupación . . . . .	145
6.4.2	Resultados con agrupación previa por afinidad . . . . .	151
6.5	Conclusiones . . . . .	157
<b>CAPÍTULO 7 Validación cualitativa</b>		<b>161</b>
7.1	Grupos de discusión . . . . .	163
7.1.1	Metodología de análisis . . . . .	164
7.2	Resultados cualitativos . . . . .	166
7.2.1	Codificación abierta ( <i>Open coding</i> ) . . . . .	166
7.2.2	Codificación axial ( <i>Axial coding</i> ) . . . . .	167
7.2.3	Codificación selectiva ( <i>Selective coding</i> ) . . . . .	171
7.2.4	Conclusiones del análisis cualitativo . . . . .	181
7.3	Interrelación de los resultados obtenidos . . . . .	185
7.3.1	Limitaciones de los resultados obtenidos . . . . .	187
7.3.2	Validez interna y externa . . . . .	189

<b>CAPÍTULO 8 Conclusions</b>	<b>191</b>
8.1 Summary of the thesis . . . . .	192
8.1.1 Research contributions . . . . .	197
8.2 Future work . . . . .	198
8.3 Final remarks . . . . .	201
<b>Apéndice</b>	<b>202</b>
<b>APÉNDICE A Predictive model: ARIMA</b>	<b>203</b>
A.1 Definition of coffee's threshold . . . . .	203
A.2 Time Series - ARIMA model . . . . .	206
A.2.1 Methodology for model selection . . . . .	208
<b>APÉNDICE B Metodologías cualitativas</b>	<b>213</b>
B.1 Grupos focales . . . . .	213
B.2 La teoría fundamentada . . . . .	217
<b>APÉNDICE C Cuestionarios y consentimiento informado</b>	<b>223</b>
C.1 'Pre-pilot study': cuestionarios Pre y Post . . . . .	223
C.2 Estudio longitudinal . . . . .	236
C.2.1 Actitudes pro-ambientales . . . . .	236
C.2.2 Intención de cambio de comportamiento pro-ambiental . . . . .	245
<b>APÉNDICE D Modelos de similitud</b>	<b>251</b>
D.1 Grupos reclutados . . . . .	251
D.2 Agrupación por similitud . . . . .	254
<b>APÉNDICE E Contribuciones científicas realizadas</b>	<b>259</b>
E.1 Revistas indexadas en JCR . . . . .	259
E.2 Conferencias internacionales . . . . .	260
E.3 Otras publicaciones relacionadas . . . . .	261
<b>Bibliografía</b>	<b>262</b>

# Lista de Figuras

1.1	Huella ecológica mundial en 2010 . . . . .	2
1.2	Distribución del consumo de energía en el sector ‘Edificios’ . . .	3
1.3	Metodología de investigación seguida en la tesis doctoral. . . .	11
2.1	Energy consumption by sector. . . . .	19
2.2	Theory of planned Behaviour . . . . .	26
2.3	The prominence of behaviour change related research in the last 10 years of CHI proceedings. . . . .	28
2.4	Augmented objects through eco-feedback technology. . . . .	40
3.1	Coffee-maker modes: On-Off mode, Standby and Auto-power down. . . . .	49
3.2	The three modules that make up the eco-adaptor. . . . .	54
3.3	Non invasive energy sensor hooked to the appliance’s socket wire. . . . .	54
3.4	Layout of the customised PCB . . . . .	55
3.5	The consumption of the eco-adaptor during 1’ 20” . . . . .	55
3.6	Designed architecture for Cloud data storing . . . . .	57
3.7	JSON data model of an energy consumption event . . . . .	58
3.8	Architecture to forecast the coffee machine’s next-week usage . . . . .	59
3.9	Predicted 60 bits of binary data . . . . .	60
3.10	Subtle visualization built-in the coffee-maker . . . . .	63
3.11	Ambient visual chart design . . . . .	63
3.12	Physical bar plot design . . . . .	64
3.13	Interactive beverage coasters’ design . . . . .	65
3.14	A set of tweets extracted form the SmartLab Twitter profile. . . . .	66
3.15	Dashboard designed to track user and group e-consumption. . . . .	67

3.16	Picture attached to the coffee maker to remind users to visit the web site. . . . .	67
4.1	Non-effective energy wasted by SmartLab group . . . . .	78
4.2	Four screen-shots of 'Close the Loop' app . . . . .	84
4.3	Focus group participant interacting with the CtL app . . . . .	85
4.4	Participants sorting and annotating the cards . . . . .	86
4.5	The six categories around recycling extracted through GT . . . . .	87
5.1	Distribución geográfica de las cafeteras estudiadas. . . . .	101
5.2	Regalos propuestos a los participantes como incentivo . . . . .	103
5.3	Fases del experimento longitudinal a través de su eje temporal. . . . .	105
5.4	Papel entregado a cada participante con la URL de la web . . . . .	106
5.5	Página principal de la web creada para realizar el registro . . . . .	107
5.6	Logotipos utilizados en la documentación de la tesis . . . . .	109
5.7	Número de participantes que completaron los cuestionarios . . . . .	111
5.8	Desglose del consumo energético medio para preparar una taza de café en cada uno de los grupos . . . . .	117
5.9	Desglose energético de las dos primeras fases del experimento para los cuatro grupos sometidos a la condición <i>eco-aware</i> . . . . .	119
5.10	Desglose energético de las dos primeras fases del experimento para los tres grupos sometidos a la condición <i>automation</i> . . . . .	121
5.11	Desglose energético de las dos primeras fases del experimento para los tres grupos sometidos a la condición <i>dashboard</i> . . . . .	122
5.12	Consumo energético medio para preparar un café a lo largo de las fases Pre, Experimental y Post. . . . .	125
5.13	Desglose energético a lo largo de las fases que componen el experimento para el grupo 'Serv. Generales'( <i>dashboard</i> ). . . . .	125
5.14	Desglose energético a lo largo de las fases que componen el experimento para el grupo 'Techabout' que estuvo sometido a la condición <i>eco-aware</i> . . . . .	126
5.15	Desglose energético a lo largo de las fases que componen el experimento para el grupo 'Mobility' que estuvo sometido a la condición <i>eco-aware</i> . . . . .	127
6.1	Estructura jerárquica de las actitudes pro-ambientales. . . . .	133

---

6.2	Participantes sometidos a cada una de las tres condiciones experimentales. . . . .	138
6.3	Diagrama de flujo para decidir el tipo de test estadístico. . . . .	140
6.4	Cantidad de varianza explicada por ANOVA y ANCOVA . . . . .	144
7.1	Comparativa del interés suscitado por cada grupo de participantes . . . . .	169
7.2	Comparativa del interés suscitado en cada una de las categorías axiales . . . . .	170
7.3	Relación de las cinco categorías principales (axiales) en torno al tema principal. . . . .	171
A.1	The percentage of people that operate the coffee machines in different ways within four European countries. . . . .	204
A.2	Time Series of coffees prepared along 30 days within a research laboratory (morning and afternoon coffee intakes were separated). . . . .	209
A.3	Differenced series with its associated ACF and PACF for model identification. . . . .	209
A.4	Residuals and their associated autocorrelation graphs. . . . .	210
A.5	Prediction of coffees prepared in next 11 days after model identification in day 30 <sup>th</sup> . . . . .	211
D.1	Gráfico que denota que el número óptimo de agrupaciones para los datos de partida es cuatro. . . . .	256
D.2	Dendograma donde se observan los bloques de similitud . . . . .	257

# Lista de Tablas

2.1	Summary of academic studies related with energy efficiency in shared environments . . . . .	20
2.2	Strategies to persuade through technology. . . . .	33
2.3	Potential energy savings from motivational strategies . . . . .	38
3.1	Three Cloud-based services offered by the ecoserver . . . . .	58
3.2	Rationale followed to design the eco-aware appliances associated with the background which supports each feature. . . . .	61
4.1	Fluctuation of coffees' energy cost for each group during four weeks . . . . .	73
5.1	Relación de grupos que formaron parte del experimento . . . . .	102
5.2	Cronograma de las fases del experimento para cada una de las cafeteras a lo largo de 22 meses. . . . .	104
5.3	Porcentaje de energía desperdiciada en las fases Pre-experimental y Experimental . . . . .	115
5.4	Relación de la energía media consumida por cada uno de los grupos participantes para preparar un café . . . . .	116
5.5	Consumo medio de cada uno de los módulos interactivos desplegados . . . . .	117
5.6	Relación de la energía media desperdiciada y consumida para preparar un café por cada una de las condiciones . . . . .	118
5.7	Datos energéticos a lo largo de todas las fases experimentales para los grupos: 'Techabout, Serv. Generales y Mobility' . . . . .	124

---

6.1	Asignación de las tres condiciones experimentales a cada grupo de trabajo . . . . .	137
6.2	Comparación Pre-Post de las dimensiones y constructos para los 16 participantes sujetos a <i>automation</i> . . . . .	146
6.3	Efecto de las condiciones experimentales sobre los constructos estudiados a través de un análisis de covarianza. . . . .	148
6.4	Efecto de las condiciones experimentales sobre los constructos estudiados a través de un análisis no paramétrico. . . . .	150
6.5	Comparación <i>pre-test/post-test</i> de las dimensiones y constructos para los 24 participantes del bloque A. . . . .	152
6.6	Comparación <i>pre-test/post-test</i> de las dimensiones y constructos para los 8 participantes del bloque B. . . . .	153
6.7	Comparación <i>pre-test/post-test</i> de las dimensiones y constructos para los 13 participantes del bloque C. . . . .	153
6.8	Efecto de las condiciones experimentales sobre los constructos estudiados con resultado significativo a través de un análisis de covarianza. . . . .	155
6.9	Efecto de las condiciones experimentales sobre los constructos estudiados con resultado significativo a través de un análisis no paramétrico. . . . .	156
6.10	Significancia, tamaño del efecto e intervalo de confianza para cada uno de las dimensiones y constructos que resultaron significativas ( <i>pre-post</i> ). . . . .	158
7.1	Relación de participantes en los grupos de discusión . . . . .	164
7.2	Códigos por cada una de sus categorías axiales: <i>automation</i> . . . . .	168
7.3	Códigos por cada una de sus categorías axiales: <i>dashboard</i> . . . . .	168
7.4	Códigos por cada una de sus categorías axiales: <i>eco-aware</i> . . . . .	169
7.5	Códigos de mayor ocurrencia durante las sesiones de grupos focales para cada una de las condiciones experimentales. . . . .	182
D.1	Relación de grupos con cierto grado de similitud después de aplicar un método de conglomerado jerárquico. . . . .	258



# 1

## Introducción

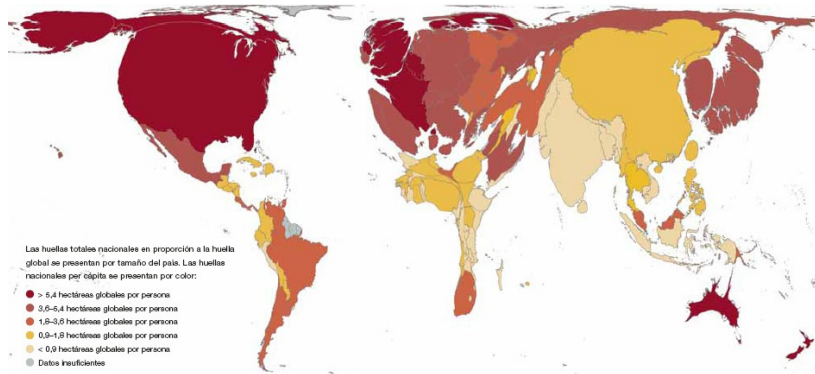
### Motivación, problemática e hipótesis

---

*“Entender la motivación de las personas respecto a las acciones que realizan cotidianamente exige ir más allá de un modelo en el que las personas actúan siempre con una estrategia marcada por unas preferencias y unos objetivos. Este último esquema supone una racionalidad muy fuerte y fría que no se corresponde con lo que ocurre en la realidad. Sin embargo, a las personas les gusta verse como seres cargados de razones en vez de como juguetes al socaire de fuerzas irracionales”*

*(Elster, 2009)*

El estilo de vida contemporáneo que comenzó a gestarse con el inicio de la revolución industrial a finales del s. XIX, está basado en el crecimiento continuado. Esta forma de vida nos ha llevado a una sobreexplotación de los recursos naturales cuya consecuencia es que se ha sobrepasado la capacidad del planeta para regenerar los recursos que se extraen anualmente. Este hecho es especialmente acentuado en los países del Norte donde se evidencia que la huella ecológica es tan grande que si se expandiese a todo los habitantes de la Tierra, se requerirían entre dos y tres planetas para abastecernos. En el mapa de la figura 1.1



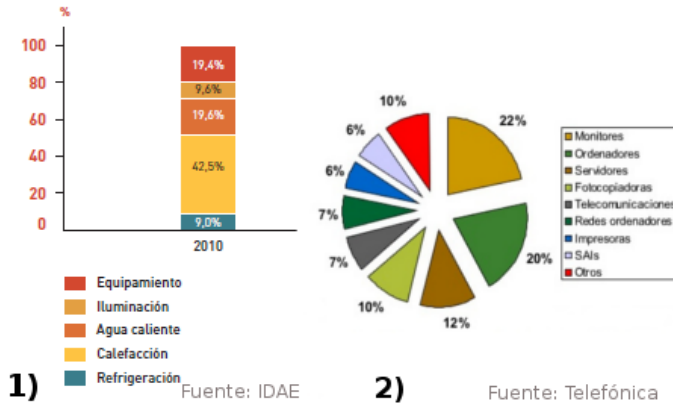
**Figura 1.1:** Huella ecológica mundial en 2010 (Fuente: *Global Footprint Network*). El tamaño de cada país es acorde a la cantidad de hectáreas que consume cada habitante. La sostenibilidad planetaria se mantendría con una huella de 1,8 hectáreas para satisfacer todas las necesidades de una persona durante un año.

se puede observar el impacto de cada habitante en cada uno de los países del mundo medido en hectáreas globales por persona.

En esta coyuntura, la sostenibilidad real impone a los seres humanos estilos de vida más conscientes con nuestros límites si queremos dejar para las generaciones venideras un planeta medianamente habitable. De acuerdo al mapamundi presentado en la figura 1.1, esta necesidad es especialmente relevante en los países más industrializados.

España, al igual que la mayoría de los países de la Unión Europea, se encuentra dentro del grupo de los países industrializados. De acuerdo a un informe estatal sobre eficiencia energética realizado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE, 2010), el sector industrial es responsables de un 30 % del consumo energético de nuestro país. Sin embargo, el ‘sector edificios’ es responsable de más del 40 % del consumo energético total. A esto se debe añadir que entre el 40 % y el 50 % de las emisiones de CO<sub>2</sub> de nuestros edificios se debe al comportamiento humano dentro de los mismos<sup>1</sup>. Por lo tanto, se considera necesario reflexionar no sólo sobre el impacto directo e indirecto que

<sup>1</sup>Este dato se corrobora con la estimación de que pasamos más de 1.700 horas al año en nuestro puesto de trabajo



**Figura 1.2:** 1) Distribución del consumo de energía final en el sector 'Edificios' (Fuente: IDAE). 2) Desglose del consumo eléctrico debido a equipamiento (Fuente: Telefónica S.A.).

tiene la arquitectura y diseño de los edificios y oficinas, sino también sobre el uso que nosotros mismos hacemos de ellos y de los servicios que se ofrecen. Es decir, se han de buscar estrategias para conseguir concienciar a las personas a fin de que realicen acciones más sostenibles en estos espacios<sup>2</sup>.

Según se recoge en los gráficos presentados en la figura 1.2, si se abordasen planes o estrategias de eficiencia para un gran número de focos de utilización energética por las personas que usan los edificios (equipamiento, iluminación, calefacción, etc.), se podría reducir drásticamente la energía consumida.

Atendiendo a estos focos, las acciones en pro de la eficiencia energética que pueden realizar las personas que trabajan en los edificios (sin tener en cuenta a los gestores de estos), se pueden dividir en dos grupos. Por un lado, las acciones individuales sobre los dispositivos y el equipamiento eléctrico que está bajo la responsabilidad de cada persona (p. ej. ordenadores, pantallas, luz de escritorio, ventiladores, etc.). Por

<sup>2</sup>Históricamente, la ingeniería y la arquitectura, en vez de centrarse en la acción humana, han centrado sus esfuerzos en mejorar la eficiencia energética de los edificios a través de medidas de automatización (los primeros) y de remodelación (los segundos).

otro lado, las acciones grupales sobre dispositivos de uso compartido. Es decir, equipamiento que consume energía cuya responsabilidad de uso y mantenimiento recae sobre el grupo que lo utiliza cotidianamente (p. ej. luminarias, impresoras, fotocopadoras, máquinas de café, servidores, termostatos, etc.).

En la tesis que aquí se presenta nos centraremos en estas últimas acciones. El objetivo final que se persigue es motivar y concienciar a grupos de personas con el fin de que realicen acciones de eficiencia energética con los dispositivos de uso compartido dentro del entorno laboral. Todo ello, a través de técnicas de interacción visual incorporadas en los propios dispositivos que consumen energía.

## 1.1 Motivación y problemática

En el año 2007, se comenzaron a presentar los primeros artículos relacionados con la sostenibilidad planetaria en las principales conferencias de interacción a través de la tecnología (CHI, DIS, OzCHI o NordiCHI) (Mankoff et al., 2007b). Fueron varios los grupos de investigación que impulsaron la iniciativa para que este campo tuviese un papel relevante en la comunidad de interacción entre personas y computadores (HCI, de sus siglas en inglés)<sup>3</sup>. EE.UU. (que es uno de los países que presenta una mayor tasa de emisiones de CO<sub>2</sub>), es el que actualmente tiene mayor impacto académico en el área de la conservación del medio ambiente mediante la interacción entre personas y computadoras. En 2014, el Reino Unido dio la vuelta a su tasa de emisiones reduciéndolas en un 2.6%. Esta tendencia fue acorde con su presencia en las principales conferencias sobre *Sustainable HCI* (S)HCI. Sin embargo, España, que es uno de los países que va a la cabeza en las reducciones de CO<sub>2</sub> en la Unión Europea, no tiene prácticamente incidencia alguna en la comunidad investigadora de sostenibilidad e interacción. Impulsar la investigación en (S)HCI en el ámbito estatal fue una de las primeras

---

<sup>3</sup>La comunidad ha ido creciendo hasta llegar a crear un grupo especial en SIGCHI llamado “*HCI and Sustainability Community*”: <http://www.sigchi.org/communities/hci-sustainability>

motivaciones para realizar esta tesis.

Sin embargo, aplicar los avances de la computación ubicua y la interacción hacia la eficiencia energética en edificios no es la única motivación de esta tesis. Los aspectos psicológicos y cognitivos que hay detrás de cada una de las acciones que realizamos diariamente son cada vez de mayor interés en la comunidad de (S)HCI (Hekler et al., 2013). Más aún, cuando la tecnología puede facilitar un canal de interacción a través del cual se pueden obtener ciertos cambios actitudinales y comportamentales en favor del medio ambiente (usando para ello estrategias de motivación grupal o de facilitación de ciertas prácticas sostenibles).

Uno de los hechos más constatados en el ámbito de la psicología es que nuestro estilo de vida no está marcado por lo que pensamos o por nuestros deseos e intenciones, sino que son nuestras acciones cotidianas las que nos definen. En esta dualidad del pensamiento-intención y la acción propiamente dicha, en ocasiones se encuentra una disonancia muy acentuada (Festinger, 1962) (sobre todo en temas de alta deseabilidad social como lo es el cuidado del medio ambiente). Poder contribuir a ser más consecuentes con nuestro modo de pensar, eliminando o disminuyendo así la disonancia, gracias al envío de ciertas sugerencias, motivaciones, incentivos o recordatorios a través de la tecnología es, de hecho, la principal motivación de esta tesis doctoral.

En la nueva era de la computación, expertos en psicología de grupos y en sociología han estudiado las relaciones que se establecen entre las personas y los computadores: las relaciones afectivas entre personas y máquinas (Picard, 1997), el sentido de pertenencia a grupos conformados por computadores y personas (Nass et al., 1996), la dotación de caracteres sociales a los computadores (Nass and Moon, 2000), la traslación de las relaciones sociales entre humanos a las relaciones con los computadores (Reeves and Nass, 1996) o la complacencia y confianza depositada en la automatización (Carr, 2014). En el campo de investigación en el que se centra esta tesis (la eficiencia energética), no se conocen estudios donde se hayan abordado las relaciones de confianza entre máquinas y personas para reducir conjuntamente la energía consumida. De la misma forma, no se han encontrado indicios de estudios en los que se hayan incorporado técnicas de inteligencia artificial a los

que los objetos que utilizamos cotidianamente para promover conductas pro-ambientales usando para ello estrategias de persuasión.

La última motivación para realizar esta tesis se plantea como una búsqueda de equilibrio en la tensión creciente que existe entre el aumento exponencial de agentes computacionales para resolver un sinfín de tareas (teléfonos, objetos inteligentes, sensores, comunicación, etc.) y los objetivos de la sostenibilidad ambiental (Silberman et al., 2014): 1) la cantidad de energía y recursos necesarios para soportar todos estos nuevos dispositivos; 2) la basura electrónica que aumentaría considerablemente si todo lo resolviésemos mediante tecnología o automatización; o 3) la falta de concienciación ambiental si todas nuestras acciones de eficiencia energética las delegásemos en la tecnología.

Las administraciones, industria y empresas del sector tienen mucho que aportar si realmente se desea llegar a un modelo de sociedad sostenible. De la misma forma, las personas, podemos dirigir un cambio global hacia una sociedad más concienciada medio-ambientalmente desde nuestra acción local. Sin embargo, la tecnología tiene un papel fundamental en la promoción de este cambio de paradigma. Por tanto, esta tesis pretende desmontar el predicado de la “tecnología por la tecnología” haciendo ver cómo esta puede ser de suma utilidad para lograr prácticas sostenibles en un entorno donde las personas no se hacen responsables directamente del coste de la energía que usan.

### **1.1.1 Problemática científico-conceptual**

Para conseguir un estilo de vida sostenible se pueden realizar acciones cotidianas consideradas como adecuadas en favor del medioambiente (reciclar, apagar aparatos electrónicos cuando no se usen, reutilizar recursos o no malgastarlos). Sin embargo, en muchas ocasiones no sabemos si dichas acciones son las adecuadas en cada situación o contexto, o si realizamos estas adecuadamente en términos ambientales.

En el caso del uso de la energía eléctrica en los entornos compartidos, este desconocimiento se debe a varios factores: 1) la intangibilidad del factor físico que subyace: las cargas eléctricas; 2) la cotidianidad en el

uso de equipamiento o luminarias<sup>4</sup>; y 3) el confort o la comodidad. En muchas ocasiones dejamos dispositivos encendidos o en *standby* porque prevemos que los volveremos a usar en algún momento del día.

Si el ser humano tuviese la capacidad de percibir toda la información que le rodea acerca del consumo energético, sería posiblemente capaz de razonar de forma adecuada y tomar las decisiones correctas en favor de la eficiencia energética en estos entornos compartidos. Sin embargo, cotidianamente se observa que no es así. Además, nuestras acciones no se ven únicamente mermadas por la capacidad de percepción, sino por factores actitudinales o normativos de cada persona. Por lo tanto, más allá de optar por la racionalidad absoluta (informar y esperar que se actúe en consecuencia), son necesarias estrategias que faciliten la consecución de eficiencia energética entre las personas. En el caso de los dispositivos de uso compartido (p. ej. luminarias, impresoras, fotocopadoras, máquinas de café, servidores, termostatos, etc.), no se ha evaluado ampliamente el impacto de sugerir a las personas en tiempo real y a través de interactivos visuales cómo realizar acciones de eficiencia energética justo en el momento en el que los dispositivos están siendo utilizados.

### 1.1.2 Problemática científico-técnica

Históricamente, las campañas de concienciación energética en los entornos laborales se han centrado en la difusión de documentación en papel (pósteres, *post-its*, panfletos, etc.) o mediante talleres de sensibilización. En el momento en que los canales de comunicación comienzan a digitalizarse, encontramos que las estrategias de concienciación se trasladan al correo electrónico o a páginas webs dedicadas a volcar consejos y estadísticas de consumo a las personas empleadas. La miniaturización de la tecnología, así como la expansión de los teléfonos móviles inteligentes, permite que se vuelva a dar un salto en el medio de transmisión de información para concienciar o motivar comportamien-

---

<sup>4</sup>En un espacio privado, una persona que apaga una luz de una estancia puede estar segura que nadie la encenderá detrás de ella. Sin embargo, en una oficina es difícil prever si alguien precisará la sala de reuniones después de que alguien la haya usado. En esta situación, se antoja difícil discernir si es preferible dejar la luz encendida o apagada.

tos pro-ambientales en espacios y contextos donde previamente había sido imposible llegar. En este contexto, nace el concepto de tecnologías persuasivas (*“Persuasive technologies”*) que es el marco de referencia de la tesis que aquí se presenta.

Una de las problemáticas que encontramos en este nuevo enfoque, es que los canales de comunicación empleados suelen ser intrusivos, estáticos, alejados del foco de ineficiencia energética sobre el que se quiere incidir y en muchos casos, incluso molestos (Gil et al., 2012; Schmidt et al., 1999). Por lo tanto, esta tesis doctoral aborda esta problemática a través de estrategias de interacción que ponen el foco en la acción que acarrea un consumo energético. Además se pone especial énfasis en que el *feedback* provisto sea inmediato (justo en el momento en el que se vaya a realizar una acción que va en contra de la eficiencia energética) y que aúne diferentes estrategias de motivación.

Reforzar, cambiar o mejorar el comportamiento y la conducta pro-ambiental a través de tecnologías persuasivas es una temática en auge en la comunidad investigadora de interacción desde que Fogg (2003) acuñase el término *“Persuasive technology”*. En el ámbito de la energía, se han realizado avances significativos demostrándose que este tipo de estrategia es válido para mejorar la eficiencia energética de hogares y edificios públicos. Sin embargo, no se tiene constancia de trabajos que busquen demostrar cómo responde esta estrategia en el largo plazo. Es decir, se precisa conocer si las estrategias persuasivas cambian el comportamiento de la gente de forma duradera, incluso una vez que dejan de recibirse sugerencias, recordatorios o *feedback* que motiven ciertos comportamientos de eficiencia energética.

## 1.2 Hipótesis y preguntas de investigación

Una vez repasadas las motivaciones, tanto personales como a nivel de investigación, y esgrimidas las problemáticas que marcaron el comienzo de esta tesis doctoral, se pasa a enunciar la hipótesis de partida:

**Hipótesis.** *“Las tecnologías persuasivas fomentan conductas de eficien-*

*cia energética en el corto y largo plazo con la utilización de dispositivos eléctricos de uso compartido dentro del entorno laboral.”*

Con el objetivo de poder validar esta hipótesis, se considera necesario dar respuesta a las siguientes preguntas de investigación:

**Cuestión 1.** ¿Qué tipo de dispositivos de uso compartido en el entorno de trabajo pueden ser potenciales candidatos como eje de la investigación (luminarias, impresoras, fotocopadoras, máquinas de café, termostatos, etc.)?

**Cuestión 2.** Una vez seleccionado el dispositivo de uso compartido apropiado, cabría preguntarse: ¿qué tipo de interacción resulta más eficaz para promover una conducta de eficiencia energética sobre dicho dispositivo?

**Cuestión 3.** ¿Qué tipo de interacción produce un mayor grado de aceptación por las personas que usan ese dispositivo dentro de los entornos laborales?

**Cuestión 4.** ¿Qué tipo de interacción se debe diseñar para que se establezca una relación de afiliación grupal entre emisor (el objeto cotidiano instrumentado con tecnología persuasiva) y receptor (los usuarios del dispositivo)?

**Cuestión 5.** Asumiendo que la interacción pueda llegar a ser más efectiva si se ofrece de forma contextual, ¿cuál es el momento adecuado para recibir la interacción persuasiva con el objetivo de realizar acciones pro-ambientales? ¿Hay indicios que nos lleven a pensar que estimular la acción mediante primado (*priming*) puede reforzar el que se realicen acciones pro-ambientales a posteriori? o ¿es preferible ofrecer el *feedback* justo en el momento de realizar la acción que acarrea un consumo energético?

**Cuestión 6.** Si la interacción persuasiva fuese sostenida en el tiempo, ¿se podría determinar que se observa un cambio de comportamiento en el largo plazo? Si se retirase la interacción y se siguiese

observando el comportamiento de las personas que usan el dispositivo que se está estudiando, ¿se podría determinar que dicho cambio de comportamiento se mantiene a pesar de que la interacción haya desaparecido?

**Cuestión 7.** En caso de observarse un cambio de conducta, ¿responde dicho cambio a alguna de las teorías o modelos de cambio de comportamiento clásicos? Por otro lado, ¿podrían cambiar las actitudes o las intenciones pro-ambientales de las personas por el simple hecho de interactuar con un dispositivo de uso compartido al que se ha incorporado tecnología persuasiva?

**Cuestión 8.** Respondidas todas las cuestiones anteriores, ¿se ha recuperado suficiente información cualitativa y cuantitativa como para poder esgrimir un primer modelo de diseño de dispositivos persuasivos que promuevan conductas de eficiencia energética?

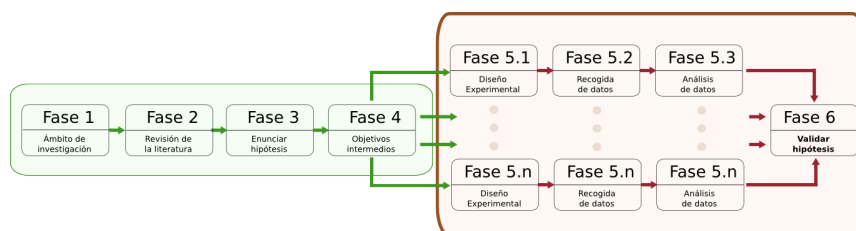
En la tesis se responderá a cada una de estas cuestiones para poder así validar la hipótesis enunciada previamente.

A continuación se pasa a detallar la metodología de investigación aplicada para dar respuesta de forma rigurosa a cada una de las problemáticas investigadas.

## 1.3 Metodología de investigación

Se ha de establecer una metodología de investigación apropiada con el fin de ofrecer respuestas rigurosas a cada una de las preguntas de investigación y además realizar un contraste fidedigno de la hipótesis de partida.

Dicha metodología consta de varias fases secuenciales que el investigador debe atravesar para validar la hipótesis enunciada esta tesis doctoral. Estas fases y sus interrelaciones se desglosan a continuación. La figura 1.3 sintetiza la metodología a través de un diagrama.



**Figura 1.3:** Metodología de investigación seguida en la tesis doctoral.

**Establecer el ámbito de investigación.** En la primera fase se debe definir el ámbito de investigación de la tesis doctoral. Es una fase marcada por la subjetividad e interés del doctorando y el de sus directores de tesis.

**Revisión sistemática y exhaustiva de la literatura.** Una vez definido el campo de investigación, se debe realizar una revisión de la literatura con el fin de determinar si las primeras preguntas de investigación han sido ya abordadas por la comunidad científica o si por contra hay campo para la indagación científica. Esta revisión de publicaciones de alto impacto no solo nos permitirá centrar el objetivo de la tesis doctoral, sino que nos ayudará a comprender qué metodologías de contraste se han aplicado en otros trabajos similares.

**Enunciar la hipótesis de partida.** En esta fase se define la hipótesis y las cuestiones de investigación asociadas a esta.

**Definir objetivos intermedios.** Cada una de las cuestiones de investigación conllevan una serie de objetivos intermedios. Dichos objetivos nos permitirán dar respuesta a cada una de esas preguntas con el fin de validar la hipótesis inicial.

**Diseño experimental.** Basándose en el aprendizaje adquirido tras revisar la literatura del ámbito de investigación, en libros de metodología experimental y en el bagaje de investigación de los directores de la tesis, en esta fase se realiza el diseño experimental de cada uno de los estudios que se vayan a efectuar para validar la hipótesis (como se puede observar en la figura 1.3, en la fase 5 se diseñarán tantos estudios como sea necesario).

**Recogida de datos.** Por cada uno de los estudios se recogerá un tipo de datos específico utilizando diferentes instrumentos y el equipamiento de medida apropiado.

**Análisis de datos.** Cada uno de los tipos de datos recogidos, bien cualitativos o cuantitativos, conlleva un método diferente de análisis. Estos métodos no solo dependen del tipo de información a analizar, sino también del tipo de cuestión a la que queremos dar respuesta.

**Contraste y validación de la hipótesis.** En la última fase se pretende validar la hipótesis demostrando la validez de la solución propuesta. En esta fase se procede a elaborar las conclusiones finales y plantear las posibles líneas futuras de investigación.

Una vez terminada la investigación, los resultados serán divulgados en congresos internacionales y en revistas científicas especializadas en el área de la sostenibilidad a través de HCI.

## 1.4 Estructura de la tesis

Esta tesis doctoral ha sido desarrollada entre España y el Reino Unido. Por lo tanto, se decidió usar las lenguas de ambos países para escribir el texto. A continuación se describe el contenido de cada uno de los capítulos y se especifica el idioma en el que están redactados.

This doctoral thesis has been carried out between Spain and UK. Therefore, we decided to use both languages for the writing. Next we describe the content of each of the thesis' chapters.

**El Capítulo 2** introduce los conceptos de base para comprender el marco de la tesis doctoral y analiza los trabajos científicos que se han realizado en el ámbito de los objetos inteligentes, las tecnologías persuasivas y el *feedback* para promover conductas sostenibles a nivel medioambiental (Inglés/English).

**Chapter 2** introduces background concepts to understand the framework of this thesis. It analyses the research works related to smart everyday objects, persuasive technologies and eco-feedback to promote a pro-environmental behaviour change.

**El Capítulo 3** realiza una exhaustiva descripción del principal actor de esta tesis: los objetos cotidianos *eco-aware*. En este capítulo se justifica su aplicación además de describir la plataforma tecnológica que sustenta su funcionamiento. Finalmente, se describen los interactivos diseñados para promover conductas sostenibles (Inglés/English).

**Chapter 3** describes the thesis leading actor: the eco-aware everyday things. In this chapter the ‘eco-ware’ concept is justified as well as the technological platform that sustains the operation of the eco-devices is described. Finally, the HCI designs devised to promote pro-environmental behaviour change are reviewed.

**El Capítulo 4** presenta los dos primeros experimentos que se realizaron para dar respuesta a algunas de las preguntas de investigación definidas en esta tesis. El primer experimento aborda la relación que se crea entre las personas y los objetos para realizar un fin común, ahorrar energía. El segundo experimento pretende determinar si ofrecer *feedback* en el momento de realizar una acción o usar técnicas de primado se consideran estrategias adecuadas para conseguir comportamientos sostenibles (Inglés/English).

**Chapter 4** presents the initial experiments conducted in this thesis: ‘pre-pilot study’ and ‘nudging just-in-time’. The former is related to the use of the eco-aware everyday objects at workplace, while the latter was devised to understand when is advisable to deliver contextualised eco-feedback to enhance pro-environmental behaviours.

**El Capítulo 5** describe el experimento longitudinal que se diseñó para poder ofrecer respuesta a la principal hipótesis de esta tesis. En este capítulo se aborda cómo se realizó la selección de participantes y cómo están distribuidos geográficamente. El capítulo concluye con el análisis de consumo energético de las cafeteras estudiadas (Español/Spanish).

**Chapter 5** describes the longitudinal study designed to validate the thesis hypothesis. This chapter tackles the participants recruitment and its socio-cultural and geographical description. The chapter ends analysing the energy consumption drawn by each of the under study devices during the different experimental phases.

**El Capítulo 6** presenta los resultados estadísticos extraídos del análisis de los cuestionarios que evalúan las intenciones y las actitudes pro-

ambientales en el contexto del estudio longitudinal (Español/Spanish). **Chapter 6** shows the statistical data extracted from two questionnaires answered by longitudinal-experiment's participants. One questionnaire is devoted to extract the interviewees' pro-environmental attitudes. The other aims to understand their intentions to behave pro-environmentally.

**El Capítulo 7** presenta los resultados del estudio longitudinal a nivel cualitativo y se realiza un análisis de conjunto sobre los tres tipos de información recogida en el estudio. El capítulo concluye presentando las limitaciones de las conclusiones halladas así como su validez interna y externa (Español/Spanish).

**Chapter 7** presents the qualitative data from the longitudinal study extracted for a series of focus groups. The chapter ends interweaving the conclusions extracted from quantitative and qualitative data and reviewing the limitations of the longitudinal study (internal and external validity).

**El Capítulo 8** detalla cómo se ha validado la hipótesis planteada en esta introducción a través de sus experimentos. Además, se enumeran las contribuciones científicas y se definen las líneas futuras de investigación (Inglés/English).

**Chapter 8** reviews the thesis contributions, validates the thesis hypothesis and describes future lines of research.

**El Apéndice A** explica los modelos de serie temporal (ARIMA) aplicados para realizar la predicción del número de personas que utilizaría la cafetera en estudio en cada momento del día de trabajo (Inglés/English).

**Appendix A** explains the time-series ARIMA models used to forecast the energy-efficient operation of the devices of shared use throughout a working day.

**El Apéndice B** especifica cada una de la metodologías cualitativas utilizadas tanto para recoger información de las personas participantes como para analizar esta información (Español/Spanish).

**Appendix B** specifies the qualitative methodologies to extract data (Focus Group) and to analyse them (Grounded Theory).

**El Apéndice C** describe los cuestionarios usados en los experimentos además de ofrecer copia de cada uno de ellos. De igual forma, se presenta el consentimiento informado que se distribuyó a cada participante y que cada uno tuvo que firmar para ser reclutado como usuario de la investigación (Español/Spanish).

**Appendix C** shows the questionnaires used along each of the experiments conducted in this doctoral thesis. A copy of the informed consent for these experiments is also provided.

**El Apéndice D** detalla los modelos de similitud aplicados para constituir los grupos de trabajo reclutados en el experimento longitudinal en bloques de afinidad (Español/Spanish).

**Appendix D** defines the similarity model applied to cluster by affinity work groups in the longitudinal study.

**El Apéndice E** muestra las contribuciones académicas realizadas por el doctorando en el marco de su tesis doctoral.

**Appendix E** reviews the research contributions of this thesis in academic conferences and journals.



# 2

## State of the art

### Knowing what others have done before

---

This chapter is devoted to review the empirical evidences extracted from research literature on the context of energy efficiency at workplaces. Furthermore, it presents the background on which the thesis' hypothesis is based on: sustainability through persuasive technology.

At the beginning of the chapter, the impact that public buildings have on energy consumption is specified. Then, different approaches to cope with energy efficiency in this sector are outlined: human-based and technology-led<sup>1</sup>. This thesis emphasises the relevance to merge the human and technological worlds towards energy efficiency. Therefore, the joint-actions between people and technology to perform collaborative tasks in different contexts besides energy efficiency are covered. Moreover, we state that technology plays a key role on changing the human minds to perform more and better eco-sustained actions. Hence, the different behaviour change theories are reviewed from two different perspectives: social sciences and computing.

Contemporary Human Computer Interaction (HCI) approaches to

---

<sup>1</sup>Retrofitting is another approach to enhance energy efficiency. However, only one work that paves the bridge between sustainable HCI and retrofitting was found (Weeks et al., 2015).

change pro-environmental behaviour rely highly on persuasion as strategy to attain such a change. Persuasive theories are well covered on fields like psychology, advertising or publicity. However, the application of this psychological strategy through technology is increasing notoriously in the last years. Not only on the sustainability field, but also on nutrition, sports or any other field related to human engagement. The application of persuasive theories by the sustainable HCI community have presented research flaws with some authors stating that persuasive technologies narrow the vision of sustainability. Therefore, these critiques to persuasion are examined to reflect upon them when designing the experimental methodology of each of the studies presented in this thesis.

Changing the human behaviour towards sustainable attitudes through persuasive interactive technologies is also known as eco-feedback. Eco-feedback technology provides feedback on individual or group behaviours with a goal of reducing environmental impact. Therefore, the different means of delivering feedback are also covered. The principal eco-feedback channels are: mobile phones, social networks and augmented everyday objects. Works from scholars that applied each of these methods are also reviewed and their features compared.

The literature review has lead to the design of the different eco-feedback technologies which are presented on this thesis. Hence, the progress beyond the state of the art is covered at the end of this chapter.

## 2.1 Energy efficiency

According to the European PPP Expertise Centre (2013), buildings account for approximately 40 % of final energy consumption and 36 % of CO<sub>2</sub> emissions in the EU. The breakdown of this consumption between public/commercial buildings and residential buildings can be observed in Figure 2.1. Investing in energy efficiency measures in public buildings and offices can yield substantial energy savings.

Historically, sustainability-related scientific articles addressed moti-

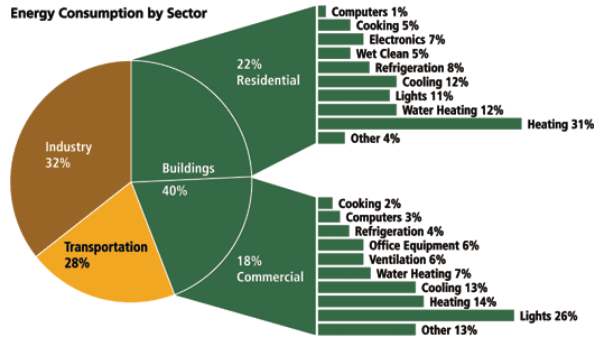


Figure 2.1: Energy consumption by sector.

vational strategies to enhance energy efficiency in home environments 2008; 2012; 2010. Unfortunately, their findings and outcomes have been slightly tested in spaces where tens of people share appliances and electrical devices (Foster et al., 2012). However, since Disalvo et al. (2010), Pierce and Paulos (2012) or Brynjarsdottir et al. (2012) started discussing about the need to move beyond the individual level awareness towards larger-scales (like communities or groups), more research is being done in this field. The case of the workplace is not an exception.

The general literature on sustainability reveals that there are two trends to address the energy waste issues. On the one hand, a *complete technological approach*, like environment automation where machines are energy efficient and take the sustainability oriented decisions moving people aside of their intervention (Starik and Marcus, 2000). On the other hand, a *human behavioural change approach*, where people bear the full responsibility of their decisions (Darby, 2006). Brynjarsdottir et al. (2012) pointed that the latter methodology is usually sustained by informative feedback, in energy or resource consumption terms, which is preceded by a phase of user activity sensing and monitoring. Studies on both trends are hereafter reviewed. The Table 2.1 summarizes these works by the strategy designed, technology used, method of evaluation applied and the location where the study was carried out.

Background Summary				
Study	Strategy	Technology	Type of workplace	Evaluation
(Siero <i>et al.</i> , 1996)	Comparative feedback on energy consumption	Weekly graphic displays	Metallurgical company	Goal-setting; questionnaires
(Carrico and Riemer, 2011)	Group-level feedback vs. Peer education	Monthly e-mails with graphic of kWh consumed	University campus	Goal-setting
(Schwartz <i>et al.</i> , 2010)	Participatory action research	Smart metering; graphic of kWh consumed	Institute for applied research	Reflection workshops; online-questionnaires
(Foster <i>et al.</i> , 2012)	Workshops and energy related task designing	—	Five universities and Industry	Grounded theory
(Jahn <i>et al.</i> , 2011)	Workshops and design support systems for saving energy	Sensors: power consumption; presence and user interactions	Institute of applied research	Business Ethnography
(Jönsson <i>et al.</i> , 2010)	Objects as mediators: comparative energy consumption	Web-site: light projected from torches related with factory's e-consumption	Eight industries	Questionnaires; notes; photographs
(Yun <i>et al.</i> , 2013)	Self-monitoring; advice; comparison; controls	Dashboard for Occupants	University and government research lab	Questionnaires; energy saved
(Cowan <i>et al.</i> , 2013)	Aversive feedback	Built-in mobile device	Research laboratory	Interviews & observation
(Yang and Newman, 2013)	A green leaf rewards for efficient usage	Machine learning: Auto-Schedule Auto-Away; Thermostat Lock	(Not tested in workplace) Nineteen households	Interviews

**Tabla 2.1:** Summary of academic studies related with energy efficiency in shared environments. With the exception of the last work, all these studies were carried out in the workplace.

### 2.1.1 Human-based: behaviour change

The majority of the works reviewed applied group energy monitoring and informative feedback to boost energy awareness in the workplace. This strategy makes sense because Darby (2006) and Fischer (2008) demonstrated that it has the potential to save between 5%-15 % of energy consumption. Informative feedback was presented in different ways in the workplace related literature.

Siero et al. (1996) introduced the concept of comparative energy consumption feedback in organisations. They found that such feedback was more useful when it is reported with other data to compete with (e.g. the energy saving of other group). Carrico et al. (2011) developed two interventions in the workplace to evaluate the effectiveness of group-level feedback versus peer education. Their results revealed that the former methodology exhibits a better potential for reducing energy use than the latter. Schwartz et al. (2010) investigated the role of workers to save energy. They collected energy data from a group within a large organisation to conduct a series of participatory action research to spark reflection and discussions about energy waste. Similarly, Foster et al. (2012) described how a qualitative research methodology, i.e.

workshops in the public sector analysed by applying grounded theory, can disclose the perception that workers had about their energy use and how to enhance it through technology-led feedback. Industrial environments were studied by Jonsson et al. (2010) in an exploratory research where modifications in tangible design and electricity visualisation through light-torches affected the eco-behaviour in the workplace. Cowan et al. (2013) augmented a common use appliance (a kettle) with the aim of correcting users' habitual kettle overfill behaviours in the workplace. The Stropky kettle made difficult the use of the appliance if water overfilling was detected.

### 2.1.2 Technology based: automation

Automation can be defined as the provision of technologies that seek to automate appliances, lights, homes, buildings, etc. Hence, energy management is taken care automatically on the occupants' behalf. Direct load-control programs that automate air conditioners, hot-water systems, or pool pumps are a common examples of automation. Other examples are the programmable smart thermostats and the emergence of smart appliances that can be controlled remotely via smart phones.

In contrast to the vision of the active consumer (behaviour change approach), the strategy of automation assumes that humans are primarily lazy, too busy, or simply uninterested in managing their energy data. They do not only want control over their energy consumption but they also want "cruise control" (Carr, 2014), and this means putting in as little effort as possible. They should be able to tell their technologies how they want them to respond and then "let the system do the watching".

Buildings' energy consumption is highly related to human presence and behaviour. A number of approaches and methods have been proposed in order to improve the energy efficiency of buildings considering various environmental factors (Yang et al., 2014) and including occupancy modelling (Ioannidis et al., 2014). However, the human factor on energy use or waste at public buildings or buildings of public use is not yet fully investigated in the literature.

Based on previous work of Schwartz et al. (2010), Jahn et al. (2011) created a computing system called Energy-PULSE to support energy-efficiency in work environments. Yun et al. (Yun et al., 2013) developed dashboard-controllers that enable office workers to control their energy use. Finally, in the commercial sector there are many devices that help people to save energy<sup>234</sup>.

The Nest thermostat for business environments<sup>5</sup> is one of the closest designs to the approach presented in this thesis. Its auto-schedule mode learns when people go in and out of the office. Nest's Auto-Away saves energy while everyone is gone, while Nest's Thermostat-lock service keeps co-workers from changing the temperature too much. To the best of our knowledge, there is no research carried out in offices to test the properties and benefits of Nest thermostats. However, Yang et al. (2013) issued interesting findings from the experience of 22 people living with an advanced thermostat in their households. In that work, the authors highlighted the relevance of using machine learning techniques and sensing technology to make the eco-feedback more successful.

### 2.1.3 Joint action between humans and technology

There is a large body of literature in HCI that describes and models the human being through its relationship with technology. Both human beings and computers are able to receive information, process it and behave consequently. Moreover, both entities have channels to establish communications to interrelate with other similar entities. In the book "The psychology of HCI" (1983), Card et al. stated that three structural variables in varying combinations were suffice to characterize most human-computer systems from a psychological perspective: knowledge, cognitive style and perceptual-motor skills.

Another model for understanding the relationships between humans and machines was called GOMS which stands for (Goals, Operators,

---

<sup>2</sup><http://www.alertme.co.uk>

<sup>3</sup><http://www.currentcost.com>

<sup>4</sup><http://www.theowl.com>

<sup>5</sup><http://nest.com/blog/2012/08/23/nest-thermostats-for-business/>

Methods and Selection rules) (Card et al., 1983). That work proposed a simplified human behaviour model in their relationship and interaction with machines from the user's perspective. GOMS is a widely used method by usability specialists for computer system designers because it produces quantitative and qualitative predictions of how people will use a proposed system. Finally, the method called Human Action Cycle (Norman, 2002) was designed to understand how machines can guide people to perform everyday actions. Specifically, the psychological model describes seven steps humans take when they interact with computer systems to attain a goal. Norman's proposal aimed to model how users may form goals and how to get through the machines to perform them.

Considering that humans and technology may work together is not a novel concept. Nass et al. (1996) already investigated about forming teams between humans and computers. They concluded that giving interdependence cues to users were pivotal to make them affiliate with the computer in a team relationship. The information retrieved in this studio also show that the effects of being in a team with a computer are the same as the effects of being in a team with another human: subjects in the interdependence conditions perceived the computer to be more similar to themselves, saw themselves as more cooperative, and were more open to influence from the computer. Moreover, the information from the computer was thought of higher quality, participants found the information from the computer friendlier, and in conclusion they conformed more to the computer's information.

There are other fields related to HCI that have also studied the joint actions that computers can perform with humans. Human - industrial robot interaction is the field where more research is being carried. As an example, Lenz et al. (2008) studied the safeness and effectiveness of this joint-collaboration through a system in which a industrial robot manipulator assembles capital goods together with a human worker. Avatars are also covered in virtual reality literature to observe the differences and similarities that human - avatar relationships present in relation to human to human relationships (Heyselaar et al., 2015). To conclude, we included in this review two articles that investigated the

human technology relationship in fields like healthcare (Duggan, 2016) or infancy development (Vega-Barbas et al., 2015).

## 2.2 Behaviour change

There are many studies and theories that aim to explain the barriers and motivations that contribute to human behaviour change. Modeling human behaviour is a complex task. However, the model is still more complicated by the fact that each behaviour is influenced by a number of individual, contextual and environmental factors. The degree of complexity and interaction of these factors on individuals is not uniform. Therefore, it is almost impossible to design an intervention for promoting behaviour change that will work for everyone widely (He et al., 2010). Next, we review three interrelated factors that may directly have influence on people behaviour:

1. environment: dependent on whether the environment surrounding a person is enabling or facilitating the performance of a particular behaviour;
2. group: behaviour and opinions of social groups , colleagues, family and friends;
3. self: internal trends and preferences, including our knowledge, values, beliefs, attitudes and self-efficacy.

Behaviour change has been widely a matter of research on different fields: from social sciences to engineering. Their approaches to promote behaviour change are different. Technological approaches are more concentrated on the production and designing of new technology, using ambient displays, applications or desktop games to boost a change on behaviour. Conversely, classic psychology focuses mainly on the effects of the given feedback. In terms of evaluation, psychologists often conduct field studies which are more elaborated involving many attendees, but often leaving out the design of the interactive cues completely. On

the other hand, HCI researchers tend to analyse feedback in terms of understandability, subjective reactions to the device, aesthetics and perceived usefulness through laboratory studies or qualitative field studies. Therefore, there are much that environmental psychology and HCI fields can learn from each other.

### 2.2.1 Social sciences approach

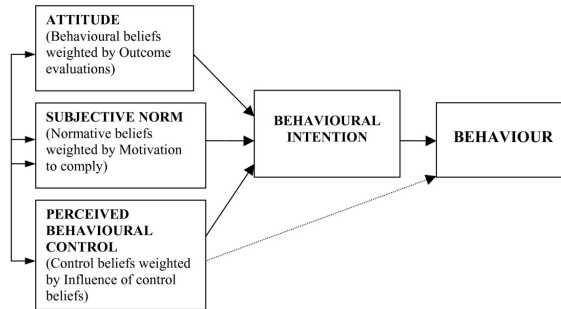
A common definition of behavioural theory within behavioural science states as follows: “*a systematic way of understanding events or situations. It is a set of concepts, definitions, and propositions that explain or predict these events or situations by illustrating the relationships between variables.*” (Glanz et al., 1997).

There are several theories in the field of psychology that we considered for modelling the relationship between humans and technology to jointly attain energy efficiency. These theories go beyond the Norman’s orthodox “Human Action Cycle” (2002), tacking into account more constructs that affect behaviour change (e.g. intentions, normative beliefs, intrinsic and extrinsic values, etc.).

#### Behaviour change models

Three behavioural models that are potential candidates to be used as frameworks for guiding the evaluation strategies of this thesis are reviewed. In each of them, we provide research examples applied in the field of sustainable HCI.

**Rational Choice Models** assume that human behaviour is regulated by a systematic process of evaluating expected utility. One example that matches with this model is the Trans-Theoretical Model (TTM). Aligned with the Human Action Cycle, this model also takes into account several states of change when modifying a behaviour: *precontemplation, contemplation, preparation, action, maintenance and termination*. Certain principles and processes of change work best at each of these stages to reduce resistance, facilitate progress, and prevent relapse. Those include decisional balance, self-efficacy, and processes of change. The TTM



**Figura 2.2:** Theory of planned Behaviour (Ajzen, 1991).

have been applied in the field of sustainable HCI by He et al. (2010). The authors provided sustainable goals for each stage of change, and gave recommendations for how technologies can reach these goals.

**Norm-Activation Models** unlike the model above, they are based on the premise that moral or personal norms are direct determinants of pro-environmental behaviour. The Theory of Values Beliefs Norms (VBN) is one of the theories under these models (Stern et al., 1999). VBN is principally founded on Schwartz's (1977) theory of Norms Activation and the model of Altruistic Behaviour. VBN applies a similar value-based logic to a range of values such as curiosity, personal achievement, and feelings for wildlife. Norms are activated when individuals believe that violating them would have adverse effects on things they value and that by taking action, they would bear significant responsibility for those consequences. Drawing from this psychological model of pro-environmental behaviour, Petkov et al. (2012) emphasised on the differences of the environmental concerns of users, which are determined by their values: egoistic, altruistic, and biospheric. They sought to understand what feedback different people found relevant for changing their behaviour.

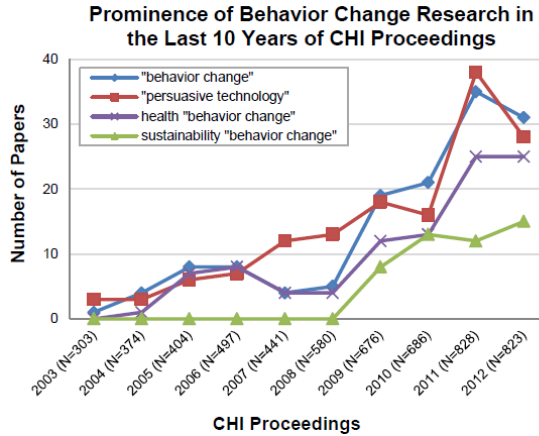
**Attitudinal-Intentional Models** try to foresee people behaviour through an individual's attitude and intention towards the desired behaviour. Within these models lies the Theory of Planned Behaviour (TPB).

It is a conceptual framework that links beliefs, attitudes and behaviours (Ajzen, 1991). Ajzen's theory helps to understand how we can change or tailor people behaviour through a set of predictors that influence the intended behaviour. The theory is based on decision making processes (intentions) and the activity execution. TPB is conditioned by three factors: personal evaluation of the behaviour (positive or negative), subjective norms and perceived behavioural control over the behaviour to be performed. All of these factors lead to the formation of a behavioural intention construct, which in turns, is a predictive factor for behaviour (see the arrows in Figure 2.2). TPB is widely used in the field of pro-environmental behaviour, serving throughout time as a solid framework for many empirical researches. Hardeman et al. (2002) reviewed 30 studies explicitly applying this theory to behaviour change interventions. They concluded that TPB may have potential for developing pro-environmental behaviour change interventions. Finally, in the field of workplace, Graves et al. (2013) studied the use of TPB to explore environmental behavioural intentions in a workplace setting. TPB constructs were found to explain between 46 % and 61 % of the variance in employee intentions to engage in environmental behaviours, and to mediate the effects of specific antecedent beliefs upon employee intentions to engage in these behaviours.

### 2.2.2 Technological approach

The technology that surrounds us (the Web , Internet , mobile phones, smart objects and other technologies deployed in intelligent environments) creates considerable opportunities to generate changes in behaviour. The pervasive technology allows to interact with the target user in a simply, close and effective manner. In addition, pervasive technology creates a more direct, contextualized and personalized relationship with the user. Therefore, new information technologies and communications must be seen as a potential tool to promote sustainable habits and behaviour in people.

According a review of the last 10 years of CHI proceedings in the ACM Digital Library (Hekler et al., 2013), it was found that 136 pa-



**Figura 2.3:** The prominence of behaviour change related research in the last 10 years of CHI proceedings.

pers mentioned “behaviour change” with 76 % of these ranging between 2008-2012 (see Figure 2.3). Therefore, HCI researchers are increasingly designing more technologies to promote behaviour change with a significant percentage of the works focused on sustainability goals.

Heckler’s review (2013) identified three broad uses of behavioural theory from HCI scholars: 1) to inform the design of technical systems (theory can be used both to make decisions about which functionality to support and how to implement such functionality - development of design guidelines) (He et al., 2010; Consolvo et al., 2009); 2) to guide evaluation strategies (i.e. interpret findings through theory in technology evaluations) (Grimes and Grinter, 2007); and 3) to define target users or screen participants for evaluation studies (some theories suggest that different user groups will have diverse needs and interventions that effectively support one group might be ineffective for another) (He et al., 2010; Petkov et al., 2012).

## 2.3 Persuasion

Scholars have defined persuasion in different ways: 1) a communication process in where the communicator seeks to elicit a desired response from his receiver; 2) a conscious attempt by one individual to change the attitudes, beliefs, or behaviour of another individual or group of individuals through the transmission of some message; 3) a symbolic activity whose purpose is to effect the internalization or voluntary acceptance of new cognitive states or patterns of overt behaviour through the exchange of messages; and 4) a successful intentional effort at influencing another's mental state through communication in a circumstance in where the persuadee has some measure of freedom.

Simons (1976) combined these definitions to state that: "*Persuasion is a symbolic process in which communicators try to convince other people to change their attitudes or behaviour regarding an issue through the transmission of a message, in an atmosphere of free choice*".

The latter words of the previous definition state that persuasion requires 'free choice'. Therefore, persuasion differs completely from coercion. Persuasion deals with reason and verbal appeals, while coercion employs force.

According to O'Keefe (1990), persuasion depends on several factors:

1. the source of the persuasive message. In order to be accepted by the audience, the source have to be perceived by them as competent, reliable, attractive and positively similar;
2. the message. It must be understandable and clear as a whole (type of message, content, quantity, duration and quality);
3. the channel for which the message is sent through. It should be explicit, easily perceptible by the audience, clear, non intrusive nor annoying;
4. the audience. Audience should be prepared and motivated to receive the message.

Next, some of the persuasive theories are reviewed (see Dainton's work (2014) for a full review of them).

### 2.3.1 Persuasive theories

The aim of selecting a persuasive strategy is to find techniques that can effectively deliver messages to change or encourage sustainable behaviour. The theories presented in this section are concerned with shifts in attitude. An attitude is a "relatively enduring predisposition to respond favourably or unfavourably" toward something (Simons, 1976).

Hereafter, we present two persuasive theories that explore aspects of persuasive communication. According to Dainton (2014), there are four remarkable theories (social judgement theory, elaboration likelihood model, cognitive dissonance, and the narrative paradigm). However, we only present those that were candidates to inform the design of the technical systems reported on this thesis.

#### Elaboration likelihood model

According to Petty and Cacciopo (1986), the Elaboration Likelihood Model (ELM) attempts to explain how attitudes are shaped, formed, and reinforced by persuasive arguments. The basic idea behind this theory is that when someone is presented with information, some level of 'elaboration' occurs. Elaboration, in this context, means the effort someone makes to evaluate, remember, and accept (or reject) a message. The model suggests that people express either high or low elaboration when they encounter a persuasive message. The level of elaboration determines which processing route the message takes: central or peripheral.

On the one side, *Central route processing* means that the audience cares more about the message. People will pay more attention and scrutinize the quality and strength of the argument. Any attitudes formed or reinforced this way are thought to be more enduring and resistant to counter-arguments. On the other side, *Peripheral route processing* occurs on a more superficial level. The audience will pay less attention to

the message itself while being influenced by secondary factors, such as source credibility, visual appeal, presentation, and enticements like food, sex, and humour. Attitudes formed or reinforced this way are thought to be less enduring, subject to change through counter-arguments, and in need of continual reinforcement.

In the latter processing route, Cialdini (1993) identified seven common cues that signal the use of a peripheral message: authority, commitment, contrast, liking, reciprocity, scarcity, and social proof (see Table 2.2).

### **Cognitive dissonance**

According to Festinger (1962), three possible relationships between beliefs and behaviours exist: irrelevance, consonance, and dissonance. The theory of Cognitive Dissonance Theory (CDT) is the mental stress or discomfort experienced by an individual who holds two or more contradictory beliefs, ideas, or values at the same time; performs an action that is contradictory to one or more beliefs, ideas; or values, or is confronted by new information that conflicts with existing beliefs, ideas, or values. This dissonance creates a tension in which reduction is automatically sought by changing our behaviours by some degree. CDT is a very powerful motivator which will often lead people to change one or other of the conflicting belief or action. The discomfort or remorse often feels like a tension between the two opposing thoughts.

Cognitive dissonance theory explains persuasion as a post-reactive response to inconsistencies in beliefs and actions. Persuaders can take advantage of receivers' dissonance by proposing a solution, product, or action that attempts to close the disparity between incongruent beliefs and behaviours.

### **2.3.2 Persuasive Technology**

Our society is increasingly influenced by everyday technological products. Everyday devices' designs now have the potential to change our opinions and behaviours through the use we make of them (Chapman,

2005). Although machines can not communicate in the same way that people, several studies advocate that suggestions through computers may use similar interaction patterns to those of social communication among people or groups (Reeves and Nass, 1996; Nass et al., 1996).

Computers weren't initially created to persuade; they were built for handling data (calculating, storing, and retrieving). But as computers have migrated from research labs onto desktops and into everyday life, they have become more persuasive by design. The idea that computers, mobile phones, websites, and other technologies could be designed to influence people's behaviour and even attitudes dates back to the early 1990s, when Stanford researcher B.J.Fogg coined the term 'persuasive computing' (later broadened to 'persuasive technology') (Fogg, 2003).

In the field of technology, there are two reference works which are commonly used to classify the different persuasion techniques. Both are based on Cialdini's cues for persuading through the peripheral route (Cialdini, 1993). On the one side, Fogg provided seven principles towards persuasion: tailoring, reduction, self-monitoring, suggestion, conditioning, surveillance and tunnelling. On the other side, Torning & Oinas-Kukkonen (2009) proposed new strategies to achieve persuasion through technologies -Persuasive System Design (PSD): social comparison or competitions, surface credibility, normative influence, reminders, recognition, trustworthiness, cooperation, personalization, social role, real-world feel, 3<sup>rd</sup> party endorsements and verifiability. Torning et al. (2009) overviewed the state of the art on PSDs registering four additional dimensions that authors were deemed relevant when analysing works on persuasion: primary task support, dialogue support, system credibility support and social support. Table 2.2 brings together each of the proposed strategies to change human behaviour through persuasive technologies according to the PSDs' dimensions.

Fogg (2003) exposed six reasons for which computers not only have an advantage over traditional media to persuade. They also have six distinct advantages over human persuaders, computers: 1) are more persistent than human beings, 2) offer greater anonymity, 3) can manage huge volumes of data, 4) may use many modalities to influence beyond voice, 5) can scale easily and, finally, 6) some computers (e.g.

Bibliography	Strategy / Principle	Dimension
(Cialdini, 1993)	Social Proof Consistency Scarcity	Social - -
(Oinas-Kukkonen and Harjuma, 2009)	Social comparison Surface credibility Normative influence Reminders Recognition Trustworthiness Cooperation Personalization Social role Real-world feel 3 <sup>rd</sup> party endorsements Verifiability	Social System credibility Social Dialogue System credibility System credibility Social Primary task Dialogue System credibility System credibility System credibility
(Fogg, 2003)	Surveillance Conditioning Cause and Effect Physical attractiveness	- - - -
(Oinas-Kukkonen and Harjuma, 2009; Cialdini, 1993)	Authority; Expertise Liking	System credibility Dialogue
(Oinas-Kukkonen and Harjuma, 2009; Fogg, 2003)	Reduction Tunnelling Tailoring Suggestion Self-Monitoring (Virtual) Rehearsal (Virtual) Rewards Simulations (in Real-World Context) Praise Similarity	Primary task Primary task Primary task Dialogue Primary task Primary task Dialogue Primary task Dialogue - -
(Fogg, 2003; Cialdini, 1993)	Reciprocity	-

**Table 2.2:** Strategies to persuade through technology.

mobile phones) can go where humans cannot or may not be welcome.

Fogg also elaborated a theory for human behaviour: Fogg Behaviour Model (FBM). Its goal is similar to the reviewed behavioural models of Section 2.2.1.1: understanding human behaviour and make it predictable. In FBM, behaviour is a product of three factors: motivation, ability, and triggers, each of which has subcomponents. FBM asserts that for a person to perform a target behaviour, he or she must: 1) be sufficiently motivated, 2) have the ability to perform the behaviour, and 3) be triggered to perform the behaviour. The theory states that the three factors must occur at the same moment, else the behaviour will not happen.

### **Persuasion and sustainability**

A large body of previous research has evidenced the value of persuasive energy feedback on behaviour change. In fact, most of the research works on sustainability have based their theoretical rationale on this model. Persuasive sustainability has its roots in the application of Fogg's framework for "computers as persuasive technologies" to the topic of environmental sustainability.

In their analysis of sustainable HCI, DiSalvo et al. (2010) described the emerging genre of persuasive sustainability. Roughly half of the literature surveyed by these scholars derived its orientation from Fogg's theory in that they are broadly aligned with the goal of "designing systems that attempt to convince users to behave in a more sustainable way". DiSalvo et al. characterize this large cluster of work as drawing primarily from the disciplines of psychology/communication and to a lesser extent design-oriented works. Brynjarsdóttir et al. (2012) reviewed 68 papers on the sustainable HCI field finding that 38 of them included the term 'persuasive'. Taking into account these analyses, it can be assumed that scholars have established a close relationship between sustainability and persuasion.

In the reviewed literature, there is a remarkable unanimity with respect to the types of environmental issues addressed. Energy consumption is the most commonly identified one. Brynjarsdóttir et al. (2012) found that more than a half of the papers reviewed in their analysis addressed this issue. Similarly, Pierce and Paulos (2012) stated that energy consumption was the primary focus on sustainable HCI works after reviewing 51 papers on the field. Nevertheless, not all the works aim to energy reductions. In a lesser extend, other resources like water, printing paper, gasoline, transportation or CO<sub>2</sub> emissions have been also addressed towards sustainability.

### Critiques to persuasive technology

There is a growing consensus that, persuasive technologies in their current form are an insufficient solution to the sustainability challenges we face (Brynjarsdóttir et al., 2012; Pierce and Paulos, 2012; Strengers, 2014; Knowles et al., 2014). These critiques also aroused on works related with healthcare (Purpura et al., 2011) stating that the lack of ethical and sociocultural considerations involved in persuasive designs are a missing concern. This latter statement was also addressed by Di-Salvo et al. (2010). These authors found that in many scenarios, the persuasion begins to border on coercion, to the point of some designs “evoking Skinneresque modification techniques”.

Brynjarsdóttir et al. (2012) argue that much of the research done so far has been focused on making users ‘more aware’ of their consumption through feedback, which is taking a limited view of the problem. The authors, emphasised that providing information as a driver for behaviour change rests on a common modernist assumption that people are rational actors seeking to optimize activity based on what they know. Similarly, Pierce and Paulos (2012) revealed that current work is narrowly focused on a specific set of goals and interventions, namely increasing users’ cognitive awareness of electricity consumption and promoting electricity conservation behaviour by means of consumption feedback, particularly by visualizing energy consumption data. Aligned with previous works, Strengers (2014) gives a name to the practice of designing for increasing awareness: designing for ‘Resource Man’. This fictional character is interested in technology, educated, motivated to manage his resource consumption in a fully rational way, and stereotypically male. She argues that design geared toward Resource Man will ultimately fail because it neglects lived experiences, social dynamics and daily routines with respect to the individual and to the collective.

Knowles et al. (2014) recognised the critiques to the current state of persuasive technologies to energy consumption on two separated fields: 1) persuasive technology interventions produce between as little as 5% and 15% reductions in the targeted consumption activity; and 2) there is little to support a claim that persuasive technologies (in their current

form) are a suitable strategy for realizing lasting behaviour change. This latter point was also stressed by De Young (1993). He shown that behaviour change techniques used to reduce energy consumption are reliable in the short term, but struggle at achieving durable change.

Finally, sustainable HCI scholars stated that there is a tension between the historical focus on technological novelty in HCI and sustainability goals (Silberman et al., 2014). *“We easily forget that smart grids, meters, appliances, energy-management devices, and automation systems that are conceived from HCI researchers, are all physical things that take other things redundant. With the lure of efficiency benefits and energy savings, we too easily forget that becoming smart also necessitates the consumption of smart stuff”* (Strengers, 2014).

Despite there are criticisms to this new persuasive trend, HCI scholars do still rely on persuasive technologies as a mean to promote sustainable behaviour change. Indeed, there is reason to pursue the persuasion agenda, as long as the theory underpinning the mechanisms for realising behaviour change are re-evaluated. In the following section, we review the different means of eco-feedback that we have found in the literature to promote behaviour change. These designs are all based on persuasive theory with the majority of them providing back to the users informative energy consumption and data related to energy in kWh (as the critics with persuasion claimed).

## 2.4 Eco-feedback in HCI

Eco-feedback technology is based on the working hypothesis that most people lack awareness and understanding about how their everyday behaviours such as driving to work or showering affect the environment. Technology may bridge this “environmental literacy gap” by automatically sensing these activities and feeding related information back through computerized means (e.g., mobile phones, ambient displays, or on-line visualizations) (Froehlich et al., 2010). Therefore, the majority of eco-feedback designs lay on the rational choice models on

which after receiving information through different channels, users will process that information an act accordingly after receiving information through different channels.

According to the literature, it has been found that the potential to save energy consumption by only providing eco-feedback can reach up to 5%-15% of energy savings (Darby, 2006; Fischer, 2008). However, eco-feedback is not the only motivational strategy to reduce energy consumption. Delmas et al. (2013) and Osbaldiston et al. (2012) meta-analysed hundred of works related with motivational strategies to foster pro-environmental behaviour and came to the conclusion that energy savings with human behavioural strategies are possible with an average reduction of 7,4% of the electricity consumption (see Table 2.3).

Mankoff et al. (2007b) stated that eco-feedback technologies fall within the field ‘Sustainability through design’ (i.e. looking at how the products we develop can support a more sustainable lifestyle and help individuals make the right sustainable decisions). HCI researchers have designed eco-feedback technologies for a variety of environmental domains including energy consumption, water usage, transportation, or waste disposal practices. The different means by which eco-feedback is provided range from the use of mobile phones to embedding ambient cues within everyday devices or appliances. In the next sections the devised channels to convey energy data to users are reviewed.

### **2.4.1 Dashboards, web and mobile-based approaches**

Dashboards to visualise energy consumption in a time-series manner is an effective tool to aware people about their energy usage. In dashboards, different intervals to visualize the consumption patterns are displayed (day, week, month, etc.) in different aggregate formats. Furthermore, these visual systems usually provide features to breakdown the energy by device and annotate or zoom over them (Costanza et al., 2012; Foster et al., 2012; Yun, 2014).

Desktop widgets are also real-time tools that have been largely explored by Kim et al. (2009; 2010). Zapico et al. (2011) proved the effectiveness of using web widgets like ‘badges’ that showed carbon footprint

Motivational strategies	(Osbaldiston and Schott, 2012) effect size [0,1]	(Delmas et al., 2013) energy saved [%]	(EEA, 2013) energy saved [%]
Peer consumption feedback		11,5 %	
Making the action easy	0,49		
Prompts, tips or hints	0,62	9,6 %	
Real time feedback	0,31	11 %	5-15 %
Delayed feedback		8,5 %	2-10 %
Rewards or incentives	0,46	6,7 %	
Energy audits or consulting	0,43	13,5 %	5-10 %
Community based initiatives			5-20 %
Goal Setting	0,69		5-15 %
Commitment	0,4		
Social modeling	0,63		
Cognitive dissonance	0,93		

**Table 2.3:** Potential energy savings from motivational strategies. 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> columns correspond to literature meta-analyses while last column comes from a technical report of the European Environment Agency. Osbaldiston and Schott reported the effect size of the strategies reviewed while Delmas et al. and the EEA technical report provided the percentage of energy saved by each strategy.

to reduce energy consumption. Smart phones are considered one of the most powerful tools to increase awareness since they are able to provide right information at the best time (Fogg, 2003). The eMeter (Weiss et al., 2012) provided direct live visualisation of energy consumption at device level through mobile phones. Most mobile apps use gamification techniques and visual aesthetics to sustain the motivation towards a greener behaviour (Froehlich et al., 2009; Huber and Hilty, 2015).

## 2.4.2 Social network-based approaches

Social Networks are now experiencing an exponential growth, e.g. Twitter has officially become the next big thing in terms of Internet social phenomena gaining worldwide popularity, with over 500 million tweets per day (Stats, 2013).

Social Media, such as Facebook or Twitter, have the potential to provide accountability and pressure to engage in pro-environmental behaviour. Social norms and commitments were explored by Foster et al. (2010) through Facebook apps. Petkov et al (2011) developed a social mobile app in a neighbourhood to demonstrate that more reduction are possible if nudge (telling the people what others do) was applied.

Faire competitions among similar people were explored by Mankoff et al. (2007a). The work of Lehrer and Vasudev (2011) was similar to Mankoff's but deployed in the workplace. Opower (2015)<sup>6</sup> is an application that combines normative comparisons and games for energy savings with Facebook's global platform. Aversive feedback through social networks as a motivator to reduce energy was covered in (Foster et al., 2011; Kirman et al., 2010) with successful results.

### 2.4.3 Physical computing and ambient awareness

In the last decade, researchers, hobbyists, and corporations have contributed to expand the Internet of Things to enhance many different everyday objects. As embedded platforms implementing the TCP/IP standards and more powerful embedded platforms became available at low cost (e.g., Arduino, .NET Gadgeteer or Raspberry Pi), the advantages of connecting them to the whole World Wide Web have arisen (Atzori et al., 2010).

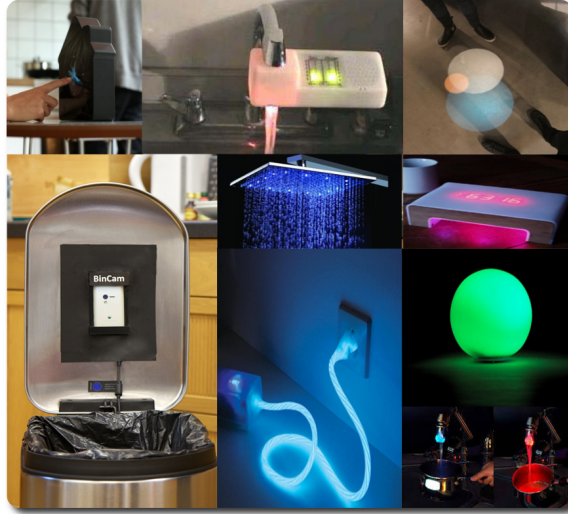
Bohn et al. (2004) argued that objects become smart when micro-electronics and sensing components are endowed within them. The authors stated that smart everyday things can explore their environment, communicate with other smart things, and interact with humans, therefore helping users to cope with their tasks in new, intuitive ways. They presented the 'smart everyday objects' as arbitrary items from our everyday environment, such as a table, a chair, or an appliance, augmented with information technology embedded in the design or manufacturing.

In the literature, we found works where everyday devices were augmented to make users aware about their energy consumption by using physical metaphors and aesthetic interfaces.

Power-aware Cord was an electrical power-strip in which the cord was designed to expose the electricity through ambient light. The more the energy drawn by the power-strip, the brighter the cord is (Gustafsson and Gyllenswärd, 2005). Waterbot provided ambient feedback about

---

<sup>6</sup><https://social.opower.com/>



**Figura 2.4:** Augmented objects through eco-feedback technology.

water usage in a bathroom's sink through visual and auditory reminders (Arroyo et al., 2005). Similarly, 'Show-me' displays the amount of water that is being used during the shower through a LED strip assembled to the shower's stick (Kappel and Grechenig, 2009). Stropy Kettle is an augmented appliance that aimed to break user's kettle overflow behaviour applying barriers to goal-attainment and punishment through a built in smart-phone and controllable gauges (Cowan et al., 2013). Watt-lite (Jönsson et al., 2010) and Energy Aware clock (Broms et al., 2010) were two works that aimed to explore tangible data and non-obtrusive interaction to reduce energy consumption. Thieme et al. (2012) devised BinCam, a social persuasive rubbish-bin with a built-in camera to motivate tenants to form recycling habits and reduce food waste. Interactive living plants were explored by Huh et al. (2004). The authors created a robotic analogue of a plant that mimics photo-tropic behaviour. A product that is commercially available is Wattson from DIY Kyoto<sup>7</sup>. It shows the overall electricity use in numbers and co-

<sup>7</sup><http://inhabitat.com/diy-kyotos-wattson/>

lours. Another product is the Energy Orb<sup>8</sup>. It is a frosted-glass ball that illuminates a varying degree of colours to represent critical peak demand conditions on the smart grid. Finally, the Nest Thermostat is a smart device that aims to learn a user's heating and cooling habits to help optimize scheduling and power usage. Some of these reviewed approaches can be observed in Figure 2.4.

## 2.5 Challenges beyond the state of the art

Environmental quality strongly depends on human behaviour patterns. The history of environmental psychology have an important role to play in the management of environmental problems by the promotion of behavioural changes. In fact, the environmental psychology extends more than 40 years back to the history and it has been consolidated as a multidisciplinary field. In the recent years, the HCI community started to increase its interest on sustainability issues. Within these years the HCI community is tackling two interrelated questions: *1) what can HCI learn from environmental psychology?* and, *2) what should be the role of the HCI community in contributing to eco-feedback research?*

According to the literature reviewed, eco-feedback works reducing energy consumption up to 15 % in households. However, the likelihood of obtaining the same success within public buildings where collectives are aimed is not still highly investigated nor is it tested in depth. Furthermore, scholars state that the combination of different motivational strategies to increase eco-awareness will overtake the barrier of 15 %. However, there is no background on what combination will obtain more energy savings, nor is there a rigorous research study that matches user profiles or group profiles with the strategy that fits better for such profiles.

Most of the reviewed works on the workplace applied group-monitoring and static informative feedback as the only tool to motivate energy reduction (rational-model approach). We consider that the previous feed-

---

<sup>8</sup><http://ambientdevices.myshopify.com/products/energy-orb>

back strategy is not enough to bring about efficient use of electrical appliances in these common shared spaces. Thus, not every user solely provided of informative eco-feedback will be able to know whether the action that they are performing is “environmentally adequate” or not. This work emphasises the need to assist or facilitate in real-time the decision-making process necessary to reduce energy consumption on everyday activities at work, since it is a promising approach to reduce consumption. To the best of our knowledge, there are no works on the field that have applied machine learning approaches to elucidate when it is more convenient to trigger pro-environmental cues. Finally, we found no studies in the workplace promoting a close joint-action between humans and machines to reduce energy consumption and increase workers’ eco-awareness considering them as teammates towards energy efficiency.

To conclude this section, scholars state that persuasive technology is the most largely applied strategy to change pro-environmental people behaviour in HCI. Within persuasive technology, the reviewed literature shows that more than a half of the sustainability-related works aim to energy consumption. However, in this field we found any work that has tested its effectiveness in the long-term (i.e. works where energy reduction decreases throughout the time due to the persuasive feedback received). Moreover, to the best of our knowledge there is no study that have tracked the people behaviour beyond the end of the studies related with persuasive technology (i.e. once the persuasive cues are moved away) to identify if the behaviour change remains or not.

## 2.6 Conclusions

In this chapter, the state of the art related to environmental psychology, persuasion and technologies that promote behaviour change has been reviewed. In the literature, we found two existing trends to cope with energy consumption in the workplace. On the one side, the *complete technological approach*, like environment automation where machines are energy efficient and they take the sustainability oriented decisions moving people away from the control of the devices. On the other side, a

*human behavioural change approach*, where people bear the full responsibility of their decisions. Before reviewing some works on each trend, the attention was focused on the mixed approach, i.e. joining technology and people to form a team towards reducing energy consumption.

We found that there are three broad uses of behavioural theories in HCI: 1) to inform the design of technical systems, 2) to guide evaluation strategies, and 3) to define target users or screen participants for evaluation studies. As one of the main goals of this thesis is changing human behaviour towards forming sustainable attitudes through interactive techniques, these behavioural models from social sciences were reviewed as well as their application by HCI scholars.

In this chapter, some persuasive theories are reviewed and their extrapolation to technology has been addressed. Regardless persuasive technologies are largely used as an strategy for changing pro-environmental human behaviour, there are critic voices among scholars on the use of this theory because it narrows the vision of sustainability. The main flaws detected by academics on the application of persuasive theories to HCI serve as the starting point to draw upon them in this thesis.

Finally, the different means of providing eco-feedback have been covered. The principal channels are: mobile phones, social networks and augmented everyday objects. We put special attention to the latter because on this thesis, augmented everyday objects are the main channel to provide prompts and hints to workers to behave pro-environmentally and to attain energy efficiency at workplaces.



# 3

## Eco-aware everyday objects

### Thesis' leading actor

---

The eco-aware everyday things have been devised to increase the awareness about the careless waste of energy resources in common areas when using devices of shared use, e.g. printers, coffee-makers, kettles, projectors-beamers and so forth. One typical inefficient end user behaviour is to leave these devices on when nobody is using them. Absent mindedness and comfort are the typical causes of this issue as was suggested by Yang and Newman (2013). Other authors like Darley et al. (1968) argue that the diffusion of responsibility in groups is the prominent cause of leaving the devices and appliances switched on. Most of the reviewed literature on the field addresses this previous scenario looking for strategies to switch off the devices just after their use. However, energy conservation is not only about switching off devices after using them, but also about empowering people to operate them in an intelligent manner to minimise energy waste.

Eco-aware everyday things are also devised to reduce the ecological impact that would cause the replacement of every old-fashioned consumer appliance by new eco-friendly Internet-connected ones. Therefore, any everyday appliance should be able to be transformed into eco-aware by simply embedding a specific purpose electronic platform in it. We

call this platform eco-adaptor. Eco-adaptors provide to common use appliances with insights about the optimal operational mode in each case. Applying learning techniques over users' real usage patterns, eco-adaptors know when they should switch from an operation mode to another during the day in order to maximise the energy savings.

In this chapter, the basis of the eco-aware everyday things are illustrated as well as, the different mechanisms and strategies devised in this thesis to promote energy efficiency: complete automation, dashboards, social networks and physical interactions. These Human-Computer Interaction (HCI) designs were used as experimental treatments in the studios presented in chapters 4 and 5.

## 3.1 Relevance of eco-aware everyday objects

Worldwide campaigns to raise awareness of the consequences resulting from the waste of resources have succeeded in establishing social norms in favour of recycling. Consumers are generally positive when a product can be recycled. However, these initiatives have forgotten the other two R's of Reduce-Reuse-Recycle (EU-Comission, 2008). Reusing a product already created saves more energy than recycling it. However, the key to reduce the ecological footprint lies in the reduction and maintenance principles<sup>1</sup>.

Eco-aware everyday things intend to address these sustainable necessities. The following scenario illustrates situations in which an eco-aware everyday thing could help reducing power consumption and suggesting users what is the appropriate action in each case.

---

<sup>1</sup>In 2010 there was a workshop held in the context of the main international conference of HCI where some scholars discussed about 'appropriation, re-use and maintenance for sustainability' (Huh et al., 2010). One of the conclusions was that there is an obvious tension between the historical focus on technological novelty in HCI and the sustainability goals.

*Elisa wakes up in her apartment. After a shower, she uses her new capsule-based coffee-maker to prepare a cup of coffee. After breakfast, she turns off the lights in the kitchen, but forgets to turn the coffee-maker off! (one decision she will regret later). Elisa leaves home and goes to work. After arriving to her company, she goes to the WC. Despite the clarity that comes through the windows of the toilet, the lights were on. She does not think in turning the lights off when leaving. By noon, Elisa visits the shared lounge to prepare a cup of coffee. She turns the coffee-maker on, puts a capsule of her favourite flavour and waits. When she finishes, she doubts whether to turn the coffee-maker off or let it on (standby mode), because at that time there are many colleagues who also have a coffee break.*

As we can see, there are several types of devices in this scenario: 1) personal-use devices whose power consumption is evident (kitchen lights); 2) personal devices whose power consumption is less evident (home coffee-maker); 3) shared devices whose power consumption is evident (toilets lights); and 4) shared devices whose power consumption is less evident (shared coffee-maker in the office). Very few people forget to switch off the lights at home. Likewise, it is very unlikely to leave a hair dryer on, while it is usual to forget to turn off a coffee-maker or an electric heater (although their power consumption is similar). Indeed, awareness about the energy consumption of collective appliances is negligible when compared with our own personal appliances as pointed by Schwartz et al. (2010). In these collective cases, it would be useful to provide users with some help.

Regarding the usage of shared devices, another difficulty occurs: the diffusion of responsibility. Darley et al. (1968) studied this phenomenon in relation to human behaviour in emergencies. They concluded that the process that leads people to act is not a simple decision, but occurs within a decision tree. People have to notice, interpret, take responsibility, learn the proper way to act and finally act. Doubts in any of these steps will make the final action more difficult. For this reason, an eco-aware everyday thing should help Elisa to realise that there is no need to leave the toilet lights on, or recommend to her that in some parts of the day is more efficient to leave the coffee-maker in standby. In a nutshell, it

might foster her to take responsibility, know the proper way to act and finally decide to act towards reducing energy consumption effortlessly.

## 3.2 Coffee-makers: appliances with eco-awareness needs

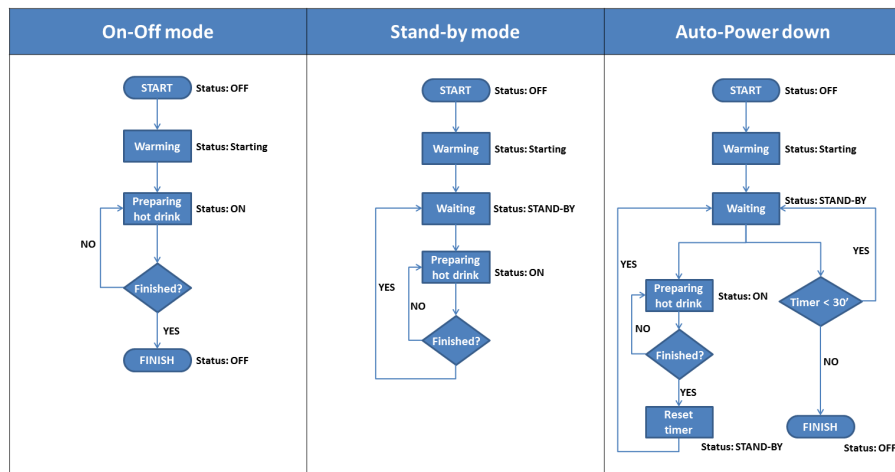
Europeans are large coffee drinkers, consuming 2.4 Mt of coffee beans and representing over 31 % of world coffee consumption. On average, 2.2 daily cups per capita (1 cup = 125ml, 6 g of coffee) are consumed, totalling 400 billion cups per year. Per average household this comes to 2000 cups per year and a daily consumption of 5.2 cups (S.A.S., 2001).

According to the coffee consumption, the stock of coffee machines in EU is estimated to be 100 million units (whereas a estimation of coffee machines in work offices attains 30 million), consuming 17,000 million kWh per year and causing electricity cost of about 2,500 million of Euro (according to estimations by Topten<sup>2</sup>). The estimated sales are about 20 million coffee machines by year, thereof 10 million traditional coffee machines and 8 million espresso and filter-pad machines (Nipkow and Josephy, 2012). Nipkow (2009) stated that coffee machines use large amount of electricity for permanently keeping water hot and standby modes. Surprisingly, some espresso machines usually have higher consumption than A-class ovens or A<sup>++</sup> fridges. The same authors argue that by applying simple measures as auto-power-down, better insulation of boilers and low standby consumption, the energy efficiency can be strongly enhanced.

Capsule-based coffee machines were used in some of the experimental studies conducted during this thesis (the market for espresso machines is divided between hard cap machines with 51 % market share, semi-automatic machines with 30 % market share and fully automatic machines with 19 % market share). These special type of appliances draw between 113 y 195 kWh per year according to Bush et al. (2009) . The same authors argued that applying auto-power-down after preparing a

---

<sup>2</sup><http://www.topten.info/>



**Figure 3.1:** Coffee-maker operating modes: On-Off mode, Standby and Auto-power down.

coffee could reduce the energy consumed to 60-80 kWh per year. In the next section the typical operating modes of an electric coffee-maker are described.

### 3.2.1 Operating modes: on-off, standby and auto-power down

Coffee-makers are categorised within the group of appliances that can operate in different modes (other examples are printers, kettles, projectors or TVs, to cite some): 1) ON-OFF mode (ON means operating and OFF means no consumption is drawn by the appliance); 2) Standby mode, also referred to ‘keeping hot’ mode (Nipkow, 2009) where the device is always ready to be used but consuming less power than ON mode; and 3) some new appliances models have a third operating mode: auto-power down mode (also labelled by manufacturers as ‘eco-mode’). It is a mode of operation boosted by a EU recommendation (Bush et al., 2009) and as stated before can reduce a great amount of energy. In the case of a coffee-maker, this mode is able to shift from ON mode or standby mode to OFF mode automatically after preparing a hot drink.

The Figure 3.1 shows three state diagrams of the reviewed operation modes that can be performed by an off-the-shelf capsule-based coffee machine. In the ON-OFF mode, the user will always find the appliance switched off. Just after pressing the appliance's start button, the warming engine starts working and the user is ready to prepare a coffee. This mode does not consume energy whilst idle periods since it is expected that the user will shift the bottom to off just after its use. However, the energy necessary to boost the engine each time the start button is pressed has a high impact over the whole energy consumed by the coffee machine. The second operating mode is the standby mode. In this mode, a user will always find the coffee-maker ready-to-use because the appliance is permanently working. Thus, no warming time is needed. However, due to the periodical energy peaks to maintain the engine's pressure active the appliance is continuously drawing some energy. Finally and according to the Figure 3.1, the last available mode is Auto-power down which is able to disable the standby mode after 30 minutes. That means this operating mode can switch off the appliance completely if it detects an inactivity period after preparing a hot drink<sup>3</sup>.

### 3.3 Hybrid operating mode

In this section, the proposed approach that combines properties of previous operating modes is presented. The hybrid approach was implemented for enabling the appliances to predict the best operation mode to apply in each time during the working day in order to inform to the users the proper action to perform to be as energy efficient as possible.

The reviewed literature related to energy efficiency on Chapter 2 revealed that there are two trends to address this necessity:

---

<sup>3</sup>In the state diagram we have used 30 minutes as an average time. However, according to the EU-Directive 2009/125/EC for the eco-design of energy-related products (S.A.S., 2001), the auto-power down should be applied no later than 60 minutes after the activation of the machines or no later than 60 minutes after last beverage preparation.

1. *Complete technological approach* where people is not really involved in the energy efficiency intervention. In this approach, the smart machines are energy-efficient and make the sustainability-oriented decisions on their own. In the case of coffee machines, the device's auto power down can be tagged as a complete technological approach.
2. *Human behavioural change approach* where people bear the full responsibility of their decisions (e.g. switch off manually the devices when they are not in use). As well as in the previous approach, the corresponding mode for coffee-makers is the ON-OFF mode.

Recall from the state of the art that some machine learning-based approaches to predict user behaviour were reviewed: the commercial Google's NEST thermostat was able to learn when people go in and out of the office throughout the work-time and adjust the temperature accordingly. Our hybrid approach is close to NEST, yet centred into the context of electricity rather than HVAC. Indeed, the hybrid-approach is placed in the middle-ground of both literature trends (automation and human behaviour) by empowering users to act in a more energy-efficient and intelligently manner rather than simply turning off the devices after using them.

The rationale of the proposed mode for common use appliances (in our case capsule-based coffee-makers), is that it is possible to predict the appliances' usage by applying autoregressive machine learning models. In the Appendix A, it is theoretically demonstrated that depending of the number of people that use the appliance in each hour during the work-time, it is convenient to introduce a new appliance's operating mode in order to save energy: thus, one that adjusts the coffee machine's operation depending of the usage it is subjected to. In rush hours (3 coffees or more per hour), the coffee-maker should remain on (standby mode) whilst in periods of lower use, it has to be switched off (ON-OFF mode). In order to predict the appliance's utilization, time-series forecasting techniques were applied, specifically ARIMA models. This methodology assumes that past patterns (number of coffee intakes per hour) will similarly occur in the future, and therefore are predictable.

The ARIMA model, also known as Box-Jenkins model (Box and Jenkins, 1990), is widely regarded as the most efficient forecasting technique in social sciences and it is used extensively for time series. The use of ARIMA for forecasting time series is essential with uncertainty because it does not assume knowledge of any underlying model or relationships as in some other methods (Ariyo~Adebiyi et~al., 2014). In this thesis, we strengthen our decision to use ARIMA models based on three premises: 1) they are relatively more robust and efficient than more complex structural models in relation to short-run forecasting (Khashei and Bijari, 2010) as is our case; 2) they only require data on the time series in question; and 3) for our specific time series, the chosen ARIMA model (see Appendix A for the model identification) outperformed other soft computing configurations when predicting the coffee machine's usage<sup>4</sup>.

## 3.4 Eco-aware infrastructure

The hybrid operating mode based on soft computing techniques is implemented by different software and hardware modules. They all together make up the eco-aware infrastructure. These eco-aware modules are: 1) the eco-adaptors which are pieces of hardware and software that allow the appliances to sense and send energy data to Internet and to receive the predictions about how to operate the appliances that are attached to in an energy efficient fashion; 2) the RESTful Cloud based server that receive the energy data and stores them for further processing; 3) the prediction service that consumes data from the cloud server to forecast the efficient operation mode for each appliance based on the past energy patterns; and 4) the HCI interfaces which communicate the user how to operate the appliances efficiently based on the prediction received by the eco-adaptors.

---

<sup>4</sup>This latter finding is considered out of the focus of this thesis. However, these conclusions are widely explained in a journal article published by the candidate (Casado-Mansilla et~al., 2016)

### 3.4.1 Eco-adaptors

Eco-adaptors are devices easily attached to everyday appliances which will turn them into user-friendly Internet-connected energy-aware things. These augmented things will interact with users to help them understanding/instructing/guiding to reduce their consumption. Rather than designing and creating smart appliances from scratch, which would involve retiring the old-fashioned objects and probably the disposal of them to the landfill, the objective is to use the existing appliances enhanced with low-cost technology which will supply the captured data to a RESTful cloud-based server. In the next sections, eco-adaptors are broken down in their different modules and electrical components. Moreover, their energy consumption is analysed.

#### Hardware design

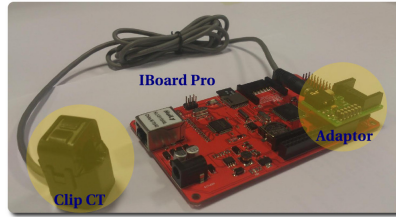
Eco-adaptors tailor the energy saving schedules for the under study appliances. They consists of several Open Source Hardware and Software parts which are described hereafter and can be observed in Figure 3.2:

- A low-power microcontroller working as the core. For the design of the eco-adaptor we used the iBoard Pro<sup>5</sup>. This platform is an Arduino MEGA compatible microcontroller featuring a WIZnet Ethernet port with Power over Ethernet (POE), an XBee socket, ITDB02 Serial/Parallel LCD module interface, RTC, nRF24L01+ module interface, Micro SD socket and an ATMega2560. The microcontroller works with a minimum voltage of 7V and those can be provided by POE.
- Sensing equipment able to capture in real time the current working mode of the appliance which are attached to (switched off, standby or preparing a coffee). To this aim, a clip current transformer (clip CT sensor<sup>6</sup>), also called ‘non-invasive current sensor’, was selected to measure the energy data (see Figure 3.3).

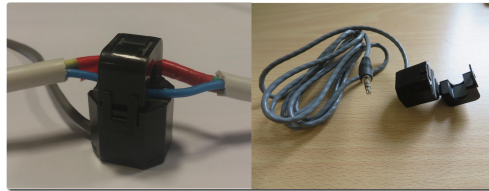
---

<sup>5</sup>[http://wiki.iteadstudio.com/IBoard\\_Pro](http://wiki.iteadstudio.com/IBoard_Pro)

<sup>6</sup><http://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Current/ECS1030-L72-SPEC.pdf>



**Figura 3.2:** The three modules that make up the eco-adaptor.



**Figura 3.3:** Non invasive energy sensor hooked to the appliance's socket wire.

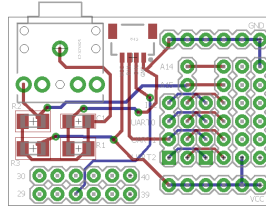
- An adaptor electric circuit for the current sensing module. This circuit tailors the signal received from the clip CT sensor to a signal able to be read by the iBoard Pro. For this purpose, a double sided Printed Circuit Board (PCB) was designed to be easily attached to the iBoard Pro. The circuit layout can be observed in Figure 3.4<sup>7</sup>.

### Hardware and software consumption

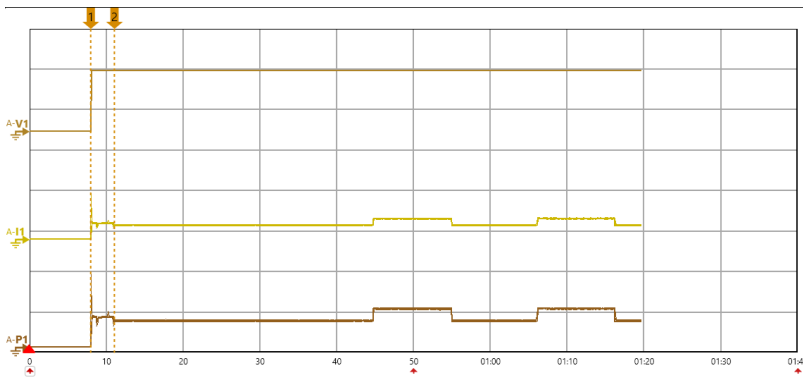
The datasheet of the iBoard Pro specifies that the board draws between 100 and 500 mA of current whilst operating. We contrasted this consumption with a PC-Based Oscilloscope for Analysis Application of the company *Agilent Technologies*<sup>8</sup>. The idea of measuring this con-

<sup>7</sup>This PCB also features an adaptor circuit for RFID (radio-frequency identification) readers of 125 KHz. This extra module is used in the experiment that is described in Chapter 5 to identify the users of the coffee machines.

<sup>8</sup><http://www.agilent.com/find/N8900A>



**Figure 3.4:** Layout of the customised PCB which was designed to adapt signal coming from the clip CT sensor to the iBoard Pro.



**Figure 3.5:** The consumption of the eco-adaptor during 1 minute and 20 seconds. The top signal corresponds to the fix voltage needed to operate the iBoardPro (7.5V); the signal in the middle shows the current demanded to perform different operations; while the signal on the bottom shows the load to operate the device.

sumption was to figure out if the adaptor circuit, the clip CT sensor and the software designed for operating efficiently the coffee machines increase the consumption beyond the range specified in the datasheet or, in contrast, the current remains within the range<sup>9</sup>.

As can be observed in Figure 3.5, the e-consumption of the eco-

<sup>9</sup>The software designed for the iBoard Pro performs several things: 1) it reads continuously the energy data and the date and time from the RTC clock; 2) it adapts this information to a data model tailored to be stored in the Cloud data base; 3) at the end of the week, it receives the predictions and *modus operandi* of the coffee-maker for the next week; and finally 4) either the eco-adaptor operates autonomously by using relays or either it activates the HCI interfaces to help users to perform informed decision about switching on or off the appliance.

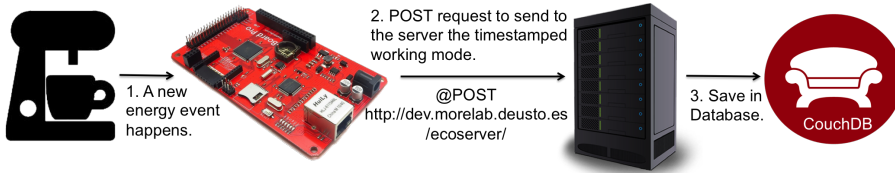
adaptor (the signal on the bottom of three signals in the oscilloscope image) is mostly flat, consuming an average of 1.3 Wh (7.5 V of continuous voltage and 173 mA of current). However, it performs three peaks whilst the oscilloscope measurement was activated. The first peak corresponds to the iBoard Pro's bootstrap. During these initial seconds, the eco-adaptor has to activate every sensor, retrieve the date and time from an NTP server to update the RTC internal clock and send the first notification to the remote server about its readiness status. The average energy drawn by the eco-adaptor at this initial phase is 1.26 mWh. The other two peaks which are quite similar in shape, correspond to the activation of the HCI interfaces to inform users about any energy-matter to be aware of. These extra peaks have an average power consumption of 1.9 W lasting for about 10 seconds. Therefore, each time the eco-adaptor sends a notification to the appliance's users the whole equipment draws 5.37 mWh.

This consumption has been taken into account when calculating the energy efficiency of the different experimental treatments presented in chapters 4 and 5. Thus, in order to calculate the energy saving without biases, we added the appliance's consumption to the energy drawn by the eco-adaptor.

### 3.4.2 Communication and service architecture

In this section the overall architecture for performing the forecasting of the most efficient operating modes for each coffee-maker is presented. Having identified that the energy consumption drawn by the eco-adaptor was not negligible, we decided that the intelligence had to be distributed between the eco-adaptor and a Cloud service. The goal was to simplify the operation of the eco-adaptors and to increase their reliability in cases of failures such as disconnections or energy blackouts. Thus, the proposed architecture delegates the computing intensive forecasting process to a Cloud-based service reducing the microcontrollers' processing as much as possible.

For a better understanding of the interaction among the architecture components, we have divided the logic in two subsections: Data storing



**Figura 3.6:** Designed architecture for Cloud data storing of energy consumption events.

and forecasting (Figures 3.6 and 3.8 present a diagram for both services).

### Data storing of energy consumption events

It is necessary to keep track of the timestamps of every coffee intake to predict the working mode that the coffee machine should hold in each hour-slot along the working day. As was reviewed before, each iBoard Pro features a RTC clock which is synced once a day by means of a pool of NTP servers depending of the country where the appliance is located. The time and date retrieved by the microcontroller is then stored within the RTC clock that has its own cell button battery<sup>10</sup>.

These data have to be stored to be later used for time series analysis. Taking into account that the iBoard Pro is a resource-constrained device with reduced memory storage resources (4Kb of EEPROM memory), it is not suitable to store large amounts of data. Therefore, we have designed the in-the-Cloud storage shown in Figure 3.6 to manage the data storing of energy consumption events for each coffee-maker.

Whenever a new energy event is detected, the eco-adaptor captures its timestamp, the energy value consumed in Wh and the operating mode of the appliance. With these data, the eco-adaptor creates a JSON object in which more information is added and then structured (see Figure 3.7). In the next step, the microcontroller sends the JSON object

<sup>10</sup>If the NTP servers are not reachable or there is a blackout, the eco-adaptor can always remain in synchronization by using its local time.

```

1  {
2    "deviceID":      "Office1",
3    "device_type":  "COFFEE-MAKER",
4    "datetime":     "2014-03-05T10:23:41Z",
5    "time_secs":    "43215",
6    "consumption_type":      "MAKING_COFFEE",
7    "consumption_time_in_secs": "34",
8    "energy_consumption_kWh": "16.8"
9  }

```

**Figura 3.7:** JSON data model of an energy consumption event occurred in ‘Office1’ to be stored in the remote data base.

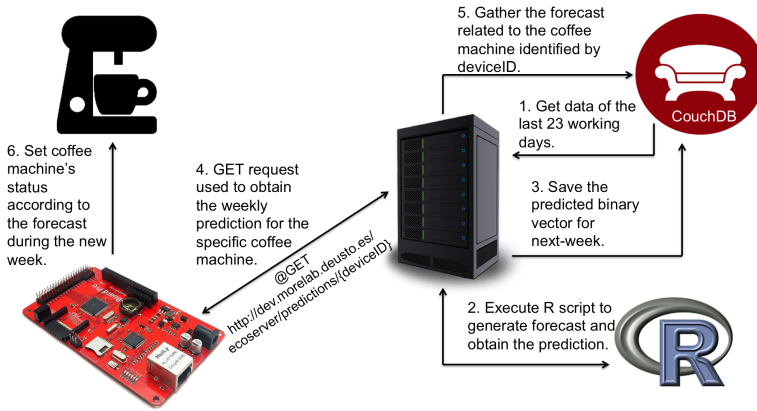
to the eco-server via a POST request. Finally, the server carries out the storing of the JSON data as a document inside a CouchDB NoSQL database<sup>11</sup>. CouchDB is itself an HTTP server accepting CRUD operations over JSON documents.

The server was designed following the RESTful principles. It provides a REST API to receive energy data from appliances and to generate the weekly forecast associated to each sustainable coffee machine. According to RESTful features, it exposes stateless services that can be observed in Table 3.1.

URI	HTTP Method	Description
/ecoserver/	POST	request to save new energy consumption events
/ecoserver/predictions/	GET	get the prediction for all coffee-makers
/ecoserver/predictions/{deviceID}	GET	get the prediction of the coffee-maker with parameter [deviceID]

**Tabla 3.1:** The three different Cloud-based services offered by the ecoserver.

<sup>11</sup><http://couchdb.apache.org/>



**Figure 3.8:** Architecture used to forecasting the coffee machine's next-week usage

### Forecasting of coffee machine's next-week usage

The data collection process described in the previous section was used to predict the appliance's operating mode for the working days of the next-week (from Monday to Friday). The computational phase was done by a Cloud-based web service and it was performed weekly (to precise, on Sunday nights). The sorted data-flow related with the time-series prediction is shown in Figure 3.8.

Following the schema, we can see that the first operation performed is to search for the number of coffees consumed in each of the hour slots along the previous 23 working days. The information returned by the CouchDB database is curated by the server in a dataset processable by a script developed in R language (R Development Core Team, 2008). To perform this data transformation, every working day is divided into slots of 12 hours (from 7am to 7pm) and the total amount of coffees made in each hour is calculated. Using this vector as input parameter, the forecasting is executed. The output vector of 60 values is logically compared to assess whether each of the values exceeds or not the threshold of three coffees (this threshold is calculated in Appendix A). As it

```
1 {  
2   "deviceID": "Office1",  
3   "prediction": "0011100001100111000011..."  
4 }
```

**Figura 3.9:** Predicted 60 bits of binary data. Each bunch of 12 bit corresponds to each working-day (7am-7pm) from Monday to Friday.

has been explained before, the aim is to decide whether the coffee-maker should remain on standby mode, or in contrast have to be switched off (ON-OFF mode) if the number of coffees predicted is lower than three. On the former case, the prediction time slot is set to ‘1’, while in the latter case it is set to ‘0’. This binary vector (60 bits of binary data grouped in 12 bits for each day) is saved as a JSON object inside the database (see Figure 3.9).

Whenever an eco-aware coffee-maker has to update its weekly operation schedule, it has to perform an HTTP GET request against the Cloud-Server sending its *deviceID* (see Table 3.1). When the server receives the request, it queries the database (filtering the query by *deviceID*) and it gets a JSON object containing the predicted binary data. The server sends this vector back to the microcontroller which saves it in its EEPROM memory. In this way, every day the eco-adaptor reads 12 bits from the EEPROM which lets it inform its users about the most-efficient way to operate the appliance throughout the working-day.

## 3.5 Interactive strategies

Having explained the overall architecture that sustains the usage prediction of the eco-aware everyday objects, in this section the different methodologies and strategies devised to motivate users to be more eco-friendly are reviewed. These strategies have been applied in the different experiments carried out in this thesis (see Chapters 4 and 5). The majority of these strategies were inspired by other designs that we-

re reviewed in the state of the art. In fact, we directly prototyped some largely applied eco-feedback techniques (e.g. dashboards or reminders) to compare them with the eco-aware designs. The main difference between informative eco-feedback strategies and the eco-aware approach is that the former offers information statically and applies the rational model of human behaviour change, whereas the eco-aware triggers are based on forecasting techniques making the interaction more dynamic and guides the users to behave pro-environmentally just in the moment of performing the action that entails energy inefficiency. Table 3.2 provides a summary of the eco-aware design' features and the background for each of them.

Eco-aware design		
Feature	Rationale	Background
<i>Intelligence</i>	To infer the moment when the coffee-maker is likely to be used.	(Box and Jenkins, 1990) assumed that past patterns will similarly occur in the future, and therefore are predictable.
<i>Persuasiveness</i>	It interacts persuasively with users to raise their energy-awareness.	FBM (Fogg, 2009): Motivation, simplicity and triggers.
<i>Ambient awareness</i>	Use of ambient cues and prompts.	Not relying in behaviour change elicited by direct requests, be unobtrusive and to present the suggestions subtly (Schmidt et al., 1999).
<i>Team affiliation</i>	Assist users in their decision-making when operating the coffee-maker.	In (Nass et al., 1996) the participants under interdependence conditions were to be more cooperative and open to influence from the computer.

**Tabla 3.2:** Rationale followed to design the eco-aware appliances associated with the background which supports each feature.

### 3.5.1 Physical interaction

Physical interaction can be understood as a synonym of physical computing, which in a broad sense, means building interactive physical systems by the use of software and hardware that can sense and respond to the analog world (O'Sullivan and Igoe, 2004).

Every interactive prototype devised to demonstrate the eco-aware concept was conceived physically. In fact, three different prototypes were designed and developed with the physical interaction in mind for the coffee-makers: 1) a hidden message that was disclosed over the water tank to promote informed decision making; 2) a visual arch that turned from green to red to make aware users about the careless waste of energy; and 3) an augmented coaster that brought together the two previous visual interactions.

In these cases, only the visual modality was explored leaving the tangible or audible interactions for future work.

### **Built-in visualization**

This type of interaction required to ‘hack’ the appliances or devices to change their normal operation deliberately. In the case of the coffee-maker, we leveraged subtle visual suggestions about how to operate the device energy-efficiently through built-in markers in the machine. These subtle suggestions were triggered when the eco-adaptor’s schedule informed that throughout a whole hour-slot it was more appropriate to remain in standby mode rather to switch the appliance off.

This appliance’s hacking allowed the coffee-maker to detect when somebody was about to switch the device off after a coffee preparation (a proximity sensor pointing to the start-button was attached to detect this action as can be seen on Figure 3.10). When such detection occurred, the eco-aware appliance suggested the user to not to switch off the appliance by depicting the message: *‘Please, leave me on.’* This message was disguised previously using an special ink that can only be seen under ultraviolet LED-light<sup>12</sup>.

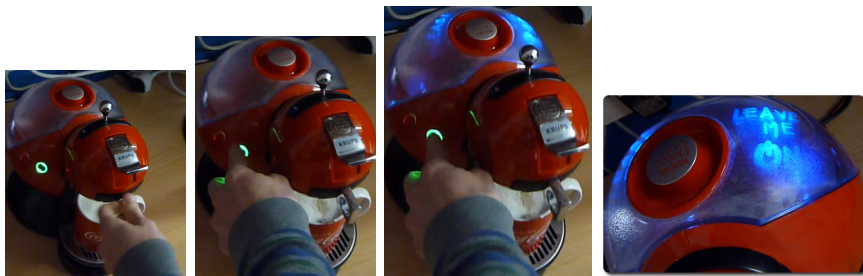
### **Attached visualization**

There are some appliances that are more sensitive to be hacked than others. Either those devices belong to users that want to keep their appliances without changes, or either the manufacturers design the appliances in such a way that it is hard to modify them. Regardless of the case, three designs were devised for these circumstances: A visual arch, a physical bar chart and an interactive beverage coaster.

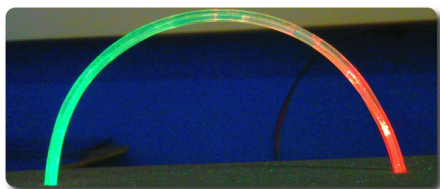
**Visual arch** An ambient light arch that can be appreciated in Figure 3.11 was placed just close to the coffee-maker. It provided information

---

<sup>12</sup>These LED-lights were disguised in the inner of the coffee-maker and the message was written in the outside of the water container.



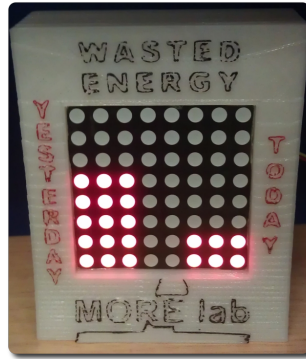
**Figura 3.10:** Subtle visualization built-in the coffee-maker to prevent user to switch off the appliance during some periods throughout the working-day. In the first snapshot the user finishes the coffee preparing. The second snapshot shows the actions of trying to switch off the appliance after using it; while the 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> show the message ‘Please, leave me on’ that aims to prevent the user to switch off the appliance. After few seconds the message is disguised again.



**Figura 3.11:** Ambient visual chart designed to make aware people about the careless use of the energy of the coffee-maker.

about the energy that was being wasted during each day. The arch started the day being completely green, but it progressively turned into red as the wasted energy coming from the coffee-maker increased. The prototype was made with a light pipe which transmits light along its length, like fiber-optic cable, but it also “leaks” light along the way, causing the entire length of tubing to light up when a bright light is shined into one of these ends.

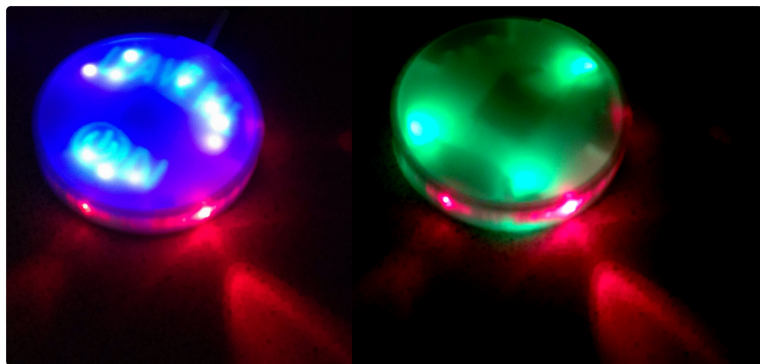
**Physical bar chart** A 3D physical display that mimicked a side-by-side bar chart was also designed as a proof-of-concept of physical devices (it was created with additive manufacturing 3D printer). It was placed just close to the coffee-maker and it can be observed in Figure 3.12. This informative eco-feedback showed to users their previous day’s wasted



**Figura 3.12:** Physical bar plot to make aware people about the generated wasted energy due to an inefficient operation of the coffee-maker.

energy (the longest red bar of the LED matrix), whilst the energy being wasted on the current day was shown on the right side of the physical display. The rationale of this design is based upon the challenge of self-performance. Thus, people had everyday the challenge of trying to not overtake the left-side bar chart which corresponded to the energy wasted the day before.

**Interactive beverage coaster** Based on the idea of the visual arch and the built-in visualization, the last physical prototype devised is an interactive beverage coaster placed just close to the coffee-maker. The interactive item (see Figure 3.13) was made of transparent polymethyl methacrylate and modelled with a laser cut. On the one side, the interactive coaster started the day being completely green, but it progressively turned into red as the coffee-maker's wasted energy increased (6 red LED lights were leveraged around the 3D coaster while a bright green LED was placed in the inner of the object). On the other side, it also provided subtle visual suggestions about how to operate the device appropriately through built-in markers on the top of the coaster: *'Please, leave me on.'* The idea mimics the subtle suggestions that were previously explained for the coffee-maker's water tank. To detect when someone was about to prepare a coffee, a RFID reader was placed in



**Figure 3.13:** Two interactive beverage coasters devised to make aware users about the energy wasted when using the coffee-maker. On the left side, the interactive coaster informs the users to not switch off the appliance, while on the right side it informs about how much energy is being wasted throughout the day with the rationale of red and green lights.

the inner of the 3D coaster<sup>13</sup>.

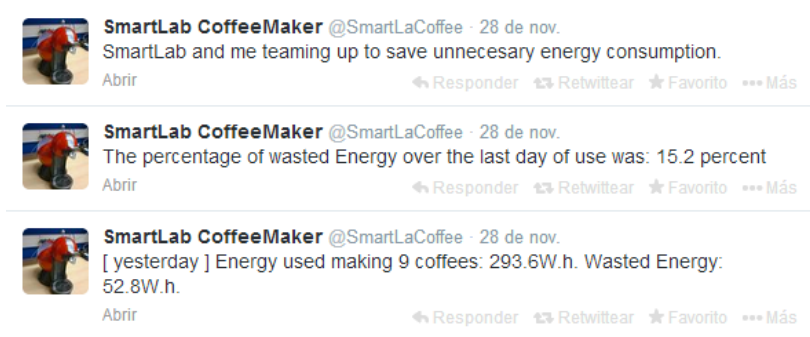
Besides physical interaction, other strategies to promote behaviour change were devised. Both are explained in the next sections.

### 3.5.2 Social networks

Internet-connected objects may contribute to reduce energy consumption by giving them an ‘active-voice’ towards energy efficiency. Social Networks are currently a promising channel to pave the way between human beings and these intelligent objects for sustainability purposes (Thieme et al., 2012; Foster et al., 2010). Moreover, these networks are now experiencing an exponential growth, e.g. Twitter has officially become the next big thing in terms of Internet social phenomena gaining worldwide popularity, with over 500 million active users as was disclosed in a recent report (Stats, 2013). Therefore, to reach thousands of users to raise their energy awareness, as was advised by some contemporary academics (Brynjarsdóttir et al., 2012; Pierce and

---

<sup>13</sup>In Chapter 5 it will be explained that the users were provided with RFID stickers to be glued on the bottom of their coffee mugs.



**Figura 3.14:** A set of tweets extracted form the SmartLab Twitter profile.

Paulos, 2012), a simple ‘tweet’ could achieve the objective. Some coffee-makers were provided with a public Twitter profile through the Thing Speak App<sup>14</sup>. With this profile they reported : 1) the breakdown of their daily energy consumption in Wh; and 2) the percentage of wasted energy. Their public profile and some tweets can be observed in Figure 3.14.

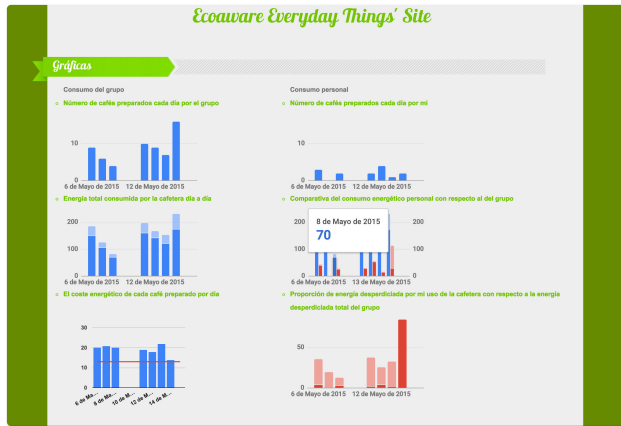
### 3.5.3 Web dashboards

Dashboards are one of the most typical informative eco-feedback means (Yun et al., 2013; Costanza et al., 2012; Schwartz et al., 2010). Figure 3.15 shows a web interface which was developed for coffee-maker’s users to track: 1) their coffee’s intakes; 2) energy used efficiently; 3) energy wasted; as well as 4) their consumption compared to the group consumption (i.e. the energy consumed by the sum of the people who use the appliance everyday). Each of the plots and graphs devised where developed using Google charts<sup>15</sup> obtaining the data to be shown from the Cloud-based server.

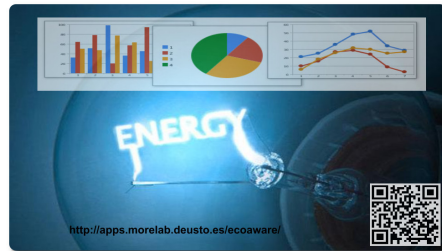
With the aim of reminding to the users that a web was created to track their consumptions, a picture of a QR-code was placed on

<sup>14</sup><http://thingspeak.com>

<sup>15</sup><http://developers.google.com/chart/>



**Figura 3.15:** Dashboard designed to track user and group e-consumption. On the left side it shows the user's performance while the group performance in comparison with its own is shown on the right column.



**Figura 3.16:** Picture attached to the coffee maker to remind users to visit the web site.

the top of their coffee machine which linked to the website where this informative eco-feedback was given. The rationale of the QR-code was to remember and ease the process of accessing to the website. The poster attached to the appliance can be observed in Figure 3.16.

## 3.6 Conclusions

This chapter has reviewed the basis of the eco-aware designs. In the first sections the rationale of the eco-aware concept and its justification were provided through a use case. There are several electrical devices and appliances that are susceptible to be eco-augmented. However, this thesis focuses on the coffee machines which are widely present in houses and offices as was surveyed in Section 3.2. After reviewing the common operating modes of on-the-market electric coffee machines, a new operating mode that combines machine learning and user awareness through HCI strategies was proposed. The chapter devotes two sections to explain the overall ICT architecture that supports the working of the forecasting approach. Finally, in the last sections of the chapter the different strategies to increase energy awareness and support behaviour change were reviewed. Most of them were physical computing-based approaches while others, like social network and dashboards, were based on the web.

In summary, the eco-aware devices help to reduce the energy consumption whilst in operation. They help to reduce electronic waste (appliances would end in the landfill if the whole society decides to replace their old-fashioned devices by new smarter ones). Third, less frequent use of their components increase their durability and potential reuse. Moreover, eco-aware everyday things not only decide what the optimal behaviour to meet these goals is, they also collaborate with their users by providing appropriate feedback. Therefore, users can even transfer their behaviour reducing energy waste to other non eco-instrumented devices.

In the next chapter, the first two experiments towards validating the thesis hypothesis are reviewed. On the one side, the first experiment is focused on the team-affiliation between users and eco-aware designs; while on the other side, the second experiment explores the relevance of giving contextualised feedback in real-time when promoting eco-concious behaviour.

# 4

## Initial experiments

### Research with augmented objects and location-based technologies

---

In this chapter we present two experimental studies conducted to give early-support to the hypothesis stated in this thesis. On the one side, ‘Pre-pilot experiment’ sought to obtain early insights about the design of eco-aware everyday things through a one-month between groups field study. On the other side, ‘Nudging just-in-time’ field experiment sought to elucidate the best moment for conveying technology-based feedback that could be more effective to promote eco-conscious practises towards sustainability in common-shared spaces.

Both experiments were designed as inputs to the longitudinal experiment presented in the next three chapters. The goal was to perform short-run experiments to obtain rapid feedback from the users to design a long term study to validate scientifically the hypothesis presented at the beginning of this thesis.

## 4.1 Pre-pilot experiment

Pre-pilot experiment sought to obtain early insights about the design of the eco-aware everyday things. Specifically, it aimed to study whether combining soft computing techniques with persuasive eco-feedback to cope with energy inefficiency is also adequate to:

1. Increase people's energy awareness by making these eco-devices appear as an energy authority. Fogg (2003) found that people who perceive technology as an authority are more susceptible to persuasion by that technology<sup>1</sup>.
2. Create a sense of interdependence between people and the eco-augmented appliances in order to ally to develop a team relationship towards energy saving. Nass et al. (1996) investigated the claim that humans will readily form team relationships with computers. They found that the effects of being in a team with a computer were the same as the effects of being in a team with another human: subjects in the interdependence conditions perceived the computer to be more similar to themselves, saw themselves as more cooperative and were more open to influence from the computer.

To test and evaluate the effectiveness of the eco-aware everyday things' design with regard to other two designs based on informative eco-feedback, a one-month between three groups study at workplace was performed. The study was related with the usage of an appliance of common use, a capsule based coffee-maker. The three appliances (one in each under-study group) were augmented with adaptors to collect and log their energy data and to send them to a remote database. Two out of three coffee machines were able to provide informative eco-feedback

---

<sup>1</sup>This peripeheral cue was also studied by Cialdini (1993) as was reviewed in Chapter 2, Section 2.3.

to their users: a web-based dashboard (see Section 3.5.3) and a physical bar chart placed close to the coffee-maker (see Section 3.5.1.2). The remaining appliance was augmented with the eco-adaptor to also receive from the server the forecast of its energy-efficient operation for the next week. With this information, the coffee-maker provided subtle notifications to ease the decision-making about how to operate the appliance in each moment throughout the working day (see the built-in design on Section 3.5.1.1). Together with subtle notifications, a visual arch informing users about the careless waste of energy was placed close to this coffee machine (see Section 3.5.1.2 for a full description of this interactive method).

#### 4.1.1 Participants and recruitment

Twenty members working on three different research-groups selected by convenience sampling took part in the experiment. In this study, we refer to these groups by their name: S3Lab, ProtoLab and SmartLab. The laboratories, where each of the research groups worked, were placed within a large technological institute attached to a private University. Although being located in the same research-institute, each of them was in a separated working-room. The three research groups feature a lounge-corner at one back of their working-room where the coffee-makers were plugged. The coffee machines shared these spaces with other appliances such as fridges, kettles or microwaves.

The 20 participants were distributed among the three groups as follows: S3Lab: 8 people, ProtoLab: 4 people and SmartLab: 8 people. The participants' age ranged between 20 and 40 years, they were all males and engineers in telecommunications or computer scientists. Among the participants, 2 were lecturers, 4 post-doctoral researchers, and the remaining 14, PhD students. Participants were recruited because they used to have, at least, one coffee a day in their research-facilities.

### 4.1.2 Procedure

Before starting the between groups study, the SmarLab's coffee-maker usage (one of the three groups taking part in this study) was logged during 3 weeks. We sought to understand how the under study appliance was used throughout the working day. We found that people applied different operating modes when preparing a hot-drink: some left the coffee-maker switched on after its use, i.e. Standby mode; while others turned the device off just after preparing a hot drink, i.e. On-off mode (recall Figure 3.1). Such a lack of uniform behaviour, which could be extrapolated to any other electrical appliance of collective use, was noticeably correlated with high rates of energy waste.

After this initial phase, a one month field-study to obtain deeper insights about how to encourage energy efficient devices' operation to save energy was carried out. The study was divided in three phases.

#### **Phase 1: pre-trial survey**

In the first phase, two researchers handed out a survey where personal information from participants, e.g. age, genre, laboratory, coffee habits, and other socio-cultural aspects were collected. All participants signed an agreement to allow the collection of energy data from the coffee-maker throughout the corresponding month (see Appendix C). However, the purpose of the study was hidden to the subjects to avoid the intervention bias.

In this survey we asked participants about energy metering and efficiency, we asked them some simple questions on sustainable practices in private contexts and in public ones. Finally, we got participants' insights about their proposed solutions to overcome energy inefficiency in the workplace and their preferred motivational strategies to increase their energy awareness. The whole survey has been included in the Appendix C, Section C.1.

The purpose of retrieving this information was to have a general

	1st Week	2nd Week		3rd Week		4th Week	
	BASELINE coffee cost (Wh)	Eco-feedback Twitter @SmartLabCoffee	1 coffee cost (Wh)	Eco-feedback Forecasting + (ambient light arch & UV hidden message)	1 coffee cost (Wh)	Eco-feedback Forecasting (ambient light arch & UV hidden message)	1 coffee cost (Wh)
SmartLab	38.12		49.19		34.82		35.52
S3Lab	37.62	Eco-feedback Twitter @ProtoLabCoffee	53.68	Web-based dashboard	78.61	Web-based dashboard	75.36
ProtoLab	62.33	Eco-feedback Twitter @S3LabCoffee	84.65	Physical bar-chart comparative	115.85	Physical bar-chart comparative	39.59

**Table 4.1:** Fluctuation of coffees’ energy cost for each group during four weeks. The table presents the comparative, energy-wise, performance of each group and the eco-feedback each was subjected to.

understanding about the knowledge that participants had on energy related concepts and to track their perception of energy consumption at work<sup>2</sup>.

## Phase 2: field study

In this phase, the energy data of the three appliances were logged. Along the 4 weeks of intervention, the means by which each of the coffee-makers presented their energy consumption to users, i.e. the eco-feedback strategy was changed weekly. Table 4.1 summarises the pilot throughout the four weeks.

In the 1<sup>st</sup> week, the three adaptors attached to the coffee machines were only collecting energy data. This week was considered as the baseline in order to compare the energy data of the following weeks with this one.

At the beginning of the 2<sup>nd</sup> week, a public Twitter profile was created for each of the three coffee-makers: @S3LabCoffee, @ProtoLabCoffee and @SmartLabCoffee. The workers were able to know their performance by following their daily published energy consumption in Wh on Twitter. All the subjects implied in the study were notified about this new feature. Twitter was selected as a communication channel because

<sup>2</sup>This information was also used as a first step forward on creating a user profile related to socio-cultural aspects and the energy-related background that let us to group similar people according to this information. In Appendix D, the procedure of clustering people in order to create comparable samples is explained.

se it was their most used social network according to the interviewees in phase 1 (68% of the subjects indicated to use Twitter daily). As was explained in Section 3.5.2, the social appliances published number of coffees prepared and their associated energy consumption. The expected goal of this strategy was that workers become followers of the appliance's Twitter profile in order to keep them updated of its own performance. Followers may check if they have reduced or not their energy by self-comparing the current data to previous days.

Before starting the 3<sup>rd</sup> week of piloting, each of the socially-enabled devices was augmented with different eco-feedback technologies. In S3Lab we placed a QR-code image on the top of their coffee-maker. The QR-code linked to a web URL where users were able to keep track of their energy-performance through a web-based dashboard (see Section 3.5.3). ProtoLab's coffee machine was augmented with a physical bar chart to make its users aware about the wasted energy due to an inefficient operation of the coffee-maker (see Section 3.5.1.2). Finally, SmartLab's coffee-maker was hacked to show the subtle suggestions that were explained in Section 3.5.1.1. Moreover, it featured a visual arch that turned from green to red to inform people about the careless use of the coffee-maker's energy.

These new features remained until the end of the intervention, i.e. the whole 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> weeks. At the end of the experiment every adaptor and HCI interfaces were retrieved.

### **Phase 3: post-trial questionnaire**

In this phase, we wanted to get the participant's insights about the proposed interactions, their comprehensibility, understanding and usefulness, the relevance that they gave to the intervention towards reducing energy and the motivations that issued during the experiment to save energy.

The meetings with each of the participants were divided in two parts and they were conducted by two researchers to strengthen the studio reliability: 1) a semi-structured interview where the participant's names

were changed to fake ones for ethical reasons; 2) a self-report of eighteen items in a 5-point Likert scale. The self-report was structured in four blocks to record the participant's insights about their affiliation and interdependence with the coffee-machine, the role of authority that they attributed to the device, and finally three items devoted to extract the participant's acceptance around the inclusion of the smart-device in their work routine. Most of the items were based on the scale used by Nass et al. (1996)<sup>3</sup>.

### 4.1.3 Results and analysis

The pre-trial survey confirmed that interviewees were not concerned with energy expenditure in their workplace and that they lacked motivation to reduce it. Indeed, 80 % felt confident stating that the use that they do when using the appliances of shared use was energetically insignificant. 74 % asserted to be much more aware about energy consumption in their homes than in their workplace. The remaining 26 % said to be equally concerned in both spaces. Most of them attributed pecuniary causes to their replies.

For example User A stated: *“That [the energy waste issue at work] does not directly affect to me. It is a sharing thing and in public spaces I lose track of responsibility”* or User B argued: *“I am not motivated to reduce energy because the action of one guy is diluted if the group does not take joint actions to tackle inefficiency”*.

We found a general agreement from respondents about the devices that consumed the most of energy in their workplaces: lights, PCs, monitors and shared appliances. When asked about the general policies that they would put in practise to reduce consumption, 47 % proposed technologically-led solutions, e.g. e-meters, automation, sensors, etc. 31 % human-centred approaches (e.g. switch by hand or reflection by example) and the rest a mixed approach, e.g. fair competitions and gamification.

At the end of the survey, we discussed with the interviewees about

---

<sup>3</sup>The whole questionnaire was translated into Spanish by two researchers. A copy of this questionnaire is available on Appendix C, Section C.1

energy concepts: energy waste, efficiency and standby. Further, we tackled technologies that could help to reduce e-consumption. There was a general agreement that in case of knowing more about energy waste in real time, their perception of energy waste would increase. Moreover, they asserted that the more informed they were, the better their actions towards energy efficiency would be.

### Energy data

The quantitative data gave supporting evidence on the effectiveness of each methodology to save energy at work. The total energy consumed by a capsule-based coffee-maker can be broken down in three different states depending on the device operation: 1) *Warming*, a phase where one has to wait until the coffee machine heats the water; 2) *Standby*, the energy consumed whilst the device is switched on without being used - no long warming time is needed when one wants to prepare a coffee; 3) *Working*, the device is preparing a hot drink.

*Warming* and *Standby* are two states where the coffee-maker is leaking energy, so their energy consumption is tagged as non-effective energy ( $E_{wasted}$ ). *Working* state is tagged as effective energy ( $E_{effective}$ ). We use these energy proportions to compute a simple comparative unit of measure to evaluate the research groups' performance, namely the cost of a cup of coffee in Wh. Such a cost is calculated weekly in terms of the group members' efficiency when operating their coffee machine (see Table 4.1). The higher their awareness to not waste energy, the lower the cost in Wh of a cup of coffee. The Formula 4.1 describes how such a coffee cost is calculated.

$$\overline{E_{coffee|week}} = \frac{\sum E_{effective} + \sum E_{wasted}}{Num_{cups|week}} \quad (4.1)$$

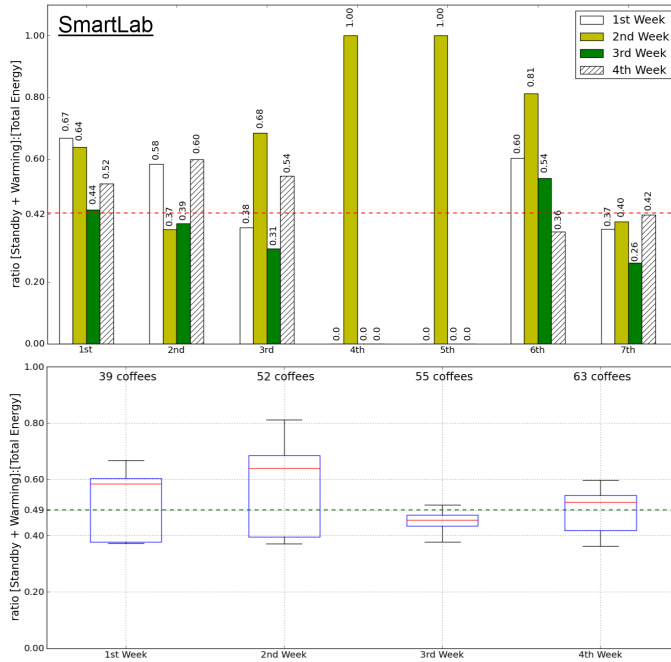
In Table 4.1 it can be appreciated that giving eco-feedback using Twitter has not lead to a significant change in any of the appliances (in some groups the energy cost of a cup of coffee was even higher on the 2<sup>nd</sup> week than the baseline). Nevertheless, transforming the coffee-

maker into an eco-aware everyday thing, the proportion of non-effective energy consumption was considerably reduced which lead to a reduction on the cost of a cup of coffee: 34.82 Wh on the 3<sup>rd</sup> week and 35.52 Wh on the 4<sup>th</sup>. Indeed, the SmartLab presented the best performance during the two weeks that that eco-feedback was provided (weeks 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup>).

Analysing the S3Lab data, we found no cues of improvement in the device usage. Contrary to what was expected, the cost of a coffee performed uneven fluctuations throughout the whole study. Surprisingly, the cost of the coffee cup raised up to 78.61 Wh, which was the double of the baseline. These results could be attributed to the time period elapsed between the action of using the device and the feedback provided by the dashboard.

ProtoLab data were also examined. This group presented the highest rates of non-effective energy due to the absent-mindedness, comfort or laziness reasons. We found that users left the device uselessly switched on in three out of four weekends. Therefore, the cost of a cup of coffee was also the highest. The introduction the physical display in the 3<sup>rd</sup> week did not lead to a significant change of device usage. Contradictorily again, the energy cost presented unfavourable energy rates. However, the 4<sup>th</sup> week was more efficient than previous ones. This radical change of tendency could be attributable to a better understanding of the interactive metaphor of the 3D graphic bar plot: the more the energy is wasted throughout the work-day, the quicker the right bar increases (even overtaken the energy wasted the day before).

The presented energy data evidenced that the eco-aware coffee-maker was used more efficiently than the other two appliances. Therefore, next two charts of the energy performance of this group are showed. The top of Figure 4.1 shows the breakdown of the proportion of non-effective energy consumption to the total in SmartLab on each of the four weeks. The dashed horizontal line represents the monthly-mean which is 42%. The bottom of Figure 4.1 illustrates a side-by-side boxplot to analyse in depth a presumably increase of energy awareness of SmartLab members. The plot represents the spread of the non-effective energy wasted in the SmartLab along each of the weeks that the trial lasted. The horizontal shaded line denotes the median of the month.



**Figure 4.1:** *top:* The ratio of non-effective energy to the total along the days of the week (1<sup>st</sup> plot-bar corresponds to Wednesday); *bottom:* A side-by-side box-plot to compare the distribution of the ratio of non-effective energy for each of the 4 weeks.

It can be appreciated that the 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> weeks the distribution of non-effective energy ratios changed radically, i.e. the energy wasted decreased and the data dispersion was concentrated near their median which means a more uniform usage of the appliance. This tendency can be correlated with initial signs of pro-environmental behaviour change.

### Qualitative results from participants

The summary from the post-trial questionnaire revealed that 65 % of participants declared to have followed the interactions from the coffee-makers, while 76 % asserted that they had reflected with work-colleagues about the energy updates. Four over six of S3Lab's members, which was

the laboratory with the worst response to the intervention, confessed to have not paid much attention to the experiment. Without showing to the participants any summary of the energy data collected, 50 % thought that during the experiment the energy would have been largely reduced, while 22 % felt opposite. Interestingly, 73 % of subjects attributed the energy reductions to the coffee-maker and 82 % of them said that the information reported increased their motivation.

The most promising finding of this initial experiment was that in only two weeks receiving eco-feedback, 56 % of the participants stated to have changed their way of using the coffee-maker. More important for us was to find that within such percentage, almost 80 % belonged to the SmartLab (the laboratory where the eco-aware appliance was placed in).

During the interview User C from SmartLab pointed out: *“Now I wait until the message appears after preparing a coffee”*; User D from the same group exhibited his awareness when stated: *“I quickly switch it off [the coffee-maker] to not to see the amount of wasted energy increased”*.

Even though there are some academics (Froehlich et al., 2010) that state that such a short intervention should be not enough to prompt behaviour change, one of the participant’s quotes glimpses a hint of behaviour change that was also supported by the quantitative data: *“If I look around and I see somebody that is about to prepare a coffee after me, I leave the device on.”*

### **Was the eco-aware coffee-maker considered as a teammate?**

Regarding the Likert questionnaire of the second part of the post-trial interview, we devoted five out of eighteen items to get insights about the creation of a team relationship between the eco-aware coffee-makers and the people that interacted with them. The goal was to assess whether the end-users exhibit a greater encouragement to save energy if the eco-aware everyday coffee-maker pursued the same goal (reducing energy consumption) and actively collaborates to attain it.

Assuming that there were certain similarities among the three groups

(similar number of people, socio-economic profiles, participants background and schedules of coffee intakes), Pearson chi-square analysis was used to assess the statistical significance between the answers of the group that interacted with the eco-aware coffee-maker and the groups which did not. With an alpha value of  $0.5 \cdot 10^{-3}$  we got a statistical difference between the answers of the group that interacted with the eco-aware coffee-maker (SmartLab) regarding the other two groups (ProtoLab and S3Lab)  $\chi^2(2, N = 20) = 17.5201, p = 0.1569 \cdot 10^{-3}$ . The results are not determinant because of the sample size, but they shed light about the different perception that have the people who interacted with the eco-aware appliance in comparison with those who only received informative eco-feedback.

All the subject of the SmartLab declared to feel the coffee-maker as vital unit to save energy. When asked about the role of the coffee-maker in the group, 65% of the respondents attributed a role of authority and accordingly they heed their advices to save energy. Interdependence cues, i.e. whether the participants exhibited any affiliation degree with the appliance to save energy, were also evaluated among the SmartLab workers. In this construct we got an agreement of 76,47% in the three items out eighteen that were evaluated. Thus, subjects under interdependence conditions were found to be more cooperative and open to influence from the eco-aware coffee-machine, similarly as Nass et. al (1996) evidenced in their work. Finally, technology acceptance was also assessed with 91,67% of the interviewees stating that the eco-augmented coffee-maker was useful to save energy and generally being favourable to leave the new device in their offices instead of the previous one.

#### 4.1.4 Implications to the longitudinal experiment

The field-study yielded promising results for further research. The eco-aware appliance contributed to make workers become more energy-consumption-aware than they were at the beginning of the experiment. The group that jointly collaborated with the eco-aware coffee-maker was found to be the most efficient in energy terms. During the time the three different eco-feedback were provided, the other two groups

wasted more than 200 % of energy than the consumed by the eco-aware coffee-maker group (recall Table 4.1). Likewise, this latter group attributed interdependence cues to the device and showed to be more open to influence from the advices of such eco-aware appliance. We reckon that the collaboration between people and the coffee-maker boosted a reduction of energy waste and a more uniform device usage. On the one side, people showed an increased motivation reducing absent mindedness while maintaining comfort. On the other side, the aid offered by the coffee machine to enhance an appropriate device usage was pivotal for the aim of reducing energy.

The study presented a set of empirical early evidences about how people and eco-aware objects can perform joint actions to reduce energy consumption in common spaces as green-teammates. The findings shed light on the following points: 1) web-based techniques, like dashboards, make difficult for users to correlate their actions with the energy associated to them; 2) simple informative eco-feedback is not always enough to know in real-time whether the action that the people are performing in common spaces is 'environmentally adequate' or not; and 3) the combination of soft computing techniques and persuasive eco-feedback seems to be an effective approach that worth continue researching in order to explore how to maximise the reduction of energy waste at common-shared environments.

Tacking into account that the duration of the experiment was not enough to scientifically support the evidences provided, the contributions that are expected on the longitudinal experiment are: 1) to assess the statistical validity of thesis hypothesis and to strengthen the external validity of the results; 2) attempt to prove that behaviour change is achieved (thus, users in different shared environments and without cues to behave responsibly still are energy efficient, since they have been eco-educated by the eco-aware appliances); 3) prove whether different means of eco-feedback, and specifically that provided by the eco-aware appliances, can reduce barriers to achieve energy-efficiency on the long term such as absent-mindedness, comfort or getting used to the novelty of the appliances' features.

## 4.2 Nudging just-in-time

This experiment, also carried on in the wild, sought to elucidate the most convenient occasion to trigger persuasive cues through technology-based feedback that is effective to promote eco-conscious practises towards sustainability in common-shared spaces. The qualitative analysis performed in this experiment provides a useful set of design implications for technology-enabled sustainable interventions while highlights barriers and positive attributes to decrease the likelihood of disengagement. The qualitative data derived from a short ethnographic study and focus group, was analysed using a Grounded Theory approach (Strauss and Corbin, 1998). The experiment focused on recycling in the university, however we are confident that the knowledge acquired on the data analysis could be extrapolated to other dimensions of sustainability like energy care or energy efficiency.

The early findings of deploying a prototype recycling mobile application called ‘Close the Loop’ (CtL) in a large university canteen space are presented in this section. Mobile devices are a promising and ubiquitous channel for delivering feedback guidance and engagement with daily sustainable behaviours. Smart phones are personal objects, they are normally kept close at hand for a user to readily interact with the surrounding environmental context. Some of these interactions are contextualized outdoors using the built-in GPS sensor. However, GPS is unreliable when used indoors, offering a poor user experience for location purposes. One emerging technology that offers accurate indoor micro-localisation is BLE beaconing (Cavallini, 2015).

The CtL mobile app was designed to nudge users with contextualized feedback throughout the process of buying food items and their subsequent disposal. This system takes advantage of context to convey just-in-time feedback in order to support users’ decision-making at important junctures when disposing their waste. The Just-in-Time (JiT) concept has been covered by sustainable HCI researchers not only for recycling but also for controlling thermostats (Koehler et al., 2010)

and for the efficient operation of everyday consumer appliances such as coffee-makers (see previous section and next chapters).

The novel approach that we aimed in this work was embodied in the design of the CtL app which guides the user by nudging feedback throughout the entire process of buying a product until disposing of it. JiT feedback coupled with iBeacon technology has the potential to strengthen the contextual element of the physical space, which could result in stronger feedback reinforcement.

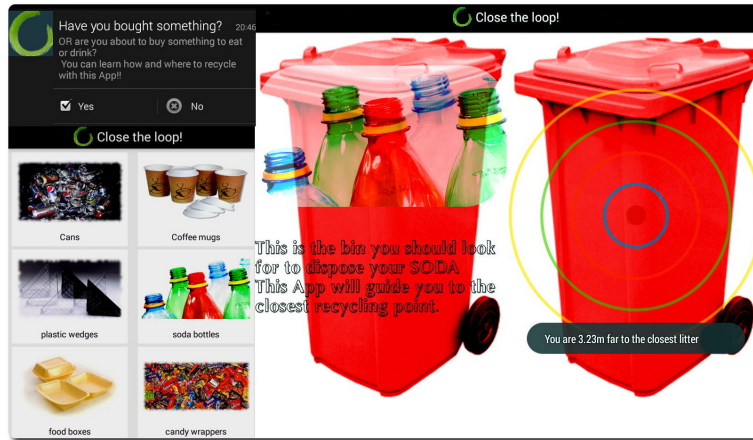
### 4.2.1 Objectives related to the hypothesis

There is scope for the HCI sustainability community to explore the use of iBeacons to raise awareness around sustainability issues, particularly in public and communal spaces. This work presents embryonic research exploring the design of a prototype iBeacon-based sustainability application called ‘Close-the-Loop’. The application builds on previous sustainability and just-in-time feedback research to encourage end-users to engage in recycling behaviours in a large university canteen space. Findings from a focus group and short ethnographic study provide design insights to further develop the prototype to increase engagement with appropriate sustainable practices.

The aim of the study were twofold: 1) investigate the potential effectiveness of JiT feedback and micro-location technologies for a recycling intervention, and 2) analyse qualitative user data from ethnographic and focus group methods to generate robust design insights for future pro-environmental designs and interventions. This latter approach has been used successfully in previous HCI sustainability work (Foster et al., 2012).

### 4.2.2 Procedure

Close the Loop was designed and developed for Android phones with BLE functionality (Android 4.3 onward). It featured a design that builds on previous JiT feedback approach (Koehler et al., 2010). To

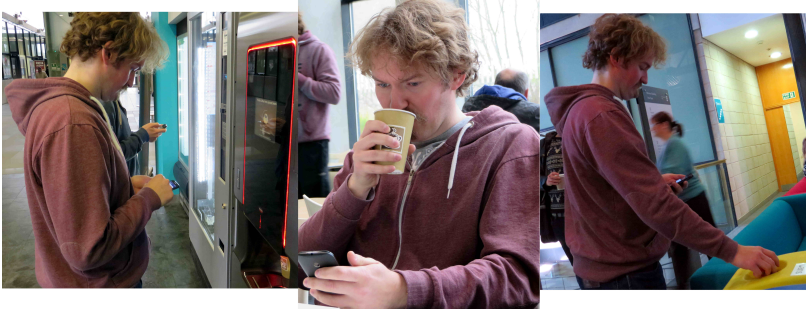


**Figure 4.2:** Four screen-shots of ‘Close the Loop’ app belonging to different steps to guide the end-user to the appropriate recycling bin (in this case the red bin for plastic packages).

enable this feedback, easibeacons<sup>4</sup> were deployed in vending machines and within the canteen’s recycling points. The application ran in the background triggering the first user-notification: “*Have you bought something?*” (top-left screen-shot with black background on Figure 4.2) whenever a user stands in front of an iBeacon-enabled vending machine for a period of time (see left-side of Figure 4.3).

The user is then asked to select the correct packaging of the item bought (see bottom-left pictures of Figure 4.2). Once the packaging is selected (in this figurative case, a plastic-bottle of soda), the application shows the correct bin colour for the item (see middle red-bin of Figure 4.2) displaying also a message that reminds the user that this app will guide them to the recycling point. The application then returns to background running for a pre-set period and eventually it reminds the user to recycle by displaying the location and distance to the closest recycling point. On the right side of Figure 4.2 it can be appreciated a toast message warning the user that is 3.23m close to the red bin. Finally, when the user approaches to the suggested bin which is an

<sup>4</sup><http://www.easibeacon.com/>



**Figure 4.3:** One of the focus group participants interacting with the CtL app in different stages towards closing the recycling loop.

iBeacon-augmented recycling point (see right-side of Figure 4.3), the app praises their sustainable action.

## Ethnography

A short in-the-field study was carried out using the rapid-ethnography method with four participants (Millen, 2000). Each participant was given a mobile phone with the CtL app installed and given instructions on its use whilst situated in a large university canteen area. Participants were given the task of using the app whilst purchasing a drink from either a vending machine or manned cash till. Two researchers facilitated and observed the tasks, interjecting when help was required or when opportunities arose to ask key questions<sup>5</sup>.

## Focus groups

A focus group (see Appendix B, Section B.1 for a explanation of this qualitative data retrieval method) was carried out directly after the rapid-ethnography session with two main activities: 1) discussion

---

<sup>5</sup>Participants were recruited by convenience sampling. Three out of four were laboratory colleagues of the researcher of this thesis. The remaining participant was a student of the university where the experiment was conducted. The four participants were males and engineers that used regularly the facilities of the university canteen.



**Figura 4.4:** Participants sorting and annotating the cards during the cognitive activity.

of the prototype application and the experience of using it, and 2) understanding and discussing the cognitive processes of buying items with subsequent recycling in the canteen space to know when it should be more effective to trigger user notifications. To support the latter activity, a card sorting task was completed that allowed participants to construct a personalised account of their actions when purchasing recyclable items (Nielsen, 1995). Images like that of Figure 4.4 and the session audio were recorded.

### Grounded Theory

Grounded Theory (GT) analysis was applied to produce design insights to enhance the next iteration of the CtL app (in Appendix B, Section B.2 a full explanation of this theory is given). Audio data from the focus group was transcribed and coded by two researchers. Both researchers agreed on the final coding list for inter-rater reliability purposes. A total of 209 conceptual codes at the short sentence level were identified in the open coding stage, with further refinement in the axial coding stage resulting in 6 main category codes containing 51 sub-categories. Each of these 6 categories represents a main design insight theme.



**Figure 4.5:** The six categories around recycling extracted through GT analysis with data from four participants.

### 4.2.3 Analysis and findings

From the GT analysis six main design-insight themes were produced. The themes were *Knowledge*, *Feedback*, *Engagement*, *Barriers*, *Attitudes*, and *Infrastructure*. See Figure 4.5 for an illustration of identified themes. The remainder of this section briefly discusses each of the themes with supporting user quotes from the analysis.

**Knowledge** This theme identified the knowledge and awareness levels participants had of recycling both in the immediate vicinity and at home. Participants voiced some of their colleagues had no awareness of recycling P3: “*Nothing, nothing says that you don’t put paper in here [the bin] or don’t put glass in here*”, and on the topic of food packaging awareness: “*If I was queuing, let’s say for the coffee machine, and I’ve never been here before, I might not know what kind of cup is going to give to me. It could be... plastic or paper*”. This highlights the need for basic recycling information to be displayed prominently that addresses both

infrastructure (i.e. bin colours) and acceptable packaging materials.

**Feedback** Displaying timely feedback throughout the entire process of buying a food item and disposing of the packaging was deemed a crucial attribute for engagement. Careful attention must be paid to temporal periods in terms of displaying notifications, for example time spent looking at vending machines or waiting in queues, P1: *“I lean towards the queuing. Because at that point I definitely know I will buy something. I’m queuing up. So the feedback information would be useful”*. Additionally participants stated the frequency of feedback should taper off if a user regularly recycles.

**Engagement** A number of attributes were evident in the data highlighting the importance of retaining user engagement with the app and recycling in general. Incentives were mentioned as a hook, P2: *“I think what would keep people checking the phone more and using the app more is some kind of point’s rewards system, so you get money off your coffee”*. Personal profiling was also stated as being useful to facilitate tracking of recycling habits over time and to receive tailored feedback.

**Barriers** This was an important theme that underpinned the constraints to recycling in public and communal spaces. Participants expressed frustration at a lack of industry-wide bin standards such as colour, shape and pictorial icons to aid the public in recycling, P3: *“The issue in the university as well, particularly with paper recycling is they have a thin slot, so if you tried to recycle a paper card, it won’t go in”*. The use of pictorial feedback was suggested, P4: *“I notice there is a good example in the library...there is actual colours, as well as big images that show you what needs to go in there [the bin]”*. Visibility and placement of bins was also a crucial factor in carrying out recycling.

**Attitudes** Lifestyle factors were identified as limiting recycling practices. Cooking habits for example could necessitate extra tasks, i.e. washing out glass jars before recycling, P1: *“...a lot of students I know do*

*not recycle. It is partly because they are lazy and don't want to take the time to wash out a jar of sauce or whatever and put it in the recycling bin", and "They don't want to take time to actually like move things into separate bins like in their own house. But then again they don't actually know much about recycling neither, like any knowledge of recycling".* From the data it appears some groups prefer convenience over recycling, which may involve extra tasks such as cleaning, sorting, and going to a distant bin location.

**Infrastructure** Even with the best intentions of carrying out recycling, the environmental infrastructure must be configured to support it. Consistent physical attributes of recycling bins was desirable to allow easy identification of the correct bin for a specific type of waste. Micro-location technologies such as iBeacons could play a valuable role in supporting infrastructure around recycling by enhancing feedback and bin location attributes of a physical space.

#### 4.2.4 Implications to the longitudinal experiment

Our results provide useful design implications for designing and deploying indoor, location-enabled, sustainable interventions. Although this was a small scale study with a low number of participants, it presents early work investigating the use of emerging micro-location technologies adopted for sustainability purposes. Each of the six categories derived from the Grounded Theory analyses represent a thematic design-insight, enabling researchers to build effective sustainability interventions. Some of the presented findings aligned with the work of Prestin and Pearce (2010) in that infrastructure plays a critical role in facilitating, in this case, recycling practices. This highlights the importance that technology alone does not present a one-stop solution to successfully increase sustainable practices. We took this idea into consideration to deploy consistent feedback in each of the coffee-makers instrumented in the longitudinal experiment while leaving to the users the last decision of following or not the advices triggered by the appliances instead of applying automation.

Participants voiced concerns over the disparity between recycling bins at home, and bins in student accommodation and public spaces. Concerns focused on the disconnection from sustainable practices carried out at home, which are not mirrored outside the household context, like universities. This aspect will be also investigated in the longitudinal experiment but focused on energy saving between private spaces and communal or public spaces (e.g. the workplace).

Just-in-time feedback was evaluated propitiously by interviewees as a nudging method to foster sustainable practices. There are evidences that this informative feedback effectively aids to support the decision-making just in the moment to do an action. Therefore, we integrated this contrasted knowledge into the new designs of the eco-aware everyday objects for the longitudinal experiment. Additionally, participants stated the the frequency of feedback should be dynamic or even tapered off if a user adopt the aimed behaviour. The machine learning techniques used to forecast the device usage should also take into account the user profile. To such extend, in the longitudinal experiment we tracked the user performance, besides the group performance, by attaching to their personal mugs a RFID sticker and installing a RFID reader leveraged into the coffee-makers. Whenever the action of preparing a coffee was detected, the data were logged for further processing.

## 4.3 Conclusions

In this chapter, the ‘Pre-pilot’ and ‘Nudging just-in-time’ experiments were presented. The former experiment can be considered as the seed or the early version of the longitudinal experiment which is explained in next chapters. Pre-pilot experiment sought to obtain early insights about the design of the eco-aware everyday things. However, more than that, the experiment shed light on the role of the eco-aware designs to be a persuasive source towards sustainable behaviour change. On this matter, two aspects of the persuasive process were explored: 1) the eco-aware appliances as an authoritative source, and 2) the eco-aware appliances as a work teammate that jointly collaborate to attain

energy efficiency.

The latter experiment sought to elucidate the context in which the technology-based feedback should be delivered to effectively promote eco-conscious practises towards sustainability in communal spaces. It takes advantage of context to convey just-in-time feedback in order to support users' decision-making at important junctures when disposing their waste. This experiment was pivotal to better understand the context in which sustainable actions are performed as well as the people mindsets towards carrying out these eco-practises supported by technology.

The outputs from both experiments are used as valuable inputs for the designing of the longitudinal experiment which is described and analysed in the next two chapters.



# 5

## Experimento Longitudinal

### Diseño y evaluación energética

---

Concluidos los dos experimentos iniciales, se propuso realizar un estudio de larga duración en base a dos premisas. La primera, que se pudiesen reforzar las conclusiones obtenidas en los experimentos previos. La segunda, que se pudiese profundizar aún más en la capacidad de los dispositivos *eco-aware* para fomentar mayor concienciación y cambio de comportamiento en torno a la eficiencia energética en el ámbito laboral. A continuación, se enumeran las conclusiones obtenidas en los experimentos *'pre-pilot'* y *'nudging just-in-time'*. Estas conclusiones se toman como base para el diseño experimental del nuevo estudio que se describe en este capítulo:

1. Las simulaciones obtenidas a través de aprendizaje máquina (método propuesto en la sección 3.3 y cuya descripción teórica se encuentra en el anexo A), demuestran que la energía consumida por la cafetera es menor aplicando automatización mediante técnicas predictivas de *soft computing* que dejando que los usuarios la usen libremente. Más revelador aún es que dicho método de aprendizaje

provee mayor eficiencia energética que los modos ‘eco’<sup>1</sup>.

2. Las interfaces visuales físicas acopladas a los dispositivos eléctricos de uso compartido (en nuestro caso a las cafeteras) demuestran ser métodos de interacción con un gran potencial para fomentar una mayor concienciación energética dentro de espacios comunes como es el ámbito laboral.
3. Se aportan evidencias que nos llevan a considerar que las personas que interaccionan con objetos electrónicos instrumentados para ser *eco-aware* les atribuyen un mayor grado de interdependencia y aceptabilidad que las personas que lo hacen con objetos que únicamente proveen *eco-feedback* informativo. A mayor grado de interdependencia, más se está abierto a la influencia del dispositivo y se piensa con más firmeza que la información que provee el electrodoméstico es de mejor calidad.
4. Se tienen indicios para pensar que el *feedback* provisto por un dispositivo a un usuario es más efectivo si se ofrece justo en el momento de realizar cierta acción (condición *eco-aware*), que si este se ofrece aplazado en el tiempo (condición *dashboard*). En la línea de los procesos de aprendizaje, sugestionar o estimular al usuario mediante primado (*priming*) a través de *eco-feedback* para que realice una determinada acción, resulta ser un método potencialmente efectivo para conseguir el comportamiento pro-ambiental deseado.

Resumidas las conclusiones de los experimentos previos, a continuación se presenta el diseño de un estudio de tipo longitudinal que es de interés fundamental para poder validar la hipótesis principal planteada en esta tesis doctoral. Téngase en cuenta que, en lo que a cambio de comportamiento se refiere, no sería posible realizar una valoración fidedigna de los resultados si el estudio no hubiese tenido una duración

---

<sup>1</sup>Estos modos de funcionamiento eficiente son provistos de serie por los fabricantes de los nuevos electrodomésticos que encontramos en el mercado.

---

suficiente. Algunos psicólogos estiman que se precisan entre 40 y 80 días para inducir un nuevo comportamiento (Philippa et al., 2010)<sup>2</sup>.

De acuerdo con Karapanos et al. (2012), un estudio longitudinal no es simplemente un estudio cualitativo alargado en el tiempo. Un estudio longitudinal se realiza para captar las dinámicas cotidianas que pueden surgir de forma esporádica y que son difíciles de recoger si la duración del experimento es limitada (como fue el caso de los experimentos iniciales).

En los estudios longitudinales desarrollados en el ámbito de la interacción persona-computador (HCI), se puede obtener la forma en la que las personas cambian su manera de pensar o incluso su comportamiento por el simple hecho de interactuar con tecnología (Karapanos et al., 2012). Como se verá en las diferentes secciones de este estudio, la investigación longitudinal conlleva dificultades y riesgos. Sin embargo, el potencial de los resultados que se puede obtener equilibra la balanza en favor de realizar la experimentación.

Repasadas las conclusiones obtenidas en los experimentos iniciales y contextualizado el tipo de investigación que se va a realizar, se pasa a resumir el contenido del presente capítulo: *1)* se enuncian los objetivos del estudio longitudinal de acuerdo con la hipótesis establecida; *2)* se detallan los antecedentes del diseño experimental empírico: reclutamiento, incentivación, ética, abandono, consentimiento informado, etc.; y *3)* se ofrece el análisis de los datos energéticos recogidos en el experimento.

---

<sup>2</sup>Es importante subrayar que no todos los comportamientos son iguales. En ocasiones, las acciones más simples, como cerrar el grifo mientras uno se lava los dientes, precisan menos tiempo para su adopción. Mientras que las tareas más complejas, como podría ser cambiar los hábitos alimenticios, requieren de más tiempo y esfuerzo. Según Wood et al. (2007), si la tarea a adoptar es compleja, pero se realiza siempre en el mismo espacio (como es el caso de las cafeteras), es posible que esta se adopte rápidamente no tanto por realizar la tarea de forma repetitiva, sino más bien por el proceso de automatización de conseguir un objetivo determinado.

## 5.1 Objetivos en relación con las hipótesis

Con este estudio se pretende evaluar tres condiciones experimentales para discernir cuál de ellas es la más efectiva para reducir la energía empleada en la realización de una tarea sencilla como es manejar eficientemente una cafetera eléctrica de uso compartido. Con otras palabras más cercanas a las ciencias cognitivas, se persigue validar cuál de las tres condiciones experimentales presenta una mayor influencia o efecto sobre el comportamiento deseado, que en este caso es reducir la energía consumida.

Las tres condiciones a evaluar son:

- C1. Automatización completa (*automation*):** las máquinas de café deciden de forma autónoma cómo maximizar la eficiencia energética y liberan a los usuarios de la tarea de tener que discernir entre dejar la cafetera encendida o apagada. Este condicionamiento sigue el principio de la complacencia automatizada descrito por Carr (2014). Para llevarla a cabo, se aplicó el método predictivo descrito en el anexo A.
- C2. *Dashboard*:** interacción con el usuario basada en proveer información a través de una web sobre el consumo energético de la cafetera tanto a nivel individual como grupal. El objetivo de esta condición es que son las personas provistas de dicha información las que han de tomar las decisiones en torno a la eficiencia con la cafetera (modelo de elección racional, ver la sección 2.2.1.1).
- C3. Aproximación híbrida, *eco-aware*:** los módulos de monitorización y predicción adheridos a la cafetera son capaces de inferir cuándo es conveniente dejar el dispositivo apagado o encendido y además, hacen llegar esta información a los usuarios en el momento de realizar la acción. Provistas de esta información, las personas que usan la cafetera saben como usar el pequeño electrodoméstico de forma eficiente y por tanto la decisión última de, o bien seguir la acción sugerida por la cafetera o bien ignorarla. Esta forma de

interacción basada en interacción leve, a menudo invisible, para incentivarnos sin mermar nuestra libertad de elección se denomina en inglés *'nudging'* (Thaler and Sunstein, 2008).

La hipótesis de partida es que serán las cafeteras instrumentadas con el tratamiento *eco-aware* las que consigan, en beneficio del grupo que las utilice, el mayor grado de eficiencia energética, y por tanto, las que hayan inducido un mayor cambio de comportamiento del grupo para que realice tareas más respetuosas con el medio ambiente.

Además, se espera, y para ello se evaluará, que el cambio de comportamiento sea mantenido en el tiempo una vez desaparezcan las condiciones experimentales.

De acuerdo con Intille (2004), las interfaces tecnológicas que fomenten el cambio de comportamiento mediante interacción provista justo en el momento de realizar la acción deberían, además, promover un cambio de actitud pro-ambiental para asegurar que el comportamiento se mantiene a largo plazo. Por lo tanto, desde un punto de vista exploratorio, este estudio pretende evaluar si la condición experimental *eco-aware* se ajusta, al menos parcialmente, a la Teoría del Comportamiento Planificado (TCP) de Ajzen (1991). Teoría que ya se analizó en la sección 2.2.1.1 y que está englobada dentro de los modelos actitudinales-intencionales.

Para ello, de acuerdo con la teoría propuesta por Ajzen<sup>3</sup>, se realizan los pasos siguientes:

1. Se miden las actitudes y las intenciones pro-ambientales mediante el uso de cuestionarios obtenidos de la literatura antes de comenzar el estudio y una vez concluido este (la descripción de los cuestionarios se encuentra en el anexo C).
2. Se infiere el comportamiento a través de las medidas energéticas obtenidas para validar la hipótesis principal. A mayor eficiencia

---

<sup>3</sup>Sirva como recordatorio que esta teoría considera que el comportamiento viene determinado por las intenciones y estas, a su vez, por el control percibido del comportamiento, las normas subjetivas y las actitudes hacia dicho comportamiento.

conseguida, se entiende que se constata el cambio de comportamiento. Inferir el comportamiento a partir de medidas reales es una práctica muy importante para el área de estudio. Ya que en la literatura de psicología ambiental, se encuentra un uso mayoritario de las autoevaluaciones o autoinformes para valorar si se ha realizado o no un comportamiento dado. Además, de acuerdo con Corral-Verdugo (1997), es importante medir el comportamiento de una forma objetiva ya que hay una gran diferencia entre lo que se dice y se hace en el ámbito de la conservación ambiental.

3. Se usa como variable independiente el constructo del control percibido sobre el comportamiento deseado. Para ello, se parte de la asunción de que las tres condiciones experimentales ponderan la percepción de los sujetos sobre la facilidad o la dificultad de realizar el comportamiento bajo estudio o de su intención de realizarlo<sup>4</sup>. A pesar de no medir el control percibido cuantitativamente, este constructo se evalúa indirectamente a través de entrevistas con los sujetos participantes.
4. Las normas subjetivas son las creencias del sujeto sobre si otra(s) persona(s) querría(n) o no llevar a cabo el comportamiento que se pretende inducir - o si esa(s) persona(s) opina(n) que el sujeto debería realizarlo o no. Esta medida que queda ponderada por la afinidad establecida entre la(s) persona(s) en cuestión y el sujeto. Sin embargo, se decidió no medir este constructo por dos razones: la primera es que el comportamiento pro-ambiental está considerado de alta deseabilidad social y por consiguiente los auto-informes suelen presentar sesgo (Fisher, 1993; Corral-Verdugo, 1997). La segunda es que se ha demostrado que este constructo es muy dependiente del contexto y que su eficacia fluctúa en función de como se mide. En un meta-análisis sobre la aplicación de TCP en 185 estudios realizado por Armitage y Conner (2001), se consideró que las razones expuestas anteriormente hacen que el constructo

---

<sup>4</sup>A pesar de que todos los sujetos quisiesen utilizar la cafetera de forma eficiente, cada una de las condiciones experimentales les ofrecen una interacción diferente que o bien les facilita, les dificulta o les imposibilita la acción que desean realizar

ofrezca poca fiabilidad como variable explicativa o predictiva de las intenciones.

El estudio que aquí se presenta nos permitirá aportar evidencias sobre si las condiciones puestas a prueba para modificar una conducta de eficiencia energética específica, tienen influencia directa sobre las actitudes pro-ambientales de los sujetos y sobre las intenciones de estos para ser más sostenibles. La hipótesis de partida nos lleva a pensar que sería factible encontrar una relación entre ambas variables. Sin embargo, a tenor de las grandes diferencias existentes entre promover una conducta específica y observar cambios en las actitudes e intenciones ambientales a escala general, los resultados se tomarán como posibles patrones o guías de diseño para fomentar cambio pro-ambiental, actitudinal o conductual, y no como verdades absolutas o analíticas (En el capítulo 7, sección 7.3.1 se discutirán las limitaciones de los resultados).

Por último, a través de un estudio cualitativo con grupos focales, se extraen las experiencias subjetivas de los usuarios que interaccionaron con las diferentes condiciones instaladas. Usando como método de análisis la Teoría Fundamentada (*Grounded Theory*) de Glaser y Strauss (1967) se pretende: 1) aportar más evidencias que ayuden a reforzar la hipótesis contrastada cuantitativamente; 2) elaborar un conjunto de patrones de diseño a tener en cuenta en la concepción de los futuros objetos inteligentes que pretendan cambiar el comportamiento pro-ambiental de personas en espacios compartidos. Este diseño de partida se puede equiparar con la generación de una teoría incipiente para el diseño de objetos *eco-aware*.

## 5.2 Participantes y reclutamiento

Para validar los objetivos propuestos en esta fase experimental, se planteó un experimento con el que llegar a un número suficiente de personas que permitiese contrarrestar las amenazas inherentes de los estudios longitudinales con respecto a la validez externa e interna de los resultados (Slack and Reiersen-Draugalis, 2001). En este aspecto, la

mayor amenaza es la muerte experimental. Es decir, el abandono de los sujetos bajo estudio en alguna de las fases experimentales, que no haría sino rebajar la validez de las conclusiones halladas en el experimento.

La búsqueda de grupos de trabajo para la investigación se realizó mediante el método de ‘bola de nieve’ (Goodman, 1961). Se comenzó haciendo un repaso entre los contactos y amistades que trabajasen en centros acordes con las siguientes características:

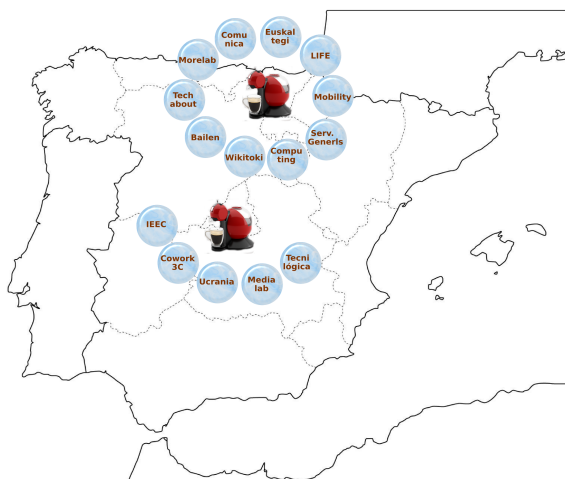
1. que hubiese una cafetera eléctrica compartida por los trabajadores;
2. que hubiese un mínimo de tres personas que utilizaran la cafetera cotidianamente en el trabajo;
3. que se pudiese modificar el hardware y carcasa del pequeño electrodoméstico acoplándole módulos electrónicos de monitorización de datos y de interacción;
4. que hubiese conexión a Internet, a poder ser, cerca de la zona en la que estaba la cafetera.

Además, se valoró también que los grupos reclutados perteneciesen a ciudades en diversos puntos geográficos para aumentar la validez externa de las conclusiones del experimento (Slack and Reiersen-Draugalis, 2001).

Concluida la primera ronda de reclutamiento, se consiguió la participación de 13 grupos distribuidos entre dos ciudades: Madrid y Bilbao. El nombre de cada uno de estos grupos es<sup>5</sup>: ‘Morelab’, ‘Mobility’, ‘Life’, ‘Computing’, ‘Serv. Generales’, ‘Comunica’, ‘Euskaltegi’, ‘Techabout’, ‘Bailen’ y ‘Wikitoki’ por la parte de Bilbao; y ‘Medialab’, ‘Ucrania’ e ‘IEEC’ establecidos en Madrid.

---

<sup>5</sup>El nombre corresponde con el nombre original de cada grupo reclutado. A pesar de que no se usen nombres ficticios, en esta tesis doctoral no se incluyen datos de los trabajadores de cada uno de los centros laborales. De hecho, se pretende describir únicamente los rasgos generales sobre el conjunto del grupo y nunca sobre los integrantes.



**Figura 5.1:** Distribución geográfica de las cafeteras estudiadas.

El día que el equipo investigador se desplazó a Madrid a instalar los dispositivos de monitorización en las tres cafeteras, los integrantes del grupo ‘Medialab’ nos invitaron a dar una charla sobre el experimento que íbamos a comenzar<sup>6</sup>. Se aprovechó la afluencia de participantes para reclutar nuevos grupos que cumplieren con las características previamente descritas consiguiéndose que dos nuevos centros de trabajo se unieran al experimento: ‘Cowork3C’ en Tres Cantos (Madrid) y ‘Tecnológica’ en la villa de Madrid.

En la tabla 5.1 se describe el número de integrantes de cada grupo de trabajo que toma café y que son potenciales candidatos para formar parte del experimento, el tipo de cafetera que había en cada espacio y el tipo de centro de trabajo. Además, en la figura 5.1 se muestran todos estos grupos ubicados geográficamente sobre el mapa estatal. La descripción socio-demográfica de cada uno de los grupos reclutados se ofrece en el apéndice D.

<sup>6</sup>El evento fue promocionado por el grupo *IoT meetup* de Madrid. La información y fotos de aquel día se pueden consultar en la siguiente url: <http://www.meetup.com/es-ES/iotmadrid/events/184341762/>

	Modelo cafetera	Tipo de centro	Participantes
Bailen	Nespresso Essenza	Coworking	8
Comunica	Dolce gusto piccolo	Oficina administrativa	8
Computing	Nespresso leCube	Grupo de investigación	4
Cowork3C	Nespresso pixie	Coworking	5
Euskaltegi	Philips Senseo	Oficina Administrativa	6
IEEC	Dolce gusto melody	Grupo de investigación	4
Life	Dolce gusto melody	Grupo de investigación	12
Medialab	Dolce gusto melody	Grupo de investigación	6
Mobility	Dolce gusto piccolo	Grupo de investigación	15
Morelab	Dolce gusto melody	Grupo de investigación	9
Serv. Generales	Dolce gusto melody	Oficina administrativa	3
Techabout	Nespresso Essenza XN	PYME tecnológica	4
Tecnológica	Nespresso Zenius	PYME tecnológica	23
Ucrania	De goteo	Coworking	6
Wikitoki	De goteo	Coworking	9
<b>TOTAL</b>			<b>122</b>

**Tabla 5.1:** Relación de grupos que formaron parte del experimento, modelo de cafetera y número estimado de personas por grupo que tomaban café.

Que hubiese quince grupos con unas 122 personas candidatas a formar parte del experimento, no significa que todas ellas lo fuesen a hacer. Con el fin de atraer el interés del máximo número, el día que el equipo investigador se desplazaba a cada uno de los espacios de trabajo, se explicaba a todo el grupo que se realizaría un sorteo al finalizar el experimento entre todas las personas participantes que completaran la



**Figura 5.2:** Regalos propuestos a los participantes como incentivo por participar en el experimento. A la izquierda, en negro, un termostato inteligente NEST. A la derecha, en blanco, un kit domótico Wattio.

totalidad del estudio. El premio a sortear lo debían decidir los propios usuarios de la cafetera. Para ello se les ofrecieron dos propuestas. Por un lado, un kit de medición inteligente<sup>7</sup>; por otro lado, un termostato inteligente<sup>8</sup> (ambos regalos se pueden observar en la figura 5.2). El voto de cada participante a uno u otro producto se podría hacer a través de una página web creada para el experimento.

Además, en esa misma página web se le mostraba al participante un documento con la explicación de todas las fases del experimento, el desglose del tipo de datos que se obtendría y en general todos los detalles del proceso de investigación a un año vista, pero sin desvelar el objetivo de este. Los participantes debían leer y dar su consentimiento informado a este texto para poder participar en el estudio. En el apéndice C se incluye dicho documento.

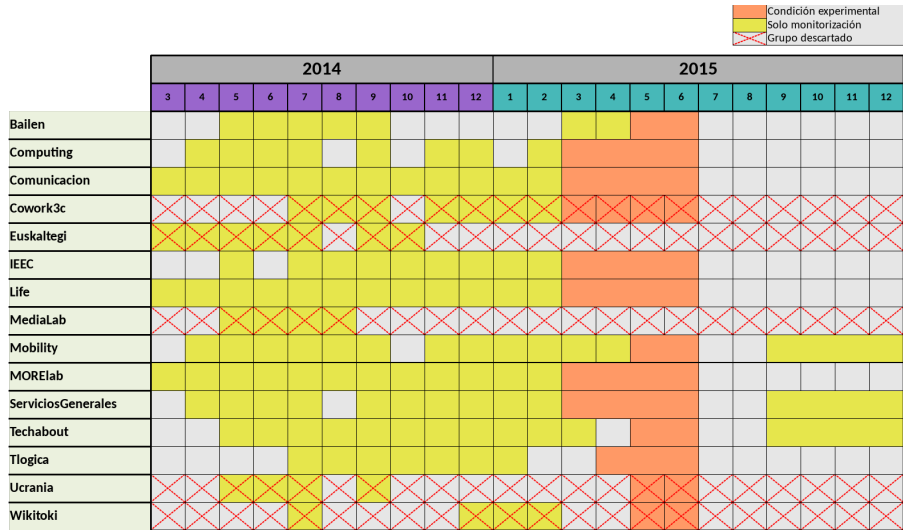
## 5.3 Duración y fases del experimento

El experimento tuvo una duración de 22 meses, medidos desde el momento en el que se comenzaron a obtener los datos energéticos de las primeras cafeteras (marzo del 2014 - mes representado con un 3 en color violeta en la tabla 5.2), hasta la fecha en la que se retiraron los dispositivos adicionales instalados en las cafeteras de ‘Techabout, Serv.

<sup>7</sup><https://wattio.com>

<sup>8</sup><https://nest.com/thermostat/meet-nest-thermostat/>

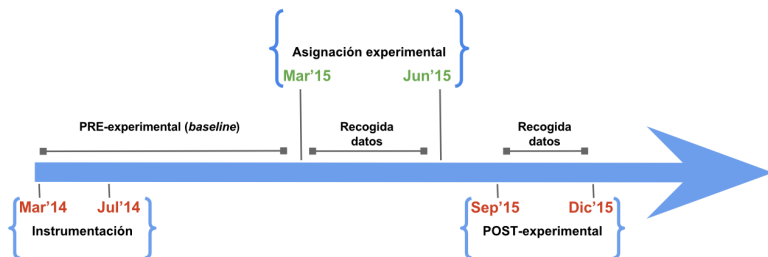
Generales y Mobility' (diciembre del 2015 - mes representado con un 12 en color turquesa en la tabla 5.2).



**Tabla 5.2:** Cronograma de las fases del experimento para cada una de las cafeteras a lo largo de 22 meses.

En dicha tabla se pueden apreciar varios aspectos:

- los dispositivos para monitorizar la energía de las cafeteras quedaron instalados en su totalidad entre los meses de mayo y julio del 2014;
- desde julio del 2014 hasta principios del 2015 se realizó la fase Pre-experimental en la que únicamente se recogió la energía y el modo en el que se usaban las cafeteras (los huecos en blanco en algunos de los grupos experimentales son debidos a problemas técnicos en la recogida de datos);
- a partir de marzo del 2015 se comienzan a introducir las condiciones experimentales asignadas a cada uno de los grupos y que estuvieron operativas entre tres y cuatro meses (celdas naranjas);



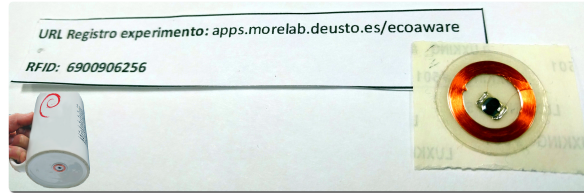
**Figura 5.3:** Fases del experimento longitudinal a través de su eje temporal.

- tres grupos de trabajo tuvieron una última fase Post-experimental entre septiembre y diciembre del 2015 (de nuevo, esta fase se marca en la figura con las celdas en amarillo ya que solo se monitoriza el consumo energético de las cafeteras sin interacción alguna);
- cinco de los quince grupos han sido excluidos del análisis de datos cuantitativos por muerte experimental<sup>9</sup> (grupos marcados con un aspa roja en la tabla).

Mediante la ilustración del cronograma se pretende facilitar la comprensión sobre cómo ha ido aconteciendo el experimento en cada uno de los grupos bajo estudio. De la misma manera, la figura 5.3 muestra los eventos principales del estudio a lo largo del eje temporal.

Con el fin de profundizar más en cada una de estas fases, a continuación se detalla el nombre de cada una de ellas y se desgrena en

<sup>9</sup>Las causas de la muerte experimental fueron debidas bien a problemas técnicos en la recogida de energía, bien por factores logísticos fuera del control del investigador. A pesar de que no se pudo obtener información energética de los grupos 'Wikitoki' y 'Ucrania' durante todo el experimento, los usuarios de estas cafeteras completaron las encuestas realizadas. Por tanto, se les excluye del análisis cuantitativo pero son incluidos en el apartado de resultados estadísticos. 'Cowork3C' es un caso particular, pues realizó todas las fases del experimento, pero solo había un usuario usando la cafetera y por tanto se decidió descartarlo. 'Euskaltegi' cambió de ubicación física a mitad del experimento y no fue posible monitorizar el nuevo espacio. Por último, en 'MediaLab' sufrió una sobrecarga de tensión y dañó irreparablemente los dispositivos acoplados y la cafetera.



**Figura 5.4:** Papel entregado a cada participante con la URL de la web de registro y el ID personal asociado al RFID adhesivo para pegar en la parte inferior de la taza.

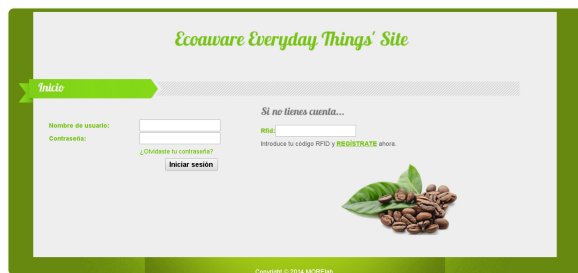
qué consisten. La descripción de las fases comienza en el momento en el que los sujetos ya han sido reclutados, por lo tanto, esta tarea previa se excluye del elenco que se presenta a continuación.

### 5.3.1 Fase Pre-experimental

Esta fase, que se extiende durante un año (de marzo del 2014 hasta febrero del 2015), es la más duradera de las tres que completan todo el experimento. El periodo Pre-experimental está marcado por la instrumentación de cada una de las cafeteras distribuidas entre Bilbao, Madrid capital y la periferia.

Recordemos que instrumentar una cafetera consiste en acoplar al pequeño electrodoméstico un *eco-adaptor* que permita enviar datos energéticos al servidor remoto y recibir de este las predicciones de funcionamiento semanales para cada uno de los dispositivos (Capítulo 3, sección 3.4).

Una vez que se dejaban instalados los módulos de recogida y envío de datos, se reunía a los participantes de cada uno de los grupos para explicarles que su cafetera estaba recogiendo datos energéticos y que la tenían que utilizar de forma habitual. A continuación se distribuía una pegatina RFID y un papel a cada persona como los que se muestran en la figura 5.4. Se explicaba que el RFID era adhesivo porque debía ser pegado en la parte inferior de las tazas de café o té de uso personal. Como se puede apreciar en la figura, en el papel entregado se indicaba la URL a una página web que fue creada para gestionar los registros de participantes, así como un identificador personal que coincidía con



**Figura 5.5:** Página principal de la web creada para realizar el registro en el experimento<sup>10</sup>.

el identificador único del RFID entregado. Una vez realizado el reparto, se indicaba a los participantes que debían acceder a la web y registrarse para que diese comienzo el experimento. En la figura 5.5 se muestra una captura de la página principal de la web. Como se puede observar, en la parte derecha de la imagen hay un campo de registro que invita al usuario a introducir el identificador del RFID para registrarse.

Uno de los requisitos previos para participar en el experimento era contestar a una serie de preguntas pertenecientes a dos cuestionarios. Dichos cuestionarios estaban planteados para ser contestados en dos ocasiones separadas en el tiempo, siendo esta fase la primera toma de contacto con la batería de preguntas. Se aprovechó la infraestructura creada para inscribirse en el experimento como medio de recogida de respuestas. Por tanto, una vez que los usuarios introducían su identificador personal, la web les guiaba por una serie de formularios. En total fueron 41 preguntas repartidas de la siguiente manera: 4 preguntas para obtener un perfil del participante; 1 pregunta en la que se les informaba sobre los dos posibles regalos a los que optaban por participar en el experimento; 24 preguntas de tipo Likert pertenecientes a un cuestionario que evalúa las actitudes pro-ambientales de los participantes (*Environmental Attitudes Inventory (EAI)* (Milfont and Duckitt, 2010)); y 12 preguntas de tipo Likert pertenecientes al cuestionario que evalúa el estado o las fases del cambio en el que estaba cada uno de los participantes respecto a la intención de cambio de comportamiento pro-ambiental: 'Precontemplación', 'Contemplación' o 'Acción' (usando

para ello el cuestionario *Pro-Environmental Readiness to Change Questionnaire* (PE-RTC) (Tribble, 2008))<sup>11</sup>.

La fase Pre-experimental concluye, por un lado, con la la captación continuada de los datos energéticos de cada una de las 15 cafeteras instrumentadas hasta los primeros meses del año 2015 y, por otro lado, con el análisis de similitud realizado entre los quince grupos participantes. Este análisis, que se detalla por completo en el apéndice D, busca clasificar mediante técnicas multivariantes a los grupos participantes en bloques homogéneos. Para ello se utilizan los datos recogidos a través de la web de registro (datos de tipo socio-demográfico, datos de consumo de café, perfil de los grupos, etc.).

### 5.3.2 Fase Experimental

El principal evento de la segunda fase, fue el despliegue y puesta en marcha de los mecanismos de interacción en cada uno de los trece grupos que, a principios del 2015, continuaban participando en el experimento<sup>12</sup>.

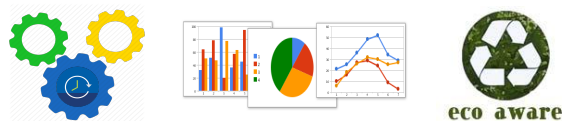
Para poder comenzar con esta fase experimental, era condición previa que se realizase la asignación de los tres mecanismos de interacción a cada uno de los grupos estudiados. La asignación, que se realizó de forma aleatoria, pretendió que todas las condiciones experimentales estuviesen presentes en cada uno de los bloques de similitud. Con el fin de que no hubiese dos grupos con igual condición experimental en cada bloque, se descartaba la condición experimental una vez era asignada a un grupo. En el siguiente capítulo se provee información del resultado final de la asignación.

Recordemos, que las tres condiciones a evaluación (ver figura 5.6) fueron: 1) la automatización total del pequeño electrodoméstico (*automation*). La condición tiene la finalidad de que los usuarios no tengan

---

<sup>11</sup>Los cuestionarios EAI y PE-RTC fueron escogidos por ser instrumentos validados por la comunidad científica. Ambos cuestionarios presentan fiabilidad y consistencia interna a la hora de medir los constructos que subyacen a través de los *items* de los que consta cada uno de ellos.

<sup>12</sup>‘Medialab’ y ‘Euskaltegi’ abandonaron el experimento en la fase anterior.



**Figura 5.6:** Logotipos utilizados en la documentación de la tesis para diferenciar las tres condiciones experimentales: *automation*, *dashboard* y *eco-aware*.

que pensar en si es conveniente o no apagar el dispositivo después de su utilización; 2) la visualización de datos de consumo energético a través de una web (*dashboard*) donde se espera que los usuarios sean más eficientes a la hora de usar la cafetera gracias a tener un control racional sobre el uso que se hace del dispositivo mediante gráficas accesibles desde una web creada para el experimento; 3) la interacción directa con el usuario en el momento de tomar café por medio de mecanismos visuales instalados dentro del pequeño electrodoméstico (*eco-aware*).

La obtención de información energética con las condiciones experimentales ya desplegadas comienza en marzo del 2015 y culmina en julio del mismo año con la retirada de los módulos de interacción tanto *hardware* como *software* (véase la tabla 5.2 y la figura 5.3).

Los datos recogidos durante este espacio temporal son utilizados para comparar la eficiencia energética de cada grupo con respecto a los datos obtenidos en la fase de Pre-experimental. Las comparativas de estos datos se ofrecen en la sección 5.6.

### 5.3.3 Fase Post-experimental

A finales de junio del 2015, se comunicó a los participantes vía correo electrónico que el experimento tocaba a su fin. En el correo se les proponía una serie de fechas en las que el equipo investigador podría desplazarse a su lugar de trabajo para, por un lado, retirar toda la electrónica desplegada, y por otro, reunirse con algunos de los participantes

para realizar entrevistas grupales con la técnica de extracción de datos cualitativa denominada: grupo de discusión.

Además, en el correo electrónico se les instaba a que entraran de nuevo en la página web creada para el experimento (ver figura 5.5) con la finalidad de volver a contestar las 36 preguntas de los dos cuestionarios EAI y PE-RTC.

Una vez obtenidos los datos de las encuestas de la fase Pre y los recogidos al finalizar la fase Experimental, se pasó a realizar una limpieza de datos con los siguientes objetivos: por un lado, eliminar las respuestas de los participantes que no completaron el total de alguna de las dos fases de cumplimentación de los cuestionarios; por otro lado, eliminar todas las respuestas pertenecientes a los grupos que no concluyeron el experimento por muerte experimental; por último, detectar posibles sesgos o resultados nulos en las respuestas obtenidas en cada una de las dos fases.

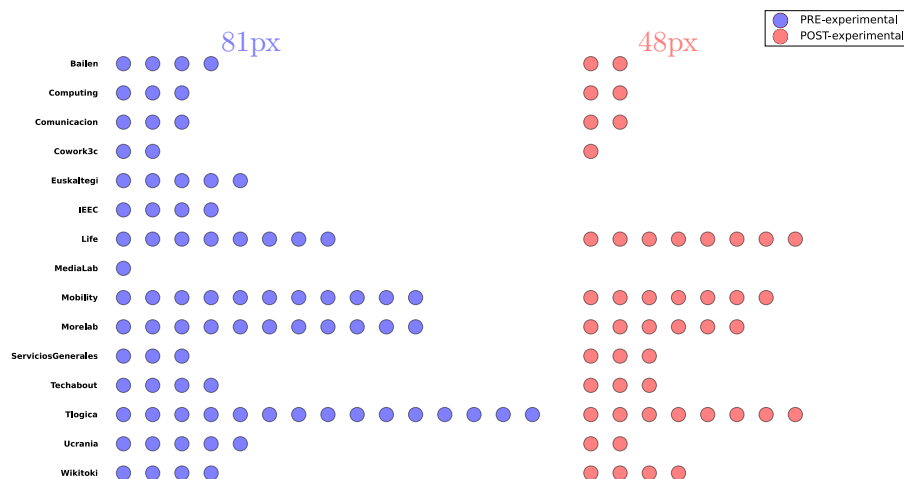
Realizada la limpieza de datos, se contabilizaron 81 participantes en la fase Pre-experimental y 48 participantes al finalizar la fase Post-experimental (ver figura 5.7).

Completadas por segunda vez las respuestas de los participantes a los cuestionarios, se retiraron los módulos de interacción y de recogida de datos de todas las cafeteras estudiadas a excepción de tres: ‘Mobility’, ‘Serv. Generales’ y ‘Techabout’, donde sólo se recogió el módulo de interacción<sup>13</sup>. En estos tres casos se mantuvo la obtención de datos energética con la finalidad de evaluar cómo se comportaban los sujetos bajo estudio una vez que las condiciones experimentales desaparecían y se volvía al estado inicial. Se decidió no notificar a los participantes de estos tres grupos la continuidad en el experimento para no influir en su comportamiento ya que en algunos casos, durante el trascurso de las entrevistas grupales, se reveló la intención de la investigación.

La fase Post-experimental terminó en diciembre del 2015 con la retirada de los módulos de de recogida de datos energéticos en los tres espacios previamente citados y con el volcado de todos los datos reco-

---

<sup>13</sup>La elección de estos tres grupos se determinó de forma aleatoria entre los grupos que estaban cercanos geográficamente al equipo investigador.



**Figura 5.7:** Número de participantes que completaron los cuestionarios en la fase Pre-experimental (izquierda) y una vez acabado el experimento (derecha) para cada uno de los grupos de trabajo .

gidos de la base de datos remota a nuestro repositorio local.

## 5.4 Herramientas de investigación

Para la realización de este experimento se utilizaron un extenso conjunto de materiales y herramientas tanto *hardware* como *software* (ver Capítulo 3, sección 3.4). A continuación se destacan las que se consideran más relevantes para comprender la dimensión del experimento.

Los módulos comunes a todos los grupos participantes son los que a continuación se describen:

- el módulo físico de recogida de datos energéticos (*eco-adaptor*);
- la infraestructura de comunicación entre las cafeteras y el servidor principal;
- el módulo de registro web y acceso a los cuestionarios. Este módulo

fue introducido en la descripción de las fases experimentales a través de la explicación de su utilidad y mediante capturas de pantalla (figura 5.5). A nivel técnico, el módulo se ha desarrollado con el *framework* de desarrollo web de código abierto Django<sup>14</sup>;

- el módulo de almacenamiento de todos los datos de registro de cada participante, de las respuestas a los cuestionarios y de las variables usadas en la web. El desarrollo de este módulo está hecho en Python contra una base de datos MySQL<sup>15</sup> que es un sistema de gestión de BD de tipo relacional y de código abierto.

Los módulos de interacción fueron diferentes en cada uno de los dispositivos. A los grupos bajo la condición experimental *automation* se les acopló la circuitería explicada en la sección 3.2.1.

A los que interaccionaron con cafeteras catalogadas como *eco-aware*, se les acopló un módulo de interacción visual. Dependiendo del grado en que se nos permitía manipular la cafetera, estos módulos fueron instalados de forma externa (en el posavasos a los grupos ‘Techabout’, ‘Tecnológica’ y ‘Bailén’) e interna (interacción empotrada en el propio dispositivo al grupo ‘Mobility’). Ambas interacciones fueron explicadas con detalle en las secciones 3.5.1.2 y 3.5.1.1 respectivamente.

Por último, a los cinco grupos sometidos a la condición experimental *dashboard* no se les acopló ningún módulo físico, sino que se les ofreció poder ver sus gráficas de consumo a través de la web creada para el experimento. Las gráficas de consumo, como las que fueron mostradas en la figura 3.15, se desarrollaron con la aplicación de Google para realizar estadísticas web: Google Charts<sup>16</sup>.

---

<sup>14</sup><http://django.es/>

<sup>15</sup><http://www.mysql.com/>

<sup>16</sup><https://developers.google.com/chart/>

## 5.5 Metodología de análisis energético

Al finalizar el experimento longitudinal (diciembre 2015) se contaron con 2 Gigabytes (GB) de datos almacenados relativos a la energía consumida por cada una de las 15 cafeteras que fueron monitorizadas en algún momento del estudio. Teniendo en cuenta que cada uno de los documentos JSON relacionados con consumo energético ocupa unos 250 bytes en la Base de Datos desplegada para el experimento (ver el modelo de datos en la figura 3.7 del capítulo 3), se puede concluir que se han almacenado en torno a 8 millones de documentos explicativos de la forma en la que se han usado las cafeteras estudiadas.

Los datos recogidos nos permitieron etiquetar los diferentes tipos de consumos realizados en cada cafetera a lo largo de 18 meses de experimentación como consumos eficientes ( $E_{eficiente}$ ) y consumos innecesarios ( $E_{desperdiciada}$ ). Más importante aún es que con estos datos se pueden realizar comparativas entre los tipos de consumo de cada grupo a lo largo de las fases en las que se subdividió el estudio.

Al igual que se realizó en el experimento piloto, con el fin de realizar una comparación energética que fuese sencilla, comprensible, y que además, fuese relativa a la cafetera, se obtuvo el coste energético medio que cada grupo empleó para preparar un café. Este cálculo medido en Vatios-hora (Wh), se realizó al final de cada una de las tres fases experimentales.

Para realizar este cálculo se obtuvo la energía total consumida por el dispositivo en cada una de las fases y se dividió por el número de cafés preparados en el intervalo de tiempo correspondiente (Ver fórmula 5.1).

$$\overline{E_{taza|fase}} = \frac{\sum E_{eficiente} + \sum E_{desperdiciada}}{Num_{tazas|fase}} \quad (5.1)$$

Además de comparar el coste energético empleado para realizar una taza de café, se obtuvo el porcentaje de energía desperdiciada en las diferentes fases experimentales con el fin de obtener una medida que no fuese dependiente directamente del número de cafés preparados, sino

de la forma de usar el electrodoméstico en sí mismo. El cálculo de la energía innecesaria se realiza sumando la energía debida al *standby* y la debida al encendido de la cafetera.

## 5.6 Resultados cuantitativos

Medir los datos de consumo energético en cada una de las cafeteras nos ha permitido conocer el grado de eficiencia energética alcanzado por cada grupo y condición experimental. Además, con estos datos es posible discernir si ha habido un cambio de comportamiento grupal con respecto al uso de la energía en el dispositivo bajo estudio. Ciertamente es que tanto los cuestionarios realizados como el análisis de la información cualitativa obtenida en las sesiones con grupos focales, nos ofrecen ya un acercamiento a esta cuestión. Sin embargo, hablamos de cambio de comportamiento al medir datos energéticos ya que la cantidad de energía empleada para realizar una tarea determinada, en nuestro caso preparar un café, no deja de ser sino un método de inferencia en cuanto al cuidado energético se refiere. Cabe resaltar que medir un comportamiento de forma objetiva a través de datos observables y cuantificables, se considera un método científico robusto.

### 5.6.1 Energía en las fases Pre y Experimental

Las diferencias entre el uso y el gasto innecesario de energía que se produce en los diferentes grupos y condiciones experimentales se pueden contrastar en las Tablas 5.3 y 5.4. Como se puede apreciar, los diez grupos que se estudian a nivel energético quedan relacionados según la condición experimental a la que fueron sometidos. De la misma manera, se observa que los datos provienen de dos fases: 1) fase en la que los usuarios no estuvieron sujetos a ninguna interacción; y 2) fase donde los usuarios estuvieron recibiendo un tipo de interacción de las tres condiciones posibles. El último dato de cada una de las tres sub-tablas corresponde a la media de la condición.

De forma más concisa, la tabla 5.3 muestra el porcentaje de ener-

gía desperdiciada por cada una de las cafeteras manipuladas por los grupos estudiados, mientras que en la tabla 5.4 se presentan los costes energéticos medios para realizar un café en cada uno de estos grupos.

	PRE-EXPERIMENTAL	EXPERIMENTAL
<b>Automation</b>	Wasted energy (%)	Wasted energy (%)
<b>Life</b>	20,85%	17,36%
<b>Comunica</b>	3,64%	3,64%
<b>MORElab</b>	14,39%	12,38%
	<b>12,96%</b>	<b>11,12%</b>
	PRE-EXPERIMENTAL	EXPERIMENTAL
<b>Dashboard</b>	Wasted energy (%)	Wasted energy (%)
<b>Computing</b>	41,32%	30,36%
<b>Serv Gen.</b>	29,43%	40,30%
<b>IEEC</b>	6,65%	6,96%
	<b>25,80%</b>	<b>25,87%</b>
	PRE-EXPERIMENTAL	EXPERIMENTAL
<b>Eco-aware</b>	Wasted energy (%)	Wasted energy (%)
<b>Techabout</b>	48,13%	16,19%
<b>Mobility</b>	14,44%	10,81%
<b>Tecnologica</b>	38,78%	29,64%
<b>Bailen</b>	60,89%	33,38%
	<b>40,56%</b>	<b>22,50%</b>

**Tabla 5.3:** Porcentaje de energía desperdiciada en las fases Pre-experimental y Experimental. Nótese que los grupos están separados según su condición experimental y que cada cafetera tiene un color asignado similar al que ya se marcó en la figura 6.2 (*automation*-rojo; *dashboard*-azúl; y *eco-aware*-verde)

Obsérvese que en la tabla 5.4 el bloque de datos de la fase Experimental está subdividido en dos. La razón es que a la energía media utilizada por el electrodoméstico para preparar un café durante la fase Experimental, se le ha de sumar la energía consumida por cada uno de los módulos instalados<sup>17</sup>.

Como ya se detalló en la sección 3.4.1, estos dispositivos externos, en su forma más básica (*dashboard*-Base), monitorizan datos de consumo energético, procesan y estructuran los datos para luego enviarlos a los

<sup>17</sup>Bien sea el módulo de aprendizaje en la condición *automation*, o bien el base en al tratamiento *dashboard* o bien el módulo de interacción para los grupos *eco-aware*.

	PRE-EXPERIMENTAL	EXPERIMENTAL	
	Wh / coffee	Wh / coffee	+ ENERGÍA aprendizaje
<b>Automation</b>			
<b>Life</b>	22,97	21,57	23,85
<b>Comunica</b>	19,05	19,05	21,19
<b>MORElab</b>	15,11	16,21	18,25
	<b>19,04</b>	<b>18,94</b>	<b>21,10</b>

	PRE-EXPERIMENTAL	EXPERIMENTAL	
	Wh / coffee	Wh / coffee	+ ENERGÍA base
<b>Dashboard</b>			
<b>Computing</b>	25,66	28,89	31,67
<b>Serv Gen.</b>	13,59	16,37	17,39
<b>IEEC</b>	18,06	12,50	13,65
	<b>19,10</b>	<b>19,25</b>	<b>20,90</b>

	PRE-EXPERIMENTAL	EXPERIMENTAL	
	Wh / coffee	Wh / coffee	+ ENERGÍA interacción
<b>Eco-aware</b>			
<b>Techabout</b>	36,26	19,19	22,81
<b>Mobility</b>	11,46	12,60	15,13
<b>Tecnologica</b>	16,87	10,90	12,29
<b>Bailen</b>	135,91	33,07	41,47
	<b>50,13</b>	<b>18,94</b>	<b>22,93</b>

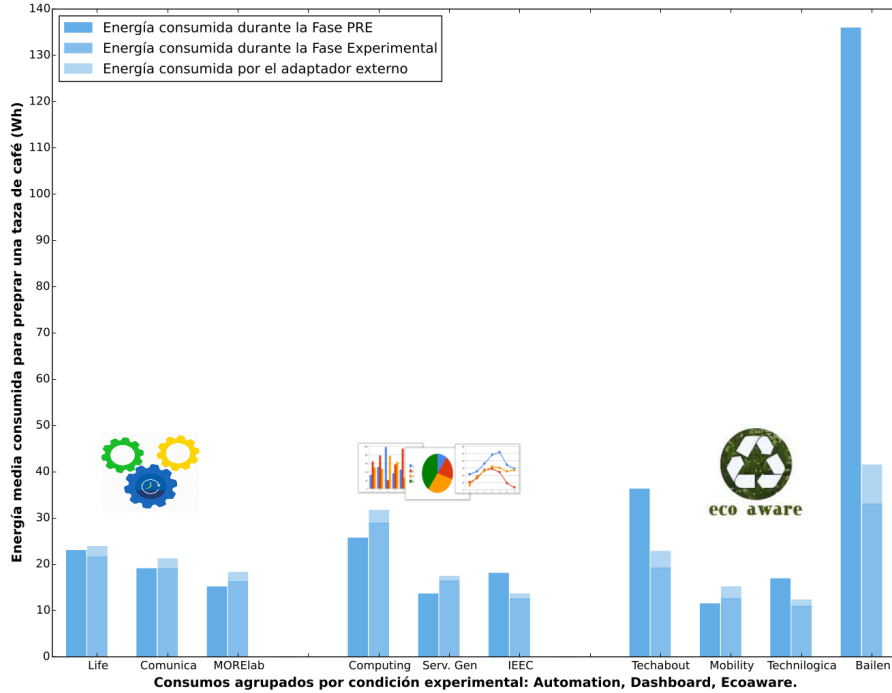
**Tabla 5.4:** Relación de la energía media consumida por cada uno de los grupos participantes para preparar un café. Al igual que en la tabla previa, los grupos se clasifican por su condición experimental.

servidores remotos. Este conjunto de operaciones básicas tiene un consumo fijo asociado. Pero, además, las cafeteras implementadas para la condición experimental de automatización y para las *eco-ware* generan un consumo adicional por el hecho de realizar operaciones más complejas: comunicación con la Base de Datos, sincronización, monitorización de encendidos y apagados, automatización, interacción, etc.

De forma análoga a la tabla 5.4, en la figura 5.8 se muestran los datos del gasto asociado a una taza de café a través de un gráfico de barras para facilitar la comprensión y comparativa energética.

Puede resultar contradictorio que el incremento energético de los módulos o adaptadores no sea constante en cada grupo o tratamiento experimental. Este consumo es variable debido a que el cálculo del coste energético se ha hecho en relación al número de horas en las que los dispositivos han estado en funcionamiento<sup>18</sup> (ver la tabla 5.5).

<sup>18</sup>Recordemos que no todos los dispositivos estuvieron monitorizados el mismo espacio de tiempo (ver el cronograma de la tabla 5.2).



**Figura 5.8:** Desglose del consumo energético medio para preparar una taza de café en cada uno de los grupos para las fases Pre y Experimental. Como se vio en el capítulo previo, cada una de las condiciones experimentales tiene asociado un logotipo que en este gráfico se muestra encima de las barras correspondientes.

	Consumo medio (Wh)
Módulo Base	1.654
Módulo de Aprendizaje	2.154
Módulo de Interacción	3.987

**Tabla 5.5:** Consumo medio en Wh de cada uno de los módulos interactivos desplegados en la fase Experimental.

## Análisis y discusión

Para una mejor comprensión de los datos presentados a continuación, recuérdese que los consumos energéticos se etiquetan o bien como  $E_{eficiente}$  o bien como  $E_{desperdiciada}$ . Estos tipos de energía se desglosan en las figuras que se mostrarán a continuación para cada una de las condiciones experimentales a analizar. De la misma manera se puntualiza, que hay cafeteras que consumen más que otras. Para minimizar este sesgo, en vez de presentar los datos relativos al consumo energético en Wh, se ha recurrido al desglose energético por porcentajes de consumo.

Observando los datos de tablas y figuras presentados en la sección previa, es sencillo dilucidar que los grupos bajo la condición *eco-aware* son los más efectivos para conseguir una reducción de consumo energético a la hora de prepararse un café. Esto es así, no solo porque tres de los cuatro grupos en esta condición hayan disminuido la energía consumida en Wh o porque la totalidad de ellos haya reducido el porcentaje de energía desperdiciada, sino porque las diferencias en consumos entre la fase Pre y la fase Experimental son sustanciales respecto a los otros grupos. En la tabla 5.6 se muestran las diferencias medias de cada condición. Para el consumo medio energético por taza de café, solo la condición *eco-aware* reduce energía. Atendiendo a la energía desperdiciada, observamos que *automation* ahorra un 1.84 %, *eco-aware* un 18.08 %, mientras que *dashboard* aumenta su porcentaje de energía desperdiciada.

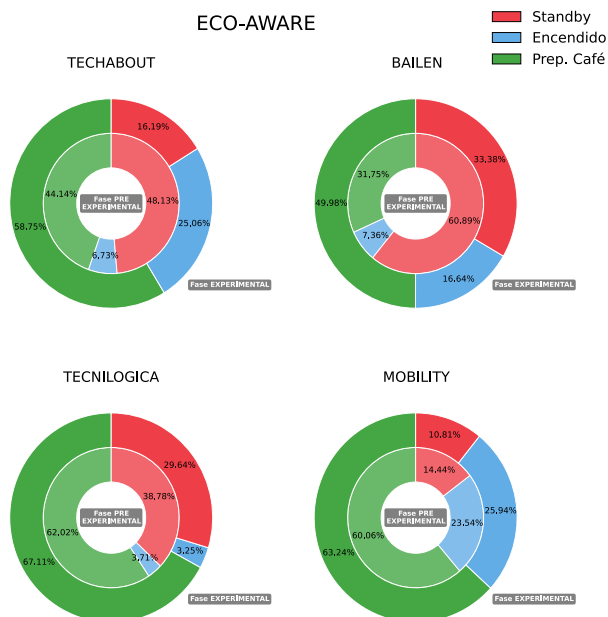
	PRE-EXPERIMENTAL	EXPERIMENTAL	DIFERENCIA
	Wasted energy (%)	Wasted energy (%)	Wasted energy (%)
Automation	12,96%	11,12%	-1,84%
Dashboard	25,80%	25,87%	0,08%
Eco-aware	40,56%	22,50%	-18,06%

	PRE-EXPERIMENTAL	EXPERIMENTAL	DIFERENCIA
	Wh / coffee	Wh / coffee	Wh / coffee
Automation	19,04	21,10	2,05
Dashboard	19,10	20,90	1,80
Eco-aware	50,13	22,93	-27,20

**Tabla 5.6:** Relación de la energía media desperdiciada (arriba) y consumida para preparar un café (abajo) por cada una de las condiciones experimentales. Se presenta igualmente la diferencia entre la fase Pre y la fase Experimental.

En la figura 5.9 se muestra el desglose de porcentajes energéticos de las cafeteras instrumentadas con la condición *eco-aware* ('Techabout', 'Bailén', 'Tecnológica' y 'Mobility') para las fases Pre y Experimental. Todas ellas presentan un cambio claro de tendencia: el porcentaje de energía consumida eficientemente se ve incrementado (color verde), mientras que la energía debida al *standby* se reduce de forma acentuada (color rojo); el incremento del porcentaje de energía relacionada con el encendido de la máquina (color azul) se debe a que se reduce el número de veces que la gente deja el dispositivo encendido y por tanto hay que encender la cafetera con mayor asiduidad.

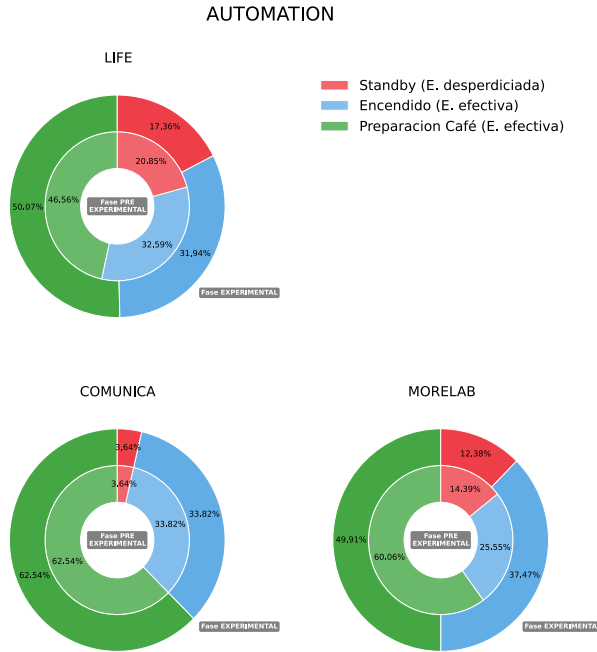


**Figura 5.9:** Desglose energético de las dos primeras fases del experimento para los cuatro grupos sometidos a la condición *eco-aware*. El círculo concéntrico de menor radio presenta los datos de la fase Pre-Experimental, mientras que el de mayor radio muestra los porcentajes de la fase Experimental.

La conclusión principal que se extrae de estos datos es que la interacción realizada por los dispositivos *eco-aware* ha sido muy efectiva, ya que los datos de ambas fases revelan que al inicio del experimento se realizaba un uso inadecuado del pequeño electrodoméstico en todos los grupos en esta condición, y que terminado el experimento, todos ellos han reconducido su gasto hacia la eficiencia.

El caso de ‘Bailén’ es el que más llama la atención por su drástica reducción energética; a pesar de que observando la figura 5.8 pudiese parecer un caso atípico, en realidad no lo es, ya que en la fase de monitorización Pre se descubrió que este grupo se dejó la cafetera encendida durante muchas noches. ‘Techabout’ es junto a ‘Bailén’ otro de los casos en los que el cambio de patrón hacia la eficiencia ha sido mayor. En ‘Tecnológica’ sí que suelen apagar la cafetera a última hora de la tarde, sin embargo los usuarios la apagan pocas veces durante el día; de ahí que haya tan poca fluctuación en la energía empleada para el encendido (porcentaje en color azul). A pesar de ello, la energía desperdiciada y sobre todo, la asociada al *standby* se redujo en un 9.14%. Por último, ‘Mobility’ no presenta una clara variabilidad de mejora o empeoramiento energético con los datos obtenidos. Por lo tanto, se espera a recoger los datos de la fase Post para hacer una valoración en profundidad.

La automatización de la cafetera es la segunda condición experimental en lo que se refiere a eficiencia energética. En la figura 5.10 se puede observar el desglose energético de cada uno de los grupos estudiados. Como se puede observar, el porcentaje de energía desperdiciada se reduce de forma generalizada debido a que los usuarios no podían manipular el apagado de la cafetera. Por lo tanto, desaparecen los factores que hacen ineficiente el uso del electrodoméstico como son la comodidad, los olvidos o la difusión de responsabilidad. Sin embargo, los datos mostrados para esta condición experimental apenas denotan un cambio de tendencia acentuado, ni creciente ni descendente, entre las medidas Pre y Experimental: ‘Life’ redujo 1.4 Wh la energía con respecto a la fase Pre, sin embargo el consumo energético debido a los adaptadores acoplados para medir la energía y obtener los patrones de utilización hacen que se obtenga un balance negativo, es decir, un aumento en el la energía. ‘Comunica’ no presenta variaciones entre fases y ‘MORElab’

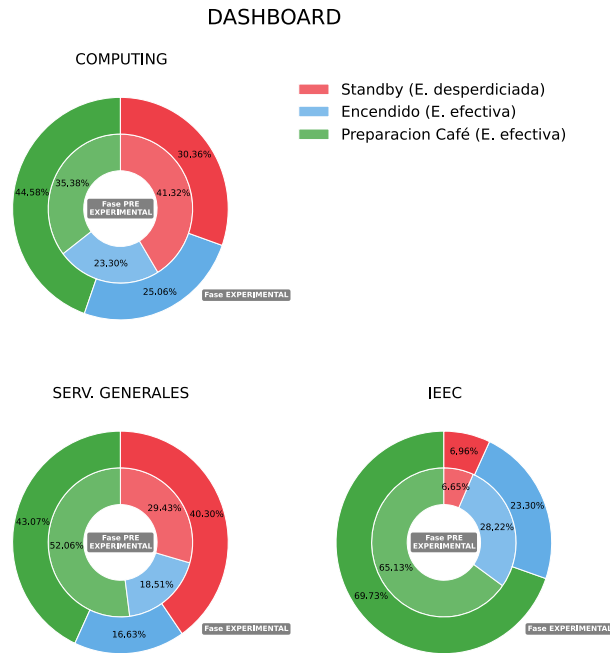


**Figura 5.10:** Desglose energético de las dos primeras fases del experimento para los tres grupos sometidos a la condición *automation*.

incrementó mínimamente su consumo medio por café en 1.10 Wh.

La principal razón de no encontrar diferencias aparentemente significativas en el consumo energético se atribuye al limitado acierto de la cafetera en inferir los patrones óptimos de utilización semanal. Es decir, el dinamismo de la jornada laboral y espontaneidad inherente al ser humano son factores que limitan la inferencia óptima del algoritmo de aprendizaje propuesto. Es por tanto probable que cualquier desviación que realicen los usuarios sobre la predicción del método de aprendizaje máquina propuesto, lleve al dispositivo a tomar la decisión de quedarse encendido en períodos donde nadie la esté usando o, peor aún, apagarse

después de la realización de cada café, a pesar de que haya una cola grande de personas esperando para usar el dispositivo.



**Figura 5.11:** Desglose energético de las dos primeras fases del experimento para los tres grupos sometidos a la condición *dashboard*.

De las tres condiciones evaluadas, el uso de gráficas web (*dashboard*) fue la que ofreció resultados menos prometedores como herramienta para mejorar la eficiencia energética (ver la figura 5.11). Según los datos presentados, dos de cada tres grupos sometidos a esta condición experimental empeoraron en alguna de las dos medidas realizadas.

Como ya se repasó en el la revisión bibliográfica, no toda la población se comporta igual a la hora de recibir una información, procesarla y actuar en consecuencia (sección 2.2.1). Por lo tanto, para comprender

mejor las diversas reacciones a la interacción habría que realizar más estudios para poder discernir qué tipo de perfil de personas responde correctamente a esta condición y cuales no.

Concluimos pues, que la probabilidad de elaboración de la información, las actitudes, percepción e intenciones en torno a la energía y sobre todo, la separación en espacio y tiempo entre la interacción recibida y la acción a realizar hace que esta condición ofrezca resultados arbitrarios como los que se han presentado.

## 5.6.2 Energía en la fase Post-experimental

El objetivo que se aborda en esta sección es explorar si el comportamiento energético presuntamente adquirido a lo largo de la fase Experimental, se mantiene o cambia radicalmente una vez retiradas las condiciones experimentales.

Según Lally et al. (2010), para evaluar de forma fidedigna si se ha adoptado o no un comportamiento, este ha tenido que ser incentivado como mínimo durante 40 días (como fue el caso de la fase Experimental). De la misma forma, De-Young (1993) afirma que en el ámbito de la sostenibilidad las metodologías usadas para cambiar el comportamiento suelen funcionar adecuadamente en el corto plazo, pero son pocas las que consiguen mantener el hábito de forma duradera en el tiempo una vez que se elimina el condicionamiento. En línea con la necesidad de realizar estudios longitudinales, Delmas et al. (2013) realizaron un meta-análisis sobre las estrategias aplicadas para cambiar el comportamiento medio-ambiental a través de estrategias de provisión de información. Los autores destacaron la importancia de realizar seguimientos post-experimentales ya que el 60 % de su muestra medida entre los años 1975 y 2012 provenía de estudios que no llegaban a tres meses de duración.

Los grupos seleccionados para esta fase Post-experimental en la que se retiraron las condiciones estudiadas pero se siguió midiendo la energía fueron: ‘Serv. Generales’, que sometido a la condición de *dashboard* no redujo su consumo energético sino que lo aumentó en 2.78 Wh<sup>19</sup>;

---

<sup>19</sup>Este dato no tiene en cuenta el módulo de monitorización Base

	PRE-EXPERIMENTAL	EXPERIMENTAL		POST-EXPERIMENTAL
	Wh / coffee	Wh / coffee	+ ENERGÍA (base / intrccn)	Wh / coffee
Serv Gen.	13,59	16,37	17,39	18,83
Techabout	36,26	19,19	22,81	21,41
Mobility	11,46	12,60	15,13	12,75

	PRE-EXPERIMENTAL	EXPERIMENTAL	POST-EXPERIMENTAL
	Wasted energy (%)	Wasted energy (%)	Wasted energy (%)
Serv Gen.	29,43%	40,30%	47,54%
Techabout	48,13%	16,19%	18,95%
Mobility	14,44%	10,81%	12,82%

**Tabla 5.7:** Datos energéticos a lo largo de todas las fases experimentales para los grupos: ‘Techabout, Serv. Generales y Mobility’

‘Techabout’, que fue uno de los grupos que presentó mejoría energética entre las fases 1 y 2; y por último ‘Mobility’, que prácticamente mantuvo estable su consumo energético. Los dos últimos grupos fueron asignados a la condición experimental *eco-aware*.

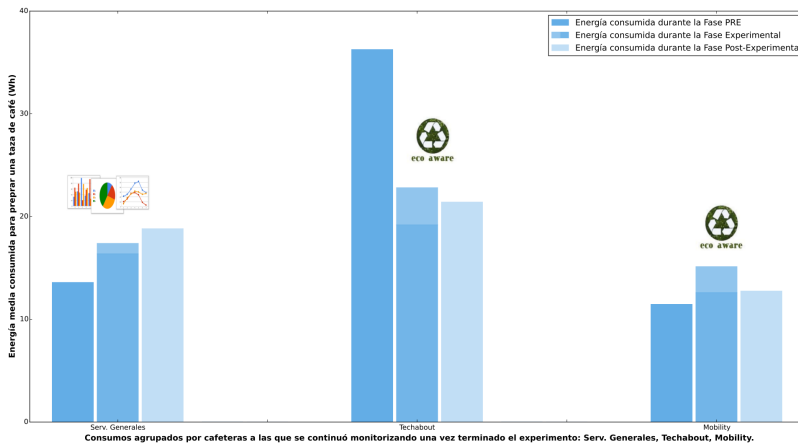
La ausencia de grupos sometidos a la condición de automatización en esta última fase no fue deseada. Sin embargo, queda justificada porque se entiende que los usuarios no podrían haber aprendido ninguna buena práctica en lo que a eficiencia energética se refiere ya que el funcionamiento de la cafetera escapaba al control de los usuarios en pro de la comodidad.

La tabla 5.7 permite comparar el rendimiento energético a lo largo de cada una de las tres fases del experimento. En la parte superior derecha de la tabla, se puede observar la energía media consumida para preparar un café en la fase Post-experimental. En la parte inferior-derecha, se muestra el porcentaje de energía desperdiciada en dicha fase. De forma más ilustrativa la figura 5.12 nos muestra los datos de la tabla superior a través de un gráfico de barras.

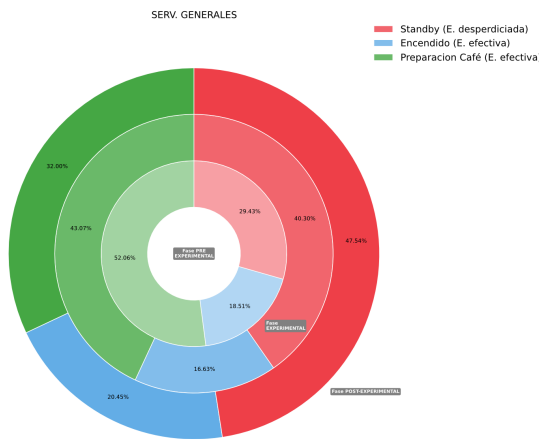
‘**Serv. Generales**’ presenta a lo largo de todo el experimento un aumento sustancial en la energía media consumida por café, con una diferencia entre la primera fase y la última de 5.24 Wh<sup>20</sup>.

Respecto a la energía consumida de forma innecesaria, la tendencia

<sup>20</sup>A modo de ilustración, téngase en cuenta que un micro computador con procesador ARM como son las famosas Raspberry Pi consumen una media 2.4Wh cuando operan con el interfaz WiFi (<https://www.raspberrypi.org>).

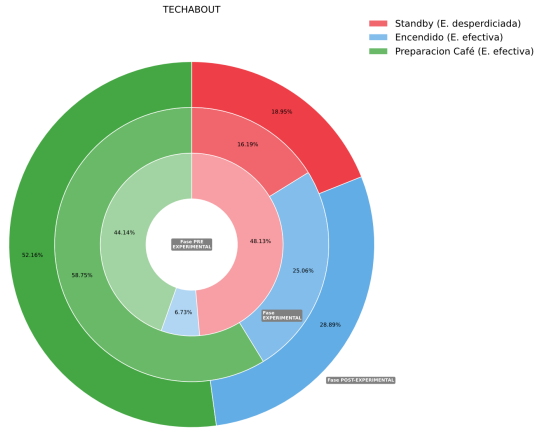


**Figura 5.12:** Consumo energético medio para preparar un café a lo largo de las fases ‘Pre’, ‘Experimental’ y ‘Post’. Obsérvese que encima de cada uno de los conjuntos de barras se ha incluido el símbolo de la condición experimental a la que estuvo sometido cada uno de los grupos.



**Figura 5.13:** Desglose energético a lo largo de las fases que componen el experimento para el grupo ‘Serv. Generales’(dashboard). La figura de tres círculos concéntricos muestra la primera fase con el disco de menor tamaño, siendo la fase Experimental el intermedio y la Post-experimental el disco de mayor tamaño.

es similar. ‘Serv. Generales’ muestra un aumento que va desde un 30% hasta llegar a cerca del 50%, lo que significa que casi la mitad de su

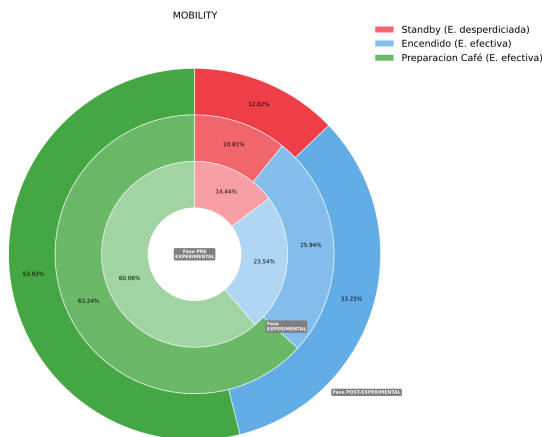


**Figura 5.14:** Desglose energético a lo largo de las fases que componen el experimento para el grupo 'Techabout' que estuvo sometido a la condición *eco-aware*.

energía consumida se desperdicia. En la figura 5.13 se puede observar el desglose energético en cada una de las fases experimentales por este grupo. Sobre la base de estos datos, se considera que la condición experimental ha generado un efecto contrario al que se podría esperar de un mecanismo que busca reforzar la concienciación energética.

'**Techabout**' es, de los tres grupos con los que se concluye el estudio, el que mejor rendimiento energético ha presentado. No solo respondiendo eficientemente a la condición experimental, sino manteniendo su reducción energética en la última fase donde ya no había ningún tipo de interacción. Como ya vimos en la sección anterior, el grupo redujo su energía desperdiciada en un 25 % en la fase experimental, y pese a haber subido en la fase Post-experimental casi tres puntos, sigue presentando un 20 % de reducción respecto a la fase inicial. En lo que a energía media para preparar un café se refiere, los datos son más prometedores. Sin tener en cuenta el consumo asociado a los módulos de recogida de datos e interactivos de la fase Experimental, la energía consumida en la última fase puede considerarse como la menor de todas (ver la tabla 5.7).

Para una mejor ilustración de la energía consumida en cada una de las fases obsérvese la figura 5.14. La principal lectura que se puede rea-



**Figura 5.15:** Desglose energético a lo largo de las fases que componen el experimento para el grupo ‘Mobility’ que estuvo sometido a la condición *eco-aware*.

lizar sobre el gráfico de anillos es que en el grupo estudiado se pasó de un escenario en el que la cafetera quedaba durante largos periodos de tiempo en *standby*, a un escenario donde hay una mayor concienciación en torno a la energía consumida; escenario en el que los usuarios priorizan el apagado y encendido del electrodoméstico (ver los porcentajes crecientes en azul) y donde la energía eficiente aumenta considerablemente.

‘**Mobility**’ ha sido un grupo que ha mantenido medianamente constante su consumo en todas las fases. En la tabla 5.7 se puede observar que los consumos medios de las fases Experimental y Post-experimental son prácticamente iguales, y que, a pesar de que ambos suben con respecto a la fase Pre-experimental, se considera que es una fluctuación poco significativa de acuerdo a los datos observados en el resto de grupos.

Para una mejor comprensión del rendimiento energético de ‘Mobility’ véase la figura 5.15. En ella se puede observar como la energía desperdiciada disminuye en todas las fases con respecto a la fase Pre-experimental. Lo más interesante de esta gráfica es observar como en la última fase aumenta el consumo debido a encendidos de la cafetera,

mientras que se mantiene el consumo en *standby* por debajo del umbral de la fase Pre-Experimental. La razón que atribuimos a este escenario es que los usuarios aprendieron de la fase Experimental que la cafetera les pedía que apagasen el dispositivo en determinados momentos. Por lo tanto, ese comportamiento se replica de alguna forma, ya sin la asistencia de la cafetera, en la fase Post-Experimental.

### 5.6.3 Consideraciones finales sobre la energía

El estudio de la energía consumida por cada una de las 10 cafeteras en 3 condiciones experimentales diferentes nos ha permitido validar que la condición *eco-aware* fue la más efectiva como medio tecnológico para generar una mayor percepción y cuidado de la energía consumida en el espacio de trabajo. Fue a este tratamiento al que se sometieron más grupos, resultando que el total de ellos (cuatro) mejoró su eficiencia energética y redujo drásticamente su energía usada de forma innecesaria. En este último aspecto ‘Techabout’ bajó del 48 % al 16 % la energía desperdiciada debido al consumo por *standby*, ‘Bailén’ de 60 % a 33 %, ‘Tecnológica’ la redujo en 9 puntos y ‘Mobility’ en casi 4. La principal virtud de este condicionamiento es que consiguió que grupos con un alto ratio de olvidos, dejadez, comodidad o difusión de la responsabilidad, se comprometieran con la cuestión energética y siguieran los consejos de la cafetera apagándola o dejándola encendida cuando el dispositivo lo indicaba.

Los grupos bajo la condición *automation* redujeron ligeramente su energía desperdiciada, aunque no en un grado tan significativo como se podría haber esperado de un arreglo en el que se liberaba a los usuarios de la tarea de discernir si el pequeño electrodoméstico se debía dejar encendido o apagado. A nivel energético, esta condición es difícil de evaluar, ya que las predicciones de la cafetera se realizan de acuerdo a patrones pasados del grupo y en grupos donde hay mucho dinamismo o los patrones no siguen un orden repetitivo, el algoritmo que infiere si ha de apagarse o quedarse encendido puede no acercarse a la predicción óptima. A pesar de ello, los datos arrojan mejoras en la fase experimental respecto al *baseline* lo que hace de este tratamiento un seguro si el

fin es conseguir un cierto grado de eficiencia energética.

Por último, los grupos bajo la condición *dashboard* presentaron una respuesta desigual, haciendo difícil asegurar si este tipo de interacción ha sido efectiva o no para conseguir eficiencia energética en el uso de una cafetera. Curiosamente, este tratamiento experimental es uno de las más extendidos como estrategia de concienciación energética ya que la mayoría de las compañías eléctricas están desarrollando aplicaciones web o móviles con gráficos similares para sus clientes gracias al despliegue de contadores inteligentes<sup>21</sup>. Sin embargo, los datos obtenidos son acordes a la literatura que expone reducciones energéticas debidas a esta condición de entre un 2 y un 8 % como máximo (Delmas et al., 2013; EEA, 2013). Por tanto, concluimos que queda en cuestión su eficacia como método de cambio de comportamiento.

De acuerdo con las recomendaciones de De-Young (1993) en cuanto al uso de cinco dimensiones para validar si un comportamiento durará o no en el tiempo, en el diseño experimental se decidió alargar la captación de datos energéticos de tres de los diez grupos durante cuatro meses con la finalidad de verificar la eficacia de las condiciones experimentales a este respecto.

Los resultados obtenidos son reveladores. ‘Serv. Generales’ (*dashboard*), presentó una tendencia ascendente en cuanto a la ineficiencia energética se refiere en todas las fases posteriores al *baseline*. El grupo redujo drásticamente la energía eficiente de un 52 % inicial a un 32 % al finalizar la recogida de datos en la fase final. Siendo un grupo que presentaba unos consumos altos de energía innecesaria al inicio del experimento, se podría haber esperado una mejora, al menos mínima, de la eficiencia. Sin embargo, en vista de los resultados se concluye que este condicionamiento no es efectivo para el objetivo que se persigue, al menos cuando se ofrece sola sin acompañarse de otras estrategias de

---

<sup>21</sup>Desde el 2011 se están desplegando en España contadores inteligentes tanto en hogares como en empresas. Fuente Red Eléctrica España: <http://www.ree.es/es/red21/redes-inteligentes/contadores-inteligentes>

cambio de comportamiento<sup>22</sup>.

‘Mobility’ y ‘Techabout’ son la contrapartida de esta última fase. Ambos grupos redujeron su energía desperdiciada respecto al *baseline*, fueron más eficientes durante la fase Experimental y lo más prometedor para validar una de las principales hipótesis de esta tesis, es que los integrantes de los dos grupos mantuvieron el comportamiento inducido por las cafeteras *eco-aware* en la fase Experimental durante la fase Post-Experimental. Es decir, en la fase Post-experimental, ya sin recibir ningún tipo de interacción de apoyo, se observa que los usuarios realizan muchos más apagados de la cafetera después de su utilización que los que realizaban en la fase Pre.

La conclusión a la que llegamos con estos datos, es que los dispositivos *eco-aware* tienen la capacidad de fomentar un comportamiento de sensibilización energética mantenida en el tiempo incluso cuando desaparece la interacción. Sin embargo, se presume que su presencia hace que este comportamiento sea realizado de la forma más eficiente posible.

## 5.7 Conclusiones

En este capítulo se han realizado varias descripciones. Por una parte, se ha detallado toda la información referente a la logística y preparación del estudio. Por otra parte, se ha ofrecido la descripción de los grupos involucrados en el experimento, su ubicación e idiosincrasia. Por último, se ha dado detalle sobre los métodos de análisis energético empleados y se han analizado a nivel cuantitativo los grupos estudiados respecto a este factor concluyendo que de las tres condiciones estudiadas, la condición *eco-aware* demuestra ser la más efectiva para fomentar una mejora energética sustancial en cuanto a eficiencia se refiere incluso cuando se retira el tratamiento.

---

<sup>22</sup>Esta conclusión es acorde con el hallazgo de Delmas et al. (2013) en un meta-análisis realizado con más de 60 publicaciones sobre cambio de comportamiento a través de estrategias de provisión de información.

# 6

## Actitudes e intenciones pro-ambientales

### Resultados estadísticos

---

El presente capítulo presenta los objetivos que se persiguen al analizar estadísticamente las respuestas a los dos cuestionarios utilizados en el experimento longitudinal: “*Environmental Attitudes Inventory*” (EAI) y “*Pro-Environmental Readiness To Change*” (PE-RTC). Obtenidas las respuestas a dichos cuestionarios en dos ocasiones separadas en el tiempo (una, al terminar la fase Pre-experimental y otra, al concluir la Experimental), se presentan los resultados estadísticos obtenidos.

La relación de este capítulo con los apéndices C y D es muy estrecha. En el primero de ellos, se detallan en profundidad los dos cuestionarios que miden las actitudes e intenciones pro-ambientales de los participantes. En el segundo apéndice, se ofrece la metodología de agrupación de los grupos participantes en bloques de similitud. Esta agrupación es relevante para comprender los análisis estadísticos propuestos.

## 6.1 Descripción de los constructos

Antes de detallar los constructos que se evalúan en este estudio, es conveniente resaltar que los cuestionarios fueron traducidos por un grupo de tres personas ajenas al investigador (que únicamente se ocupó de realizar la meta-revisión de las traducciones propuestas por cada integrante del grupo de traductores). Realizar meta-traducciones de los cuestionarios permite, por un lado, que se reduzcan las interpretaciones ambiguas de las preguntas y, por otro lado, asegura que se preserve la fiabilidad de las preguntas a la hora de explicar los constructos que subyacen.

### 6.1.1 Environmental Attitudes Inventory (EAI)

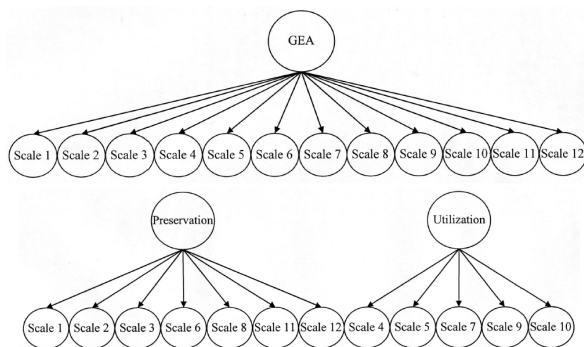
El cuestionario EAI fue desarrollado por Milfont y Duckitt (2010) para aglutinar el disperso elenco de cuestionarios que evaluaban las actitudes ambientales. Así mismo, los autores pretendieron mejorar el cuestionario más usado hasta la fecha, *New Environmental Paradigm* (NEP) (Dunlap and Van~Liere, 1978) ya que este se usaba con poca consistencia por la comunidad científica, como demostró un meta-análisis realizado sobre 69 estudios que lo aplicaron a lo largo de 30 años (Hawcroft and Milfont, 2010)<sup>1</sup>.

El cuestionario original consta de 120 preguntas. Sin embargo, en este estudio se utilizó la versión super-reducida del cuestionario que cuenta con 24 *items*<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup>En el apéndice C, sección C.2.1 se amplía la descripción del cuestionario y se justifica su uso en esta tesis.

<sup>2</sup>El cuestionario super-reducido de 24 *items* de escalas del 1 al 7, fue validado por los mismos autores del EAI (Milfont and Duckitt, 2010). El cuestionario presentó consistencia interna, homogeneidad y se comprobó su alta fiabilidad en el *test-retest* con los siguientes parámetros de fiabilidad y consistencia interna mediante el alfa de Cronbach: Preservación ( $\alpha = 0.79$ ), Utilización ( $\alpha = 0.78$ ) y GEA ( $\alpha = 0.87$ ) con una media de correlación entre los *items* de 0.22, 0.26 y 0.22 respectivamente. De hecho, se obtuvo que los factores de Preservación y Utilización están fuertemente correlacionados ( $r = -0.88$ ,  $p < 0.001$ )



**Figura 6.1:** Estructura jerárquica de las actitudes pro-ambientales.

Fuente: (Milfont et al., 2010)

EAI subdivide las respuestas a los *items* en factores de dos órdenes: por un lado, se obtienen doce factores de primer orden (que coinciden con las dimensiones desde las que se habían estudiado históricamente las actitudes ambientales). Por otro lado, el cuestionario muestra la forma en la que los factores de primer orden cargan sobre dos constructos de segundo orden: Preservación (7 factores primarios) y Utilización (5 factores primarios). Por último, los autores del cuestionario permiten hacer una medida conjunta de ambos constructos con el fin de evaluar las actitudes ambientales en toda su amplitud: *General Environmental Attitudes* (GEA). Las escalas de Preservación se describen en el apéndice C, sección C.2.1.1 y las 5 escalas de Utilización en la sección C.2.1.2. En la figura 6.1 se puede observar los factores de primer y segundo orden, así como la relación de estas con la medida actitudes generales.

El interés por medir las actitudes ambientales mediante EAI, radica en que no solo es posible medir las actitudes de forma general (GEA), sino que el análisis permite desgranar las dimensiones de las actitudes y ver si en alguna de ellas se ha realizado un cambio significativo entre las fases Pre y Experimental. Es decir, explorar si alguno de los tres tratamientos realizados (*automation*, *dashboard* y *eco-aware*) puede cambiar, o al menos influenciar, alguna de las dimensiones que conforman las actitudes pro-ambientales.

Las 12 dimensiones de EAI son relevantes para el presente estudio, y

de hecho, se exploran en su totalidad. Sin embargo, ya que se realiza una investigación sobre el cambio de actitudes por medio de la instrumentación de electrodomésticos de uso compartido en pro de la eficiencia energética, se considera que ciertas dimensiones son más pertinentes que otras. De esta forma se da mayor importancia a: ‘Políticas pro-conservacionismo’ (Escala 2), ‘Comportamiento pro-conservacionismo’ (Escala 8), ‘Ecocentrismo’ (Escala 11), ‘Confianza en ciencia y tecnología’ (Escala 5) y ‘Utilización humana de la naturaleza’ (Escala 10).

### 6.1.2 Pro-Environmental Readiness to Change

El objetivo que se persigue usando el cuestionario PE-RTC (12 *items*), radica en evaluar el estado de cambio en el que están cada una de las personas bajo estudio respecto a las prácticas en beneficio del medio ambiente (en el apéndice C, sección C.2.2, se encuentra una explicación más detallada sobre el cuestionario, su origen y su aplicación). Los tres posibles estados del cambio son:

**Precontemplación:** se entiende como un estado de despreocupación y hedonismo que es contrario al cuidado del medio ambiente.

**Contemplación:** es un estado en el que se tiene consciencia de la necesidad de realizar cambios en pro del medio ambiente. Sin embargo, en este estado el sujeto no ha comenzado a realizarlos.

**Acción:** es el estado en el que las personas se han marcado unos objetivos para preservar el medio ambiente y los están cumpliendo de forma activa.

El cuestionario de escalas de tipo Likert del 1 al 5, fue validado por Tribble (2008)<sup>3</sup>.

El estado de cambio está directamente relacionado con las intenciones pro-ambientales, que a su vez es un factor de predicción directo del

---

<sup>3</sup>El cuestionario consistencia interna, homogeneidad y además se comprobó su alta fiabilidad en el *test-retest*. A continuación se definen los parámetros de fiabilidad y consistencia interna mediante las medidas alfa de Cronbach: subescala de Precontemplación ( $\alpha = 0.82$ ), Contemplación ( $\alpha = 0.78$ ) y para la subescala de Acción se obtuvo un ( $\alpha = 0.87$ ). Se calculó además la fiabilidad del factor estado general del cambio a través del total de los 12 *items*, ( $\alpha = 0.92$ ).

comportamiento según la Teoría del Comportamiento Planificado (Ajzen, 1991). Por lo tanto, a través de las medidas extraídas de este cuestionario conoceremos las intenciones de los participantes para realizar conductas pro-ambientales. La pertinencia de este estudio reside en observar si conocido el estado o intención de cambio de los sujetos en la fase Pre-experimental, se puede confirmar que ha habido algún cambio o modificación significativa al finalizar la fase Experimental, y que estas nuevas intenciones son debidas a alguno de los tratamientos.

## 6.2 Metodología de análisis

A la hora de seleccionar el conjunto de contrastes estadísticos apropiados para evaluar los datos de un cuestionario, se precisa contestar previamente a dos interrogantes: 1) conocer bien el tipo de datos con el que vamos a trabajar; 2) tener suficientemente claro el objetivo que queremos conseguir con la estadística.

En cada cuestionario hay ciertos conjuntos de preguntas (*items*) que, modificadas mediante una serie de tratamientos aritméticos previos, ofrecen una puntuación determinada a cada uno de los constructos estudiados. Esto es así, porque los autores de ambos cuestionarios recomiendan no analizar los *items* por separado sino agruparlos por escalas. El acondicionamiento y transformación de cada uno de los datos provenientes de los cuestionarios EAI y PE-RTC se puede consultar en el apéndice C.

De acuerdo a las indicaciones de los autores, se pueden tratar las puntuaciones resultantes como variables de tipo intervalo<sup>4</sup>. Siendo así, es posible realizar estadísticos descriptivos sobre dichos datos (es decir, calcular medias, desviaciones estándar o similares). Además, con este tipo de datos se pueden aplicar técnicas de estadística inferencial y determinar si los tratamientos estadísticos a aplicar han de ser de tipo

---

<sup>4</sup>Los datos de tipo intervalo son aquellos que muestran un orden de elementos con igual distancia entre unos y otros a lo largo de un mismo continuo.

paramétrico o no<sup>5</sup>.

Una vez se tiene claro el tipo de datos con el que se va a trabajar, la segunda cuestión es definir con claridad los objetivos que se desean conseguir. En nuestro caso son los siguientes:

1. ¿Existen diferencias significativas (en términos estadísticos) en los constructos que se evalúan a través de cuestionarios entre las fases Pre y Post-experimentales?
2. ¿Se obtienen evidencias de que alguno de los factores estudiados se ve significativamente (en términos estadísticos) influenciado por la condición experimental a la que el grupo está sometido?
3. ¿Podemos cuantificar el grado en que una condición experimental afecta a cada uno de los factores que se exploran?

Aclarados los interrogantes previos, a continuación se pasa a describir los dos enfoques propuestos para analizar los datos de los cuestionarios.

### **6.2.1 Enfoques propuestos para el análisis estadístico**

Al finalizar la fase Pre-Experimental se decidió observar las similitudes entre los grupos reclutados a través de un conjunto de factores socio-demográficos. La agrupación se hace de acuerdo a factores que tienen relación con los constructos a evaluar, pero obviamente que no sean los propios constructos (Berenson and Levin, 1998). En nuestro caso se atendió a la formación académica, al género, al consumo medio de café y al tipo de espacio de trabajo<sup>6</sup>.

Realizada la agrupación por bloques, se asignaron de forma aleatoria las condiciones experimentales dentro de cada uno de los bloques de

---

<sup>5</sup>Para comprender mejor estas consideraciones, se remite al lector al artículo publicado por Brown (2011) donde se hace un sucinto pero claro repaso a los tipos de datos que existen y a la discusión generada sobre el tratamiento de datos en las escalas de tipo Likert.

<sup>6</sup>En el apéndice D se describe la metodología de agrupación por afinidad a través de técnicas de conglomerado jerárquico.

afinidad siguiendo el diseño *randomized block design* (Calinski and Kageyama, 2000). El resultado de dicha asignación, los bloques definidos y el número de personas participantes en cada grupo de trabajo que completan el tamaño final de la muestra de este estudio ( $N = 48$ ) se muestran en la tabla 6.1.

	Grupos	C1	C2	C3
		Automation	Dashboard	Eco-aware
Agrupación en Bloque A	Tecnológica (8px)			X
	MORElab (6px)	X		
	Serv. Generales (3px)		X	
	Mobility (7px)			X
Agrupación en Bloque B	Bailén (2px)			X
	Comunica (2px)	X		
	Wikitoki (4px)		X	
Agrupación en Bloque C	Ucrania (2px)		X	
	Life (8px)	X		
	TechAbout (3px)			X
Agrupación en Bloque D	Cowork3C (1px)			X
	Computing (2px)		X	

**Tabla 6.1:** Asignación de las tres condiciones experimentales a cada grupo de trabajo

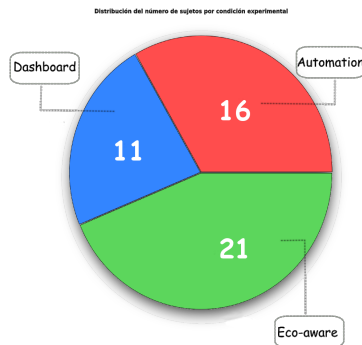
A la hora analizar los datos recogidos a través de los cuestionarios, se decidió realizar dos enfoques. Por un lado, profundizar a nivel de bloque de afinidad. Es decir, comparar las diferencias en las respuestas recogidas en las fases Pre y Post-experimental entre cada uno de los grupos dentro de su correspondiente bloque de similitud. El objetivo es dilucidar cuál es la condición con más influencia sobre los constructos a evaluar dependiendo de las características intrínsecas del bloque.

Por otro lado, se propuso realizar un análisis de los datos donde se no se tuviese en cuenta la agrupación presentada previamente. En este enfoque se contrastan las respuestas conjuntas de cada uno de los participantes que fueron sometidos a una misma condición experimental en sus fases Pre y Experimental sin tener en cuenta el grupo de trabajo al que pertenecen. El objetivo es observar la influencia de cada tratamiento sobre las actitudes y las intenciones del conjunto de participantes.

A continuación se detalla cada uno de estos dos enfoques comenzando por el que se no realiza ningún tipo de agrupación por similitud.

### Enfoque sin agrupación

A la hora de realizar los correspondientes test de hipótesis y los modelos de comparación estadística para cada uno de los constructos a evaluar, nos olvidamos de los grupos de trabajo reclutados e investigamos a nivel de individuo sometido a un cierto tratamiento. Es decir, no se hizo ninguna agrupación previa de los sujetos, siendo la condición experimental a la que están sometidos el único factor diferenciador. De esta manera, los tratamientos se distribuyeron de acuerdo a la figura 6.2. Como se puede observar, la condición *eco-aware* contó con 21 sujetos, fueron 16 personas las que recibieron la condición de *automation* y 11 fueron las que interaccionaron con la condición *dashboard*.



**Figura 6.2:** Participantes sometidos a cada una de las tres condiciones experimentales.

### Enfoque con agrupación previa por afinidad

En este segundo enfoque, las respuestas de los sujetos ( $N = 48$ ) que completaron la totalidad del experimento se subdividen en bloques de afinidad o similitud. El objetivo de realizar este tipo de agrupamiento es eliminar el ruido, los errores inherentes a la aleatoriedad, los factores

de confusión y la variabilidad en los datos. Por lo tanto, se obtienen inferencias estadísticas de mayor efecto en cada uno de los tratamientos analizados.

En la tabla 6.1 se muestra la subdivisión que se realizó de los grupos de trabajo en cuatro bloques de afinidad. Dos de los grupos no mostraron ningún carácter de afinidad respecto al resto de los grupos y se agruparon por atipicidad con respecto al resto de grupos en el Bloque D. El análisis de datos que aquí se presenta se centra únicamente en los tres primeros bloques.

Los tratamientos en cada uno de los bloques se distribuyeron según se expone en la tabla 6.1. El Bloque A está compuesto por 24 sujetos, donde 15 interactuaron con la condición *eco-aware*, 3 con *dashboard* y 6 con *automation*; el Bloque B lo conforman 8 sujetos, con la mitad de ellos bajo la interacción *dashboard*, 2 fueron asignados a la condición *eco-aware* y otros tantos a *automation*; por último, en el Bloque C hay una muestra de 13 sujetos repartidos de la siguiente forma: *automation* (8), *eco-aware* (3) y *dashboard* (2).

## 6.3 Métodos estadísticos aplicados

Las dos aproximaciones propuestas para analizar los datos de las encuestas ofrecen ventajas y desventajas desde una perspectiva estadística. En el primer enfoque, se trabaja con un número de sujetos no desdeñable para un estudio con personas ( $N = 48$ ) y por lo tanto se espera que las conclusiones presenten un cierto grado efecto.

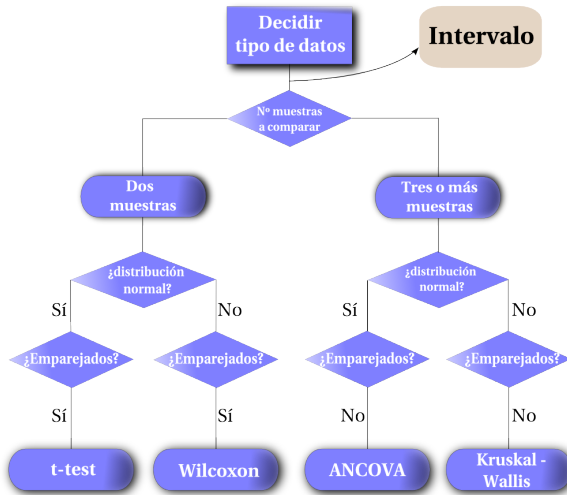
En el segundo enfoque se realiza un agrupamiento previo de los grupos de trabajo en bloques de afinidad. Si las variables usadas para realizar dicha división son acertadas, hay una alta probabilidad de que se reduzcan los factores de confusión y la variabilidad en los datos, y por tanto, que se elimine parte del ruido inherente al uso de muestras independientes. Además, este segundo enfoque nos permite hacer una primera aproximación exploratoria sobre qué tipo de condiciones experimentales funcionan mejor para cambiar ciertas actitudes o intenciones

en función del perfil de cada grupo. Sin embargo, no todo son ventajas. El número de sujetos distribuidos en cada bloque en esta segunda aproximación es menor que en el primer enfoque y por tanto, los test presentarán menor poder estadístico.

Realizadas las consideraciones previas, se pasa a detallar la selección de los métodos estadísticos aplicados.

### 6.3.1 Selección de los test estadísticos

Desde un punto de vista pragmático, la elección de dichos métodos vino guiada por el diagrama de flujo presentado en la figura 6.3. Conocido el tipo de datos con el que se trabajará, los modelos de análisis



**Figura 6.3:** Diagrama de flujo para decidir el tipo de test estadístico.

sis vendrán determinado en primera instancia, por la cantidad de muestras que queremos comparar. En el caso de tener dos muestras sobre el mismo constructo (*pre-test* y *post-test*), se comparan las respuestas obtenidas sobre cada constructo. En el caso de tener tres o más muestras, se explora si las tres condiciones a las que han estado sometidos cada uno de los grupos han podido ser, en parte, las causantes de un

cambio en los constructos estudiados. Es decir, si las condiciones experimentales pueden ser variables parcialmente explicativas de los factores dependientes y por tanto, es posible considerar que ciertas condiciones experimentales sean variables de predicción de las actitudes o intenciones pro-ambientales.

Siguiendo el diagrama de flujo, una vez conocido el número de muestras a estudiar, se pasa a evaluar si los datos de dichas muestras provienen de una distribución normal o se asemejan a otras distribuciones estadísticas. Para realizar esta prueba hay diferentes métodos como son el test de Kolmogorov-Smirnov, la prueba del gráfico Q-Q, el test de D'Agostino-Pearson o la prueba de Shapiro-Wilk. En el diseño estadístico se decidió utilizar esta última prueba como primer filtro para diferenciar muestras cercanas a la distribución gaussiana. La prueba de Shapiro-Wilk se basa en la correlación entre los datos de entrada y datos provenientes de una distribución normal arrojando resultados mejores que otras pruebas a la hora de discernir la distribución de proveniencia de los datos, incluso para muestras relativamente pequeñas<sup>7</sup> (Thode, 2002).

El último paso para elegir un método de análisis estadístico es decidir si nuestras muestras están emparejadas o si son independientes. Que dos muestras estén emparejadas indica que están relacionadas de alguna manera, bien sea porque pertenecen a la misma persona medida en dos instantes separados por el tiempo (como es el caso que nos ocupa) o porque podemos asegurar que las muestras son comparables entre sí con algún criterio de similitud establecido (edad, sexo, raza, etc.).

Realizar pruebas estadísticas acordes con el emparejamiento de muestras arroja resultados con mayor poder estadístico ya que se reduce la varianza por factores de confusión entre las muestras debido, entre otros aspectos, a una covarianza positiva entre ambas muestras. Como se observa en la parte izquierda del diagrama, cuando los datos a analizar se realizan dos a dos (*pre-test*, *post-test*), las muestras están siempre emparejadas sin importar si se aplicarán métodos paramétricos o no

---

<sup>7</sup>A pesar de aplicar el método de Shapiro-Wilk, el tamaño de la muestra es un factor primordial para determinar si se aplicarán métodos paramétricos o no paramétricos.

paramétricos. Sin embargo, cuando evaluamos el valor predictivo de las tres condiciones experimentales para cada uno de los constructos, se están comparando muestras independientes y de diferentes tamaños. Por lo tanto, en este caso no se asume emparejamiento entre ellas (parte derecha del diagrama).

### 6.3.2 Presentación de los datos estadísticos

A continuación se detalla cómo se presentan los datos estadísticos (en tablas) en los dos enfoques de análisis propuestos y cómo se deben interpretar los resultados.

En las tablas que se presentan las 19 dimensiones de las actitudes e intenciones pro-ambientales están divididas en cuatro grupos: 1) los 7 factores de primer orden que cargan sobre el constructo Preservación del cuestionario EAI; 2) las 5 dimensiones que cargan sobre Utilización (también proveniente de EAI); 3) los tres constructos de segundo orden de EAI; y 4) los tres estados posibles del cambio y la evaluación general del cambio de intenciones a través del cuestionario PE-RTC.

#### **Tablas de análisis de medidas *pre-post***

En las tablas se muestran las puntuaciones medias y las desviaciones estándar a los 19 factores evaluados para cada una de las condiciones experimentales. La finalidad es observar si ha habido un cambio de intenciones o actitudes en alguno de los constructos evaluados. Para ello, se presenta el estadístico  $T$  si los análisis fueron paramétricos y el estadístico  $Z$  en caso de no serlo.

Obtener estadísticos negativos es deseable en todo el primer grupo (7 factores de primer orden), ya que denota que los datos Post-experimentales son superiores a los Pre-experimentales en la relación entre muestras. Por contra, en la segunda agrupación es favorable obtener un estadístico positivo ya que las medidas de puntuación en el constructo de Utilización puntúan en la dirección contraria a la Preservación (ver apéndice C, sección C.2.1.3). Por último, en el tercer y cuarto grupo será deseable encontrar estadísticos negativos en los cons-

tructos de Preservación, GEA, Contemplación, Acción, y Cambio de intenciones; mientras que se esperara obtener estadísticos positivos en el constructo Utilización y Precontemplación<sup>8</sup>.

### Tablas de análisis de varianza

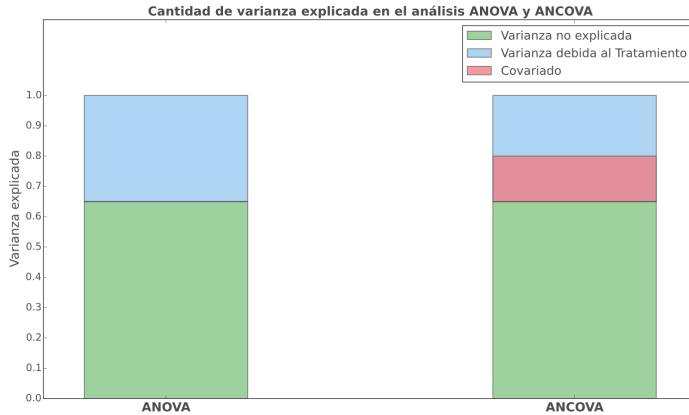
Tanto en la literatura de HCI como en la de las ciencias sociales y cognitivas, cuando se pretende discernir cuál de las condiciones experimentales (variables independientes) a las que se expone a un conjunto de sujetos podría ser variable explicativa, al menos en parte, de un factor estudiado (variable dependiente), se realiza un análisis de varianza (ANOVA).

En el caso que nos ocupa, si cogiésemos únicamente las respuestas a los diferentes constructos en la fase Post-experimental y aplicásemos el método ANOVA, se estaría perdiendo información sobre el posible efecto que las respuestas iniciales a los cuestionarios (fase Pre) generan sobre las respuestas finales. Esto es así, ya que si del análisis ANOVA sobre las muestras Post-experimentales se desprendiese un estadístico significativo, el efecto o cantidad de varianza explicada sería atribuida en su totalidad a la condición experimental (parte izquierda de la figura 6.4). Sin embargo, es probable que parte de ese efecto sea causado por las variables Pre-experimentales ya que existe una relación clara entre las muestras Pre y Post (ambas provienen de los mismos sujetos). Dicho esto, se debe buscar un modelo lineal que aúne todas las variables en juego.

El análisis de la covarianza (ANCOVA) es una técnica estadística que, utilizando un modelo de regresión lineal múltiple, busca comparar los resultados obtenidos en diferentes grupos de una variable cuantitativa (respuestas a los constructos en la fase Post-experimental), pero ‘corrigiendo’ las posibles diferencias existentes entre los grupos a través de otras variables que pudieran afectar también al resultado (covarian-

---

<sup>8</sup>Téngase en cuenta que el carácter negativo o positivo que se extrae de los test estadísticos denota la relación que se establece sobre las muestras comparadas. Si ambas se dibujasen sobre un eje X-Y en un diagrama de dispersión se podría observar la relación positiva o negativa al trazar las líneas de regresión sobre ellas.



**Figura 6.4:** Cantidad de varianza explicada en el caso de ANOVA (izquierda) comparado con el control de la varianza explicada a través de ANCOVA (derecha).

tes). En nuestro caso, estas últimas son las respuestas a los constructos en la fase Pre-experimental. Según Newton y Rudestam (1999), usar el análisis ANCOVA es efectivo en experimentos donde están disponibles los *pre-test* de los participantes ya que permite controlar la variabilidad dentro de cada grupo y centra el interés en las diferencias entre grupos sometidos a diferentes condiciones experimentales.

Por lo tanto, con el método ANCOVA respondemos a la siguiente pregunta: “conocer si existe una diferencia significativa entre los sujetos sometidos a las condiciones experimentales a través del análisis de sus respuestas *post-test* ajustadas estas a las puntuaciones *pre-test*”.

Las dos principales ventajas de usar este método son: 1) aseguramos que si se encuentra variabilidad en el estadístico  $F$  será debida principalmente al tratamiento<sup>9</sup>; 2) se puede conocer de forma más precisa cuál es la varianza explicada debida al covariado y cuál es la debida a la condición experimental (parte derecha de la figura 6.4).

<sup>9</sup>La interpretación de datos en el análisis ANCOVA se realiza de igual manera que en ANOVA.

## 6.4 Resultados estadísticos

La intención principal del compendio de pruebas estadísticas que aquí se describen es realizar un estudio exploratorio con la intención de observar qué factores y dimensiones de las actitudes e intenciones pro-ambientales se podrían ver influenciados por el simple hecho de someter a un conjunto de sujetos a diferentes condiciones experimentales.

### 6.4.1 Resultados sin agrupación

En esta sección se muestran y discuten los resultados estadísticos pertenecientes a la aproximación sin agrupación previa.

Como se ha explicado previamente, los análisis se subdividen en dos partes. Por un lado, se presentan los análisis estadísticos de comparación de medias y medianas entre las respuestas *pre-test*, *post-test* para cada una de las condiciones a evaluar. Por otro lado, se realizan análisis de varianza usando el método ANCOVA.

#### Comparación *pre-test*, *post-test* de las respuestas a los cuestionarios

Empezando el análisis por la condición *automation* ( $N = 16$ ; tabla 6.2), se puede observar que las diferencias, tanto en las escalas que cargan sobre Preservación como el constructo en sí mismo (grupo tercero), son valores que fluctúan entre positivos y negativos, sin presentar ninguno de ellos diferencias significativas. Es decir, que los resultados estadísticos no arrojan evidencias suficientes para discernir si tal diferencia es fruto del azar o no<sup>10</sup>. Las diferencias más acentuadas, a pesar de no ser estadísticamente significativas, las encontramos en las dimensiones ‘Amenaza medioambiental’ y ‘Ecocentrismo’ donde se observa que sus medias en la fase Post-experimental son mayores que en la fase Pre y las respuestas están más concentradas en torno a la media (menor dispersión de datos).

---

<sup>10</sup>En esta primera aproximación a los datos estadísticos se muestran todos los constructos ya sean significativos o no. En lo que sigue, se presentarán únicamente las tablas que provean cierto grado de significancia estadística.

**Tabla 6.2:** Comparación Pre-Post de las dimensiones y constructos para los 16 participantes sujetos a *automation*

	Dimensiones y Constructos	PRE	POST	df	T	Z
		M (SD)	M (SD)			
EAI (Preservación)	Disfrute naturaleza	6.25 (1.20)	6.47 (1.10)			0.119
	Políticas conservacionistas	5.75 (1.15)	6.00 (0.82)			0.261
	Activismo medioambiental	4.75 (1.44)	4.75 (1.29)			0.634
	Amenaza medioambiental	6.25 (1.11)	6.50 (0.81)			-1.115
	Comportamiento conservacionista	6.00 (0.90)	6.00 (0.88)			-0.351
	Ecocentrismo	6.00 (0.72)	6.00 (0.47)			-1.386
	Apoyo políticas demográficas	3.00 (1.06)	2.75 (1.24)			0.035
EAI (Utilización)	Antropocentrismo	2.75 (1.29)	2.00 (1.08)			1.015
	Confianza en ciencia y tecnología	5.00 (1.12)	4.00 (1.00)	15	1.711 *	
	Alteración naturaleza	3.25 (1.49)	3.50 (1.43)			0.378
	Dominación humana sobre naturaleza	3.25 (1.61)	1.00 (1.53)			1.472
EAI (2º orden)	Utilización humana sobre naturaleza	2.75 (1.00)	3.50 (0.89)		-1.359	
	Preservación	5.21 (0.57)	5.07 (0.65)	15	-0.321	
	Utilización	3.45 (0.71)	3.10 (0.50)	15	1.738 *	
Readiness to Change	GEA	4.38 (0.39)	4.73 (0.46)	15	-1.129	
	Precontemplación	-3.50 (2.59)	-3.50 (2.03)			0.444
	Contemplación	1.00 (1.5)	1.00 (2.23)			-0.176
	Acción	1.00 (1.82)	0.00 (1.68)	15	0.60	
	Cambio de intención	2.00 (0.70)	2.00 (0.58)			0.249

Nota: La tabla presenta 19 dimensiones subdivididas en 4 agrupaciones de constructos. Las columnas PRE y POST muestran los valores M (la media de las puntuaciones sobre cada factor) y SD (la desviación estándar sobre la media). Para las muestras contrastadas mediante test paramétricos se presentan los grados de libertad (df) y el estadístico T. Para los no paramétricos se presenta el estadístico Z. \*p < 0.1 \*\*p < 0.05. \*\*\*p < 0.01. \*\*\*\*p < 0.001.

La segunda agrupación de cinco dimensiones (EAI - Utilización) ofrece resultados más interesantes a nivel estadístico. Dos de las dimensiones de dicho grupo (‘Confianza en ciencia y tecnología’, ‘Dominación humana sobre naturaleza’) arrojan resultados en los que las diferencias en las respuestas entre la fase Post-experimental y la Pre-experimental podrían no ser debidas al azar denotando que los participantes bajo la condición *automation* han mejorado en estas escalas.

Para el caso de ‘Confianza en ciencia y tecnología’:  $t(15) = 1.711$ ,  $p = 0.0538$ ; la Magnitud del Efecto (ME) usando el coeficiente de Cohen  $d = 0.427$  con un intervalo de confianza (CI)  $CI = [-0.0916, 0.934]$ . Este

valor de ME indica que el efecto es de tamaño medio<sup>11</sup>.

En el caso de ‘Dominación humana sobre naturaleza’ (test no paramétrico) obtuvimos que la mediana de las puntuaciones para la fase Post es menor que la mediana de la fase Pre:  $Z = 1.472$ ,  $p = 0.073$  con un tamaño del efecto ofrecido por el coeficiente de Rosenthal  $r = 0.260$ . De acuerdo a la tabla publicada por Kotrlik y Williams (2003), se considera un tamaño pequeño<sup>12</sup>.

En la tercera agrupación, el constructo de Utilización fue el único que presentó una diferencia significativa siendo su media en la fase Post-experimental menor que la de la fase Pre-experimental:  $t(15) = 1.738$ ,  $p = 0.051$  con una magnitud del efecto usando el coeficiente de Cohen  $d = 0.434$ ,  $CI = [-0.085, 0.941]$ . Al igual que en la escala ‘Confianza en ciencia y tecnología’, se considera un tamaño mediano y además significativo por tener una proporción de solapamiento muy reducida en el intervalo de confianza presentado entre muestras *pre-test*, *post-test*. Por último, ninguno de los factores evaluados en la cuarta agrupación dedicada a las intenciones de cambio de comportamiento presentó diferencias significativas.

En los casos en que los sujetos estuvieron sometidos a la condición *dashboard* ( $N = 11$ ) y en que los sujetos que estuvieron sometidos a la condición *eco-aware* ( $N = 21$ ) no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los constructos y dimensiones evaluadas y por tanto no se presentan las tablas estadísticas por no ocupar el presente texto con datos que no se tratarán en detalle.

Sirva como conclusión que de las 48 personas que participaron en el estudio, únicamente presentaron diferencias significativas las personas que estuvieron sometidas a la condición *automation* en las dimensiones ‘Confianza en ciencia y tecnología’ y ‘Dominación humana sobre la naturaleza’ y en el constructo Utilización. Este resultado es coherente ya que si dos de los factores de primer orden redujeron significativamente

---

<sup>11</sup>La correspondencia entre la magnitud numérica  $d$  y los rangos categóricos ‘pequeño’, ‘medio’ y ‘grande’ fueron realizados por el mismo autor de la magnitud (Cohen, 1988).

<sup>12</sup>Como se ha podido observar, en los test paramétricos se aplica el coeficiente de Cohen y en los no paramétricos en de Rosenthal.

**Tabla 6.3:** Efecto de las condiciones experimentales sobre los constructos estudiados a través de un análisis de covarianza.

	Dimensiones y Constructos	Automation	Dashboard	Eco-aware	Condiciones		Pre-test (covariate)	
		M (SE)	M (SE)	M (SE)	F(2, 44) ANCOVA	$\eta_p^2$	F(2, 44) ANCOVA	$\eta_p^2$
EAI (Utilizac.)	Confianza en ciencia y tecnología	4.00 (0.30)	4.39 (0.36)	4.43 (0.26)	0.622	0.0274	4.58 *	0.094
EAI (2º orden)	Preservación	5.28 (0.15)	5.35 (0.18)	5.16 (0.13)	0.390		0.204	
	Utilización	3.05 (0.13)	3.33 (0.15)	3.41 (0.11)	2.301		0.942	
	GEA	4.67 (0.10)	4.60 (0.13)	4.48 (0.09)	0.873		2.404	
Readiness to Change	Precontemplación	-3.38 (0.47)	-3.10 (0.56)	-3.36 (0.41)	0.086		1.559	
	Acción	0.29 (0.39)	0.89 (0.46)	0.97 (0.34)	0.902	0.039	4.379 *	0.090

Nota: La tabla presenta 6 dimensiones subdivididas en 3 agrupaciones de constructos. Las columnas *automation*, *dashboard* y *eco-aware* muestran los valores M (la media de las puntuaciones sobre cada factor en la fase Post ajustadas al covariado - respuestas en la fase Pre) y SE (el error estándar del cálculo de la media ajustada). Para cada una de las dimensiones se muestran los valores *F* del análisis de covarianza ANCOVA separados en dos columnas: 'Condiciones' y 'Pre-test'. La primera muestra la influencia que tiene la asignación experimental sobre la variabilidad en las respuestas de cada una de las condiciones. El covariado 'Pre-test' muestra la relación e influencia que tienen las respuestas en la fase Pre-experimental sobre las respuestas en la fase Post-experimental. Se presenta igualmente el tamaño del efecto ( $\eta_p^2$ ) si los datos estadísticos son significativos.

·p < 0.1 \*p < 0.05. \*\*p < 0.01. \*\*\*p < 0.001.

su puntuación, es lógico que también lo haga el constructo sobre el que cargan.

### Efecto de las condiciones experimentales sobre los constructos

Con el fin de conocer si las condiciones experimentales generaron un efecto sobre los constructos, se realizaron análisis de varianza para muestras paramétricas y para muestras no paramétricas. Los resultados de las primeras se muestran en la tabla 6.3, mientras que aquellas muestras que no seguían una distribución normal (gaussiana) o que sus varianzas no presentaban homogeneidad se evaluaron mediante el análisis de Kruskal-Wallis (Kruskal and Wallis, 1952) mostrándose sus resultados en la tabla 6.4<sup>13</sup>.

En las 6 dimensiones estudiadas con criterios paramétricos no se observan grandes diferencias entre los tres grupos con respecto a la in-

<sup>13</sup>Al ser la primera vez que se muestran estos resultados, se presentan todas las dimensiones en las tablas. En las siguientes secciones solo se mostrarán los factores con significancia estadística.

fluencia de los tratamientos. Únicamente el factor Utilización presenta un estadístico de Fisher alto  $F = 2.301$ , pero sin llegar a presentar suficiente significancia estadística para no considerarlo azaroso. En línea con los resultados presentados en la tabla de los sujetos sometidos a *automation*, el factor ‘Confianza en ciencia y tecnología’ presenta un estadístico mayor  $F(2, 44) = 4.58$ ,  $p = 0.0379$ ,  $\eta_p^2 = 0.094$ . Sin embargo, se constata que la mayor parte de la varianza viene explicada por covariado Pre-test (9.4 %) a diferencia de solo un 2.7 % explicado por la condición experimental. De forma análoga, el factor ‘Acción’ presenta un estadístico alto  $F(2, 44) = 4.379$ ,  $p = 0.0422$ ,  $\eta_p^2 = 0.090$ , repartiéndose un 9 % de la varianza explicada por el *pre-test* y solo un 3.9 % debido a la condición experimental.

Estos dos resultados significativos muestran el poder de ANCOVA a la hora de controlar los factores de confusión. Los resultados del *post-test* son muy dependientes de los valores recogidos en la fase Pre-experimental. Al ajustar los valores *post-test* a estos, queda reducido el efecto de los tratamientos sobre las variables dependientes.

Concluido el análisis paramétrico, se pasa a observar los resultados obtenidos mediante el test de Kruskal-Wallis.

De acuerdo con Sheskin (2003), encontrar diferencias significativas en los análisis no paramétricos mediante el método de Kruskal-Wallis es complejo debido a dos cuestiones principales: 1) al tamaño de la muestra (las muestras pequeñas tienden a no presentar diferencias significativas); 2) al tipo de transformaciones que se realizan sobre los datos (calcular la suma de rangos de las muestras, ordenar los rangos y comparar las sumas de los rangos). Se conjetura que una de las razones por las que en la tabla 6.4 se obtuvieron estadísticos relativamente altos (por ejemplo, ‘Alteración de la naturaleza’) pero con un valor  $p$  por encima del umbral que denota diferencias significativas podría ser debido a la tesis de Sheskin. El único factor de la tabla que refleja que las medianas de los rangos de sus muestras son diferentes estadísticamente, es la puntuación total del cuestionario sobre las intenciones de cambio:  $H(2) = 5.047$ ,  $p = 0.0801$ .

Como no es posible realizar un análisis ANCOVA para muestras no

**Tabla 6.4:** Efecto de las condiciones experimentales sobre los constructos estudiados a través de un análisis no paramétrico.

Dimensiones y Constructos		Automation	Dahsboard	Eco-aware	Post-test	Pre-test
		M (SE)	M (SE)	M (SE)	$\chi^2(H)$	r
EAI (Preservación)	Disfrute naturaleza	5.84 (0.31)	5.77 (0.37)	5.55 (0.27)	0.335	
	Políticas conservacionistas	5.71 (0.29)	6.05 (0.35)	5.48 (0.25)	1.216	
	Activismo medioambiental	4.52 (0.34)	4.28 (0.41)	4.17 (0.29)	1.437	
	Amenaza medioambiental	6.40 (0.19)	6.21 (0.23)	6.28 (0.17)	1.031	
	Comportamiento conservacionista	5.76 (0.24)	5.82 (0.29)	5.85 (0.21)	0.244	
	Apoyo políticas demográficas	5.90 (0.18)	6.28 (0.21)	6.00 (0.15)	0.963	
EAI (Utilización)	Antropocentrismo	2.31 (0.29)	2.63 (0.35)	2.84 (0.25)	1.515	
	Alteración naturaleza	3.47 (0.31)	4.49 (0.39)	3.84 (0.28)	4.545	
	Domianción humana sobre naturaleza	2.10 (0.36)	2.22 (0.44)	2.74 (0.31)	3.020	
	Utilización humana sobre naturaleza	3.33 (0.23)	3.04 (0.28)	3.21 (0.20)	0.610	
Readiness to Change	Contemplación	1.21 (0.41)	1.48 (0.51)	0.92 (0.36)	3.243	
	Cambio de intención	2.26 (0.13)	2.46 (0.16)	2.65 (0.12)	5.047	0.201 2.565 -

Nota: La tabla presenta 13 dimensiones subdivididas en 3 agrupaciones de constructos. Las columnas *automation*, *dashboard* y *eco-aware* muestran los valores M (la media de las puntuaciones sobre cada factor en la fase Post ajustadas a las respuestas a los cuestionarios en la fase Pre) y SE (el error estándar del cálculo de la media ajustada). Para cada una de las dimensiones se muestran en dos columnas ('Post-test' y 'Pre-test') los valores  $\chi^2$  extraído del análisis de datos con el test de Kruskal-Wallis. La primera columna muestra la influencia que tiene la asignación experimental sobre la variabilidad en las respuestas de cada una de las condiciones. El 'Pre-test' muestra los resultados del mismo test realizados sobre las muestras de la fase Pre-experimental para conocer si se apreciaba ya una diferencia significativa entre las puntuaciones de los tres grupos. El tamaño del efecto ( $r$ ) se presenta si los datos estadísticos son significativos.  $\cdot p < 0.1$  \* $p < 0.05$ . \*\* $p < 0.01$ . \*\*\* $p < 0.001$ .

paramétricas, en la tabla 6.4 se muestra el resultado del mismo test sobre los datos recogidos en el *pre-test* con el objetivo de conocer si la diferencia es debida a la condición experimental o no. En dicha columna, se observa que el estadístico  $H$  es mucho menor y por tanto que no existía diferencia estadística significativa de antemano (razón por la que en este caso no se muestra el tamaño del efecto en la tabla).

Por último, se realiza un análisis *post-hoc* con ajuste de Bonferroni para conocer dónde radica la diferencia entre grupos en el constructo 'Cambio de intención'. El análisis denota una única diferencia significativa  $p = 0.043$  entre los grupos *automation* y *eco-aware*, presentando esta última condición una mayor puntuación en las intenciones de cambio. El tamaño del efecto calculado a través del coeficiente de Rosenthal  $r = 0.201$  muestra un tamaño mediano.

## 6.4.2 Resultados con agrupación previa por afinidad

En esta sección se muestran y analizan cinco nuevas tablas de resultados estadísticos pertenecientes al diseño experimental con agrupamiento previo por afinidad<sup>14</sup>. Recordemos que los bloques quedaron conformados de la siguiente manera: Bloque A ( $N = 24$ ); Bloque B ( $N = 8$ ); y Bloque C ( $N = 13$ )<sup>15</sup>.

### Comparación *pre-test*, *post-test* de las respuestas a los cuestionarios

A continuación se presentan los resultados estadísticamente significativos en los tres bloques de afinidad al comparar las medias de las respuestas Pre-experimentales con las Post-experimentales. Teniendo en cuenta que en cada uno de los tres bloques se asignan de forma aleatoria 3 condiciones experimentales, se triplica el número de test estadísticos a realizar con respecto al enfoque sin agrupación previa.

Según la tabla 6.5, en el Bloque A se encontraron diferencias significativas en dos dimensiones relativas al cuestionario EAI: un factor en la condición *dashboard* y otro factor para la condición *automation*.

Comenzando con la condición *dashboard*, se observó un incremento de la concienciación sobre el daño que se realiza al medio ambiente ('Ecocentrismo')  $t(2) = -4.000$ ,  $p = 0.0285$ . Calculada ME mediante el coeficiente de Cohen  $d = 1.234$ ,  $CI = [-1.913, 4.382]$ , se observa que el  $d$  ofrece un valor alto y por tanto su efecto podría ser grande.

Por otro lado, los resultados obtenidos de los sujetos bajo la condición *automation* muestran una menor fiabilidad en la ciencia y en la tecnología:  $t(5) = 2.169$ ,  $p = 0.0411$ . La ME se considera de tamaño mediano  $d = 0.547$ ,  $CI = [-0.893, 1.987]$ .

---

<sup>14</sup>Téngase en cuenta que en estas nuevas tablas no se presentan todos los constructos, sino que se muestran únicamente aquellos con significancia estadística.

<sup>15</sup>Los 3 sujetos que restan hasta llegar a 48 participantes pertenecían a dos grupos ('Computing' y 'Cowork3C') que no presentaban afinidad con ninguno de los demás y por tanto se descartaron (Bloque D).

**Tabla 6.5:** Comparación *pre-test/post-test* de las dimensiones y constructos con resultado significativo para los 24 participantes del bloque A.

Dimensiones y Constructos	Condición	PRE	Post	df	T
		M (SD)	M (SD)		
EAI (Preservación) Ecocentrismo	Dashboard	5.33 (0.58)	6.00 (0.50)	2	-4.000 *
EAI (Utilización) Confianza en ciencia y tecnología	Automation	4.67 (1.37)	4.00 (1.05)	5	2.169 *

Nota: La tabla presenta 2 dimensiones subdivididas en 2 agrupaciones de constructos. La columna ‘Condición’, muestra el tratamiento experimental del que se ha obtenido diferencia significativa. Las columnas PRE y POST muestran los valores M (la media de las puntuaciones sobre cada factor) y SD (la desviación estándar sobre la media). Se presentan únicamente los resultados de los test paramétricos ya que ninguno de los no-paramétricos resultó significativo. Los grados de libertad se representa mediante *df* y el estadístico con la letra *T*.

·*p* < 0.1 \**p* < 0.05. \*\**p* < 0.01. \*\*\**p* < 0.001.

En el Bloque B, tres factores pertenecientes tanto al cuestionario EIA como al PE-RTC resultaron ser significativos. Dentro del apartado de las actitudes pro-ambientales, los sujetos bajo la condición *dashboard* presentaron mayor afinidad hacia políticas que priman la conservación del medio ambiente (‘Políticas conservacionistas’):  $t(3) = -1.776$ ,  $p = 0.086$  con una magnitud del efecto grande calculada mediante el coeficiente de Cohen  $d = 1.126$ ,  $CI = [-1.072, 3.325]$

Dentro del mismo formulario, los sujetos bajo la condición *eco-aware* mostraron un incremento en el constructo Utilización en el que prima la creencia de que es apropiado y necesario alterar el entorno medioambiental en beneficio del ser humano:  $t(1) = -7.000$ ,  $p = 0.0451$  con ME grande  $d = 3.130$ ,  $CI = [-8.171, 14.43]$ .

Por lo que respecta a las intenciones, en el mismo grupo *eco-aware* aumentó de forma significativa el número de personas que se identificó con el estado de ‘Contemplación’:  $t(1) = -5.000$ ,  $p = 0.628$ ; presentando una magnitud del efecto de tamaño medio  $d = 1.386$ , con un intervalo de confianza al 95 %  $CI = [-6.017, 8.791]$ <sup>16</sup>.

<sup>16</sup>En la tabla 6.6 se muestran los datos referentes a ‘Precontemplación’ y a ‘Acción’ para poder interpretar si el aumento en ‘Contemplación’ se debe a personas que estaban en un estado anterior y mejoraron sus intenciones con respecto al medio ambiente, o por contra procedían del estado de ‘Acción’ y redujeron su implicación. De acuerdo a los datos, el estado ‘Contemplación’ constata una mejora sobre el conjunto de las intenciones.

**Tabla 6.6:** Comparación *pre-test/post-test* de las dimensiones y constructos con resultado significativo para los 8 participantes del bloque B.

	Dimensiones y Constructos	Condición	PRE	Post	df	T
			M (SD)	M (SD)		
EAI (Preservación)	Políticas conservacionistas	Dashboard	4.75 (1.26)	6.12 (1.18)	3	-1.776 ·
EAI (2º orden)	Utilización ( <i>Reverse</i> )	Eco-aware	2.90 (0.14)	3.25 (0.07)	1	-7.000 *
Readiness to Change	Precontemplación	Eco-aware	-6 (1.414)	-7 (0.00)		
	Contemplación	Eco-aware	0.00 (1.41)	2.50 (2.12)	1	-5.000 ·
	Acción	Eco-aware	2.50 (2.12)	2.50 (2.12)		

Nota: La tabla presenta 5 dimensiones subdivididas en 3 agrupaciones de constructos. La columna ‘Condición’, muestra el tratamiento experimental del que se ha obtenido diferencia significativa. Las columnas PRE y POST muestran los valores M (la media de las puntuaciones sobre cada factor) y SD (la desviación estándar sobre la media). Se presentan únicamente los resultados de los test paramétricos ya que ninguno de los no-paramétricos resultó significativo. Los grados de libertad se representa mediante *df* y el estadístico con la letra *T*.

·p <0.1 \*p <0.05. \*\*p <0.01. \*\*\*p <0.001.

**Tabla 6.7:** Comparación *pre-test/post-test* de las dimensiones y constructos con resultado significativo para los 13 participantes del bloque C.

	Dimensiones y Constructos	Condición	PRE	Post	df	T	Z
			M (SD)	M (SD)			
EAI (Utilización)	Antropocentrismo	Automation	3.5 (1.26)	2.00 (0.51)			2.207 *
	Utilización humana sobre naturaleza ( <i>Reverse</i> )	Automation	2.69 (0.92)	3.56 (0.94)	7	-2.197 *	
Readiness to Change	Precontemplación	Eco-aware	-2.00 (2.00)	-4.00 (1.00)	2	2.000 *	
	Acción ( <i>Reverse</i> )	Automation	0.50 (1.76)	-1.00 (0.75)			2.041 *

Nota: La tabla presenta 4 dimensiones subdivididas en 2 agrupaciones de constructos. La columna ‘Condición’, muestra el tratamiento experimental del que se ha obtenido diferencia significativa. Las columnas PRE y POST muestran los valores M (la media de las puntuaciones sobre cada factor) y SD (la desviación estándar sobre la media). Se presentan por un lado los resultados de los test paramétricos: *df* =grados de libertad; *T* = estadístico resultante de t-student. Por otro lado, se presentan los no paramétricos con el valor estadístico *Z*

·p <0.1 \*p <0.05. \*\*p <0.01. \*\*\*p <0.001.

Por último, la tabla 6.7 refleja los datos estadísticos significativos para el Bloque C con la particularidad de que vuelven a aparecer resultados de análisis paramétricos y no paramétricos.

Las dos dimensiones relativas al cuestionario EAI, ambas en el tratamiento *automation*, son ‘Antropocentrismo’ y ‘Utilización humana sobre la naturaleza’. En la primera se puede observar que los sujetos redujeron su percepción sobre que el cuidado a la naturaleza es únicamente justificable si beneficia de forma directa a los humanos:  $Z = 2.207$ ,  $p < 0.0156$

con un tamaño del efecto calculado mediante el coeficiente de Rosenthal  $r = 0.551$  que denota un tamaño del efecto mediano.

Respecto a la ‘Utilización humana sobre la naturaleza’, en la tabla se observa que es un factor *Reverse*, por lo que su lectura revela que los sujetos en la condición *automation* antepondrían el desarrollo económico a la naturaleza:  $t(7) = -2.197$ ,  $p = 0.0319$ . Para cuantificar el efecto se calcula el coeficiente de Cohen  $d = 0.937$ ,  $CI = [-0.278, 2.154]$ . El valor  $d$  denota un efecto grande, aunque se ha de tomar con precaución debido a los valores del intervalo de confianza que incluyen al cero en el rango.

Dentro del ámbito de las intenciones, los sujetos bajo la condición de *eco-aware* mostraron su intención de cambiar del estado de Precontemplación hacia un estado más sensibilizado con el medio ambiente:  $t(2) = 2.000$ ,  $p = 0.0917$  con un tamaño del efecto grande calculado mediante el coeficiente de Cohen  $d = 1.264$ ,  $CI = [-1.900, 4.430]$ .

Por último, los sujetos que interaccionaron con las cafeteras automáticas (*automation*) disminuyeron su implicación activa con el medio ambiente:  $Z = 2.041$ ,  $p < 0.0312$  con un tamaño del efecto grande medido en el coeficiente de Rosenthal  $r = 0.510$ .

### **Efecto de las condiciones estudiadas sobre los constructos**

Para conocer si en cada uno de los bloques las condiciones experimentales han generado un efecto sobre los constructos y dimensiones que subyacen en los cuestionarios, se han realizado análisis de diferente naturaleza para muestras paramétricas y para muestras no paramétricas. Los resultados se muestran en las Tablas 6.8 y 6.9.

En la tabla 6.8 se puede observar que las diferencias significativas derivadas del análisis de covarianza de los factores paramétricos son debidas en gran parte a las condiciones experimentales y no tanto a la variable covariante (Pre-test)<sup>17</sup>.

En el Bloque A se observa una diferencia significativa en la dimen-

---

<sup>17</sup>Recuérdese que los resultados hallados en el análisis de datos paramétricos mediante el enfoque ‘sin agrupación previa’ mostraron que la variabilidad era debida al covariado.

**Tabla 6.8:** Efecto de las condiciones experimentales sobre los constructos estudiados con resultado significativo a través de un análisis de covarianza.

Dimensiones y Constructos	Automation	Dahsboard	Eco-aware	Bloque	Condiciones		Pre-test (covariate)	
	M (SE)	M (SE)	M (SE)	(a, b, c)	F(2, 44) ANCOVA	$\eta_p^2$	F(2, 44) ANCOVA	$\eta_p^2$
EAI (Utilizac.) Confianza en ciencia y tecnología	3.99 (0.44)	5.84 (0.63)	4.63 (0.28)	A	2.872	0.223	0.476	0.0195
Readiness to Change Acción	-0.93 (0.29)	0.43 (0.58)	1.86 (0.49)	C	11.2647 **	0.714	0.7542	0.077

Nota: La tabla presenta 2 dimensiones subdivididas en 2 agrupaciones de constructos. Las columnas *automation*, *dashboard* y *eco-aware* muestran los valores M (media de las puntuaciones sobre cada factor en la fase Post ajustadas al covariado - respuestas en la fase Pre) y SE (error estándar del cálculo de la media ajustada). La columna Bloque especifica el bloque en el que se encontró una diferencia significativa. Para cada una de las dimensiones se muestran los valores  $F$  del análisis de covarianza ANCOVA separados en dos columnas: 'Condiciones' y 'Pre-test'. La primera muestra la influencia que tiene la asignación experimental sobre la variabilidad en las respuestas de cada una de las condiciones. El covariado 'Pre-test' muestra la relación e influencia que tienen las respuestas en la fase Pre-experimental sobre las respuestas en la fase Post-experimental. Se presenta igualmente el tamaño del efecto ( $\eta_p^2$ ) si los datos son significativos.

·p <0.1 \*p <0.05. \*\*p <0.01. \*\*\*p <0.001.

sión 'Confianza en ciencia y tecnología':  $F(2, 20) = 2.872$ ,  $p = 0.800$  con un tamaño del efecto  $\eta_p^2 = 0.223$  repartiéndose así un 22.3 % de la varianza explicada por la condición experimental y un 3.9 % debido a las respuestas en la fase Pre-experimental. Para discernir cuáles son los grupos donde se acentúa la diferencia entre muestras, se realizó un estudio *post-hoc* basado en el test de Tukey con los siguientes resultados: existe una diferencia significativa entre las condiciones *dashboard* y *automation*,  $p = 0.0395$ . Sin embargo las diferencias entre *eco-aware* y *dashboard* o *eco-aware* y *automation* no arrojan diferencias significativas.

En el Bloque C se encuentra una diferencia muy acentuada entre las condiciones experimentales para el estado del cambio 'Acción'. Realizado el análisis ANCOVA determinamos que existe una diferencia significativa entre las condiciones  $F(2, 9) = 11.264$ ,  $p = 0.0035$  con un tamaño del efecto  $\eta_p^2 = 0.714$  que denota que la condición experimental explica un 71.4 % de la varianza, mientras que el *pre-test* (covariado) explica un 7.7 %. Realizado el estudio *post-hoc* basado en el test de Tukey se obtiene que existe una diferencia significativa entre *eco-aware* y *automation*,  $p = 0.0031$ . Sin embargo, no existe una diferencia tal que no pueda asegurarse que ha sido ocasionada por el azar entre las otras dos combinaciones de tratamientos que restan.

**Tabla 6.9:** Efecto de las condiciones experimentales sobre los constructos estudiados con resultado significativo a través de un análisis no paramétrico.

Dimensiones y Constructos	Automation	Dahsboard	Eco-aware	Bloque	Post-test		Pre-test	
	M (SE)	M (SE)	M (SE)	(a, b, c)	$\chi^2(H)$	r	$\chi^2(H)$	r
Readiness	1.84 (0.50)	1.62 (0.71)	0.60 (0.32)	A	4.933	-0.223	0.211	-
to Change	1.99 (0.19)	2.49 (0.37)	3.04 (0.32)	C	6.208 *	0.547	1.6	-

Nota: La tabla presenta 2 dimensiones pertenecientes a las intenciones sobre el cambio de comportamiento pro-ambiental. Las columnas *automation*, *dashboard* y *eco-aware* muestran los valores M (media de las puntuaciones sobre cada factor en la fase Post ajustadas a las respuestas a los cuestionarios en la fase Pre) y SE (error estándar del cálculo de la media ajustada). La columna Bloque especifica el bloque en el que se encontró una diferencia significativa. Para cada una de las dimensiones se muestran en dos columnas ('Post-test' y 'Pre-test') los valores  $\chi^2$  extraído del análisis de datos con el test de Kruskal-Wallis. La primera columna muestra la influencia que tiene la asignación experimental sobre la variabilidad en las respuestas de cada una de las condiciones. El 'Pre-test' muestra los resultados del mismo test realizados sobre las muestras de la fase Pre-experimental para conocer si se apreciaba ya una diferencia significativa entre las puntuaciones de los tres grupos. El tamaño del efecto ( $r$ ) se presenta si los datos son significativos.  $\cdot p < 0.1$   $*p < 0.05$ .  $**p < 0.01$ .  $***p < 0.001$ .

En último lugar, se analiza la tabla de muestras no paramétricas (Tabla 6.9). En ella se puede observar que hay dos constructos pertenecientes al cuestionario PE-RTC que muestran una diferencia estadística significativa a la hora de comparar las medianas de los rangos de las muestras.

Dentro del Bloque A, el estado del cambio 'Contemplación' presenta una aparente diferencia entre los tratamientos:  $H(2) = 4.933$ ,  $p = 0.0848$ . Realizando un test *post-hoc* con ajuste de Bonferroni para dilucidar entre qué grupos se halla tal diferencia, se encuentra cierta significancia estadística entre los grupos *eco-aware* y *automation*  $p = 0.094$ <sup>18</sup>. El tamaño del efecto calculado ( $r = 0.223$ ), denota un tamaño del efecto mediano para esa diferencia.

En lo que respecta al Bloque C, se encuentra un resultado estadístico significativo en el cambio general de las intenciones:  $H(2) = 6.208$ ,  $p = 0.0448$ . De igual forma, se realiza un análisis *post-hoc* con ajuste de Bonferroni para conocer dónde radica la diferencia. De la simple observación de la tabla, se puede inferir que de nuevo la diferencia se encuentra entre los grupos *eco-aware* y *automation* siendo el primero superior al segundo  $p = 0.066$ . El tamaño del efecto calculado a través del coeficiente de Rosenthal es alto  $r = 0.547$ .

<sup>18</sup>Véase que la media (M) ajustada de la condición *automation* es mayor que la de *eco-aware* y por tanto se asume que en el primer grupo existe una percepción superior de pertenencia a esta etapa del cambio.

Como se puede observar en la tabla 6.9, de forma análoga se realizó el análisis de Kruskal-Wallis sobre los datos Pre-experimentales para los dos constructos. En ninguno de ellos se encontraron diferencias estadísticas previas. Por lo tanto, se puede asumir que gran parte de la variabilidad en estos dos factores es debida a los tratamientos y no a la variable *pre-test*.

## 6.5 Conclusiones

La intención primera de este compendio de pruebas estadísticas fue realizar un estudio exploratorio con la intención de observar qué factores y dimensiones de las actitudes e intenciones pro-ambientales se podrían ver influenciados por el simple hecho de someter a un conjunto de sujetos a diferentes condiciones experimentales<sup>19</sup>.

Recordemos además, que las hipótesis de partida nos llevaban a pensar que sería factible encontrar diferencias estadísticas entre los constructos. Sin embargo se asumía que debido al número de muestras ( $N = 48$ ), sería complejo dotar de gran fiabilidad a los resultados hallados.

A continuación se repasan las conclusiones de los análisis *pre-test*, *post-test*.

***Pre-test vs Post-test.*** En todos los contrastes de hipótesis *pre-test*, *post-test* presentados en este capítulo, no solo se han ofrecido los valores de significancia estadística  $p$ , sino también el tamaño del efecto que permite cuantificar en qué grado esas diferencias son relevantes y su correspondiente intervalo de confianza<sup>20</sup>. Todos esos resultados, tanto del enfoque sin agrupación previa, como una vez divididos los grupos

---

<sup>19</sup>Téngase en cuenta que en este estudio se han evaluado constructos de las intenciones y de las actitudes en su sentido más amplio y/o genérico a través de intervenciones sencillas sobre las cafeteras de uso compartido.

<sup>20</sup>De acuerdo con Glass et al. (1981), “la significación estadística es lo menos interesante de los resultados. Estos se deberían describir en términos de la magnitud de la medida; no solo cómo afecta el tratamiento a los sujetos, sino cuánto les afecta”.

**Tabla 6.10:** Significancia, tamaño del efecto e intervalo de confianza para cada uno de las dimensiones y constructos que resultaron significativas (*pre-post*).

Dimensiones y Constructos		Sujetos (N)	Condición experimental	<i>p</i>	Efecto	Intervalo de Confianza -CI- (95%)
EAI (Preservación)	Políticas conservacionistas	4	Dashboard (B)	.086	1.126	
	Ecocentrismo	3	Dashboard (A)	.0285	1.234	
	Antropocentrismo	8	Automation (C)	.0156	1.320	
EAI (Utilización)	Confianza en ciencia y tecnología	16	Automation (NB)	.0538	0.427	
	Confianza en ciencia y tecnología (bis)	6	Automation (A)	.0411	0.547	
	Dominación humana sobre naturaleza	16	Automation (NB)	.073	0.538	
	Utilización humana sobre naturaleza (Reverse)	8	Automation (C)	.0319	0.937	
EAI (2º orden)	Utilización	16	Automation (NB)	.051	0.434	
	Utilización (Reverse)	2	Eco-aware (B)	.0451	3.130	
Readiness to Change	Precontemplación	3	Eco-aware (C)	.0917	1.264	
	Contemplación	2	Eco-aware (B)	.0628	1.386	
	Acción (Reverse)	8	Automation (C)	.0312	1.185	

Nota: La tabla presenta 12 dimensiones agrupadas en cuatro bloques. La columna Sujetos (N) muestra el tamaño de la muestra. La cuarta columna especifica la condición experimental en la que se encontró diferencia significativa estadística: NB = Sin agrupación previo en bloques; A = Bloque A; B = Bloque B; C = Bloque C; Se presentan los valores *p* que denotan que la diferencia no es debida al azar. El tamaño del efecto se cuantifica de acuerdo a la *d* de Cohen (en algunos casos, las correlaciones *r* han sido transformadas a valores *d*). La última columna muestra los intervalos de confianza de las diferencias entre las medias de las muestras *pre-post*.

en bloques, se sintetizan en la tabla 6.10.

Lo más interesante de esta tabla es que se recogen de forma gráfica los intervalos de confianza al 95% para cada uno de los contrastes paramétricos con el fin de comprender la fiabilidad de los valores de ME presentados<sup>21</sup>. Que CI incluya valores negativos denota que existe solape entre muestras *pre-post* y que el rango de valores que puede tomar la diferencia de medias es amplio. La ocurrencia de este hecho denota que la medida *d* no es suficientemente significativa.

A través de la tabla se puede determinar que: 1) la condición *eco-aware* no induce variabilidad ni en las actitudes ni en las intenciones sobre el comportamiento pro-ambiental (todos los factores que resultaron significativos para este tratamiento mostraron una variabilidad muy alta en el cálculo de los intervalos de confianza debido a un ta-

<sup>21</sup>Teniendo en cuenta la reducida muestra de este estudio, es importante presentar CI. Su cálculo tiene en cuenta el tamaño de la muestra, mientras que ME no.

maño muestral escaso); 2) la condición *dashboard* presenta resultados análogos a *eco-aware*. Las dos dimensiones en las que mostraron diferencias significativas hacia una mejora de las actitudes pro-ambientales se vieron afectadas negativamente por intervalos de confianza que mostraban solapamientos entre muestras *pre-post* debido igualmente a un tamaño reducido de la muestra; 3) el caso de la condición *automation* es la que suscita mayor interés a nivel concluyente. Para los test paramétricos realizados en el enfoque sin agrupación previa, se observó que los sujetos bajo esta condición redujeron su confianza en la tecnología como motor del cambio pro-ambiental y redujeron el factor Utilización (factor que promueve la explotación del medio natural en favor del ser humano). Cuando se elimina ruido muestral y se agrupa a los sujetos en bloques de afinidad, se observa que la confianza en la tecnología también decae en el Bloque A. Sin embargo, el caso del Bloque C resulta contradictorio: las 8 personas sometidas a la condición *automation* disminuyeron el estado Acción y se antepone el desarrollo económico al interés por la naturaleza. Estos dos resultados nos llevarían a pensar que la condición ha causado una disminución importante de las actitudes e intenciones pro-ambientales si no fuese porque los mismos sujetos redujeron la visión antropocentrista en favor del medio ambiente. Dada la amalgama de resultados contrapuestos, se concluye que se debe indagar aún más a través de nuevos experimentos en grupos con similares características al Bloque C.

A continuación se repasan los resultados estadísticos al comparar los tres tratamientos para cada uno de los 19 factores tanto en el enfoque sin agrupación como en el enfoque con agrupación previa por afinidad.

**Análisis de varianza.** En el enfoque sin realizar bloques de afinidad, se observó que tanto los factores ‘Confianza en ciencia y tecnología’ y ‘Acción’ fueron estadísticamente significativos, siendo la condición *automation* la que presentó una mayor reducción en el primer factor y los sujetos sometidos a la condición *eco-aware* los que más destacaron en el segundo factor. Sin embargo, mediante el análisis ANCOVA se pudo discernir que la mayor parte de la variabilidad era explicada por sus respuestas a los cuestionarios en la fase Pre y no tanto por los propios

tratamientos.

En el enfoque en el que se realizaron agrupaciones previas por afinidad, se encontraron resultados más reveladores que en el primer enfoque. En el Bloque C se confirma que existe una diferencia muy acentuada en el estado Acción entre *eco-aware* y *automation* en favor de los primeros, y lo más importante es que esta diferencia es debida principalmente al tratamiento y no al cuestionario Pre-experimental como había sido en el caso anterior. Por otro lado, en el Bloque A vuelve a resultar significativo que *automation* sea el grupo que presentó una menor percepción sobre la el uso de la tecnología como principal remedio a la problemática ambiental. De forma análoga, en el Bloque C se considera relevante que la mayor predisposición intencional hacia el cambio de comportamiento pro-ambiental sea debida a la condición *eco-aware*.

A la vista de todos los datos presentados, se hace inevitable determinar que apartar a los sujetos del control de un dispositivo electrónico de uso compartido en pro del confort, no hace sino reducir la confianza de los mismos usuarios en la tecnología como elemento primordial para la mejora del medio ambiente. De la misma manera, se observa que la comodidad puede generar un efecto rebote con respecto a la pasividad de actuar en favor del medio ambiente. Sirva como ejemplo que en el grupo C los sujetos bajo la condición *automation* redujeron significativamente su estado Acción. Si llevamos este hallazgo al cuidado sobre la energía, se puede plantear que reducir la implicación de los usuarios en la toma de decisión sobre si una máquina debería quedarse apagada o encendida, fomenta que estos reduzcan su percepción sobre el gasto energético, y por tanto reduzcan sus acciones en pro de la eficiencia energética.

Como última conclusión, los sujetos que interaccionaron con la condición *eco-aware* presentan de manera generalizada una mayor predisposición para realizar tareas que mejoren el medio ambiente y se muestran más activos realizando estas acciones. Se presume que esta percepción está causada por la satisfacción de saber que los encendidos y los apagados que se realizan, inducidos estos por las recomendaciones recibidas de las cafeteras, son realizados con una consecuencia directa: ser más eficientes y por tanto ahorrar energía.

# 7

## Validación cualitativa

### Grupos de discusión, teoría fundamentada y conclusiones del experimento longitudinal

---

A pesar de que en el ámbito científico se recomienda el uso de métodos cuantitativos y el uso de metodologías de experimentación clásicas para aumentar la replicabilidad de resultados, existe gran cantidad de factores complejos, como pueden ser los fenómenos sociales y los componentes humanos en el ámbito de HCI, que no son fácilmente cuantificables o que se puedan manipular de forma experimental.

Por lo tanto, una vez finalizada la recolección de los datos energéticos y de los cuestionarios, se pasó a obtener información de las experiencias subjetivas de las personas participantes sobre el experimento para el que se les había reclutado. Recoger esta información, más personal e imposible de obtener a través de sensores o cuestionarios, se consideró de suma importancia para conseguir los siguientes objetivos:

1. Observar si existe una relación entre la información recabada mediante los cuestionarios, los datos comportamentales (energía consumida), y la percepción subjetiva de cada uno de los grupos sobre su comportamiento y rendimiento energético a lo largo del experimento. El énfasis de este primer punto radica en que el ahorro

energético, la eficiencia energética y la sostenibilidad son temáticas con un alto grado de deseabilidad social. Por lo tanto, a través de un análisis cualitativo se espera observar si existe una disonancia entre lo que se piensa y las acciones que realmente se realizan en cada una de las condiciones experimentales<sup>1</sup>.

2. Ahondar en la comprensión de los resultados de las entrevistas con respecto a las actitudes, intenciones y comportamiento. En la sección anterior se realizaron un conjunto de conclusiones que esperan ser reforzadas o contrastadas con la información subjetiva de las personas participantes en los grupos focales.
3. Descubrir si de los datos cualitativos extraídos puede emerger una teoría incipiente, o un conjunto de patrones de diseño sobre la creación y despliegue de objetos inteligentes que fomenten un consumo energético responsable en espacios colectivos donde las personas comparten electrodomésticos y otros dispositivos electrónicos.
4. Observar similitudes y diferencias entre las personas participantes y sus grupos de trabajo en lo que a percepción sobre el experimento se refiere. Este último punto pone especial interés en la utilidad percibida de cada una de las condiciones experimentales de cara a realizar diseños futuros.

Para ello, se creó un espacio de reflexión con algunos de los participantes, a través de la metodología de grupos de discusión, en la que se pudiesen tratar temas como la percepción en torno a la energía, a la interacción recibida o a las dinámicas establecidas a la hora de preparar un café.

En este capítulo se justifica el uso de la técnica de extracción de datos cualitativos basada en grupos de discusión, se explica el análisis de los datos recogidos mediante la teoría fundamentada; se enuncia una

---

<sup>1</sup>Este primer apartado está motivado por la teoría de la disonancia cognitiva (Festinger, 1962). Esta técnica de cambio de comportamiento no se ha puesto en práctica en la tesis, pero si la disonancia es muy acentuada, podría plantearse como un método a explorar para estudios futuros.

teoría incipiente que emerge de los datos analizados y, por último, se presentan las conclusiones sobre los objetivos enunciados previamente.

## 7.1 Grupos de discusión

Como se explicó en la descripción de las fases que constituyen este experimento longitudinal, uno de los últimos eventos del estudio fue la realización de diez sesiones con grupos focales o de discusión.

Para elegir este método de extracción de datos de tipo cualitativo, el equipo investigador se planteó las mismas preguntas que en el experimento *'nudging just-in-time'*, es decir:

1. Entre las diferentes técnicas de extracción de datos cualitativos, ¿cuál nos permite extraer datos más cercanos a los objetivos que queremos conseguir con el análisis de datos?
2. ¿Cuál es el coste temporal y económico asociado a cada técnica?
3. ¿Cuál será el análisis que se va a realizar de los datos extraídos?

La respuesta a estas cuestiones nos llevó a elegir la técnica de grupo focal de acuerdo con las mismas razones por las que se escogió esta técnica en el experimento detallado en la sección 4.2.2.2 y por supuesto, por la experiencia que ya había adquirido el investigador en la conducción de dinámicas con este tipo de metodología.

Basándonos en las recomendaciones de Merton et al. (1990) sobre cómo organizar las sesiones con grupos de discusión, se tomaron las decisiones que a continuación se describen: 1) el doctorando fue el moderador principal con todos los grupos; 2) el tiempo de duración de las sesiones osciló entre 30 y 40 minutos; 3) se intentó reclutar entre 5 y 6 personas por grupo focal como se puede observar en la tabla 7.1; 4) se pretendió que los grupos fuesen homogéneos pues todas las personas que participaban en cada sesión habían recibido el mismo tipo de feedback durante el mismo tiempo; 5) se ofreció a todos los grupos la misma información al inicio y al final de la sesión. De la misma manera, todas las

preguntas-debates se iniciaron con las mismas palabras (a partir de ahí el moderador intervenía únicamente si no se había comprendido alguna de las cuestiones o estas generaban dudas<sup>2</sup>); por último, 6) se subraya que cada una de las sesiones fue grabada con un equipo de sonido móvil y que los participantes fueron informados sobre ello. El guión de las sesiones, donde se pueden encontrar más aspectos relacionados con las recomendaciones de *Merton et al.*, puede consultarse en el apéndice B, sección B.1.

	Fecha	Participantes
Bailen	26/06/2015	3
Comunica	22/06/2015	3
Computing & Serv. Gen.	25/06/2015	4
Cowork3C	30/06/2015	1
Life	24/06/2015	5
Mobility	23/06/2015	5
Morelab	22/06/2015	6
Techabout	25/06/2015	3
Tecnológica	29/06/2015	1
<b>TOTAL</b>		<b>31</b>

**Tabla 7.1:** Relación de participantes que formaron parte de los grupos de discusión en cada uno de los grupos estudiados, así como la fecha de celebración de cada sesión.

### 7.1.1 Metodología de análisis

En la literatura de análisis de datos cualitativos se pueden encontrar diferentes metodologías que difieren entre sí en varios aspectos: 1) en la forma de analizar el contenido; 2) en las fases iterativas que comprenden el análisis; y sobre todo, 3) en el objetivo que se persigue al usar cada uno de estos métodos. Los métodos más aplicados en el ámbito de la

<sup>2</sup>La literatura al respecto hace hincapié en que se trate de dar total libertad a los participantes durante las sesiones dejando que cada persona dirija su discurso hacia donde considere.

interacción entre máquinas y computadores son: el análisis de contenidos cualitativos, el análisis temático y la teoría fundamentada<sup>3</sup>.

Para este análisis, y al igual que en el experimento *'nudging just-in-time'* (capítulo 4, sección 4.2), se aplicó la teoría fundamentada como método de análisis inductivo de la información que se fue obteniendo en cada una de las sesiones.

Para realizar el análisis de la información recabada en varios grupos de discusión usando la teoría fundamentada, Hernández (2011) recomienda realizar una sesión de grupo focal, analizarla y, después, con las conclusiones o primera teoría de ese primer evento, realizar la segunda sesión y así sucesivamente. Este proceso se denomina como 'muestreo teórico'. Sin embargo, en el caso que nos ocupa, y según se pudo observar en la tabla 7.1, las sesiones se realizaron con un margen temporal muy estrecho y, por tanto, no fue posible aplicar el muestreo teórico, sino que se aplicó el método de 'comparación constante'. En este método el investigador codifica y analiza los datos que le permitirán desarrollar ideas teóricas de forma simultánea. Es decir, una vez recogidos todos los datos, el investigador los va codificando y generando una teoría de una forma integrada, consistente y cercana a los datos. Glaser y Strauss (1967) definen cuatro etapas del método comparativo constante: 1) comparar incidentes aplicables a cada categoría; 2) integrar categorías y sus propiedades; 3) delimitar la teoría ; y 4) escribir la teoría.

Las razones por las que se escoge el método de análisis constante se detallan a continuación: por una parte, el investigador era el único encargado de realizar las transcripciones de las sesiones, proceso que es costoso si no se dispone de software automatizado<sup>4</sup>, y que por tanto no dejó tiempo suficiente para transcribir y analizar los datos entre sesión y sesión; la celeridad en la realización de las sesiones tuvo como aliado la llegada del verano, ya que interesaba realizar las sesiones justo al terminar la fase experimental; por último, se enfatizó en el interés de concentrar las sesiones con grupos focales ya que se podrían obtener

<sup>3</sup>Cada uno de estos métodos es explicado en detalle en el apéndice B, sección B.2.

<sup>4</sup>Las herramientas de transcripción automática al español no son muy fiables cuando hay varias fuentes interviniendo como es el caso de los grupos de discusión.

datos más fieles a la realidad a la hora de analizarlos y así no perder ninguna de las experiencias recientes de los participantes, so pena de no ser capaces de generar una teoría que comienza a emerger de un grupo y que se complementa con el siguiente.

## 7.2 Resultados cualitativos

A continuación se repasan las tres fases de la teoría fundamentada en la cual se extrae información de forma iterativa a partir de los datos recabados en las sesiones con grupos focales con el objetivo de llegar a una teoría que emerge de los datos.

### 7.2.1 Codificación abierta (*Open coding*)

Esta es la primera fase la teoría fundamentada. En ella se recoge toda la información transcrita y se extrae un conjunto de códigos o conceptos a partir de cada uno de los comentarios de las personas participantes en los grupos de discusión. La idea que persigue esta fase es que una vez recogido un número sustancial de conceptos, estos sean analizados y agrupados en categorías o fenómenos. Esta etapa se denomina abierta, porque el investigador no tiene una idea predeterminada sobre qué tipo de información está analizando. Por lo tanto, la generación de conceptos emerge directamente de los datos recogidos y no de las ideas preconcebidas de las personas que los analizan<sup>5</sup>.

De todas las sesiones se extrajo un total de 132 códigos unitarios repartidos entre las tres condiciones experimentales de la siguiente forma: *automation* (49), *dashboard* (29) y *eco-aware* (54).

En esta primera etapa de la teoría, los códigos se comienzan a categorizar según su relación con fenómenos similares. Además, se obtienen las primeras propiedades y dimensiones de esas categorías extraídas. Por un lado, las propiedades exploran si en los conceptos se tratan atri-

---

<sup>5</sup>El proceso de codificación y análisis de la información fue realizado por dos investigadores para reforzar la reproducibilidad y fiabilidad de los temas extraídos (*inter-rater reliability*).

butos del tipo: “con qué frecuencia, objetivo, intensidad y duración”. Por otro lado, las dimensiones cuantifican las propiedades. En el caso que nos ocupa, se pone especial interés en las propiedades de frecuencia (por ejemplo, cuántas veces se hace caso a los consejos de la cafetera o en cuántas ocasiones se accede a la web para ver datos históricos), así como la propiedad ‘objetivo’ (es decir, conocer si cada una de las interacciones ha sido efectiva en un grado ‘alto’ o ‘bajo’).

### 7.2.2 Codificación axial (*Axial coding*)

Es la segunda fase la teoría fundamentada donde se pretende perfeccionar el primer conjunto de categorías o fenómenos extraídos. El objetivo es definir un conjunto de categorías delimitadas llamadas categorías principales o axiales (*key-categories*). En esta etapa del análisis se observa una saturación de conceptos y categorías, es decir, no emergen nuevas temáticas de los datos después de haber revisado repetidamente los extractos de las entrevistas y sus conceptos subyacentes. Además, en esta fase se relacionan las categorías encontradas de acuerdo a eventos, condiciones de causalidad, estrategias seguidas y objetivos.

La relación de conceptos iniciales se sintetizan en las categorías axiales siguientes: Interacción, Mediador/Emoción, Apego/Confianza, Contexto y Comportamiento.

Cada una de las categorías recoge aspectos de la percepción de los participantes en el experimento sobre la interacción con un objeto que, a través de las distintas condiciones experimentales, busca fomentar un uso responsable y eficiente de la energía que se consume<sup>6</sup>.

Además de definir las categorías principales, en esta fase se pretende

---

<sup>6</sup>Las categorías axiales Apego/Confianza y Mediador/Emoción son categorías con conceptos interrelacionados en los que la línea divisoria entre unos y otros no quedó suficientemente definida a partir de los datos recogidos. Para clarificar si Apego, Mediador, Confianza y Emoción deberían permanecer juntas o separadas en más categorías habría que realizar un muestreo teórico, es decir, recoger más datos y seguir trabajando a través de la teoría fundamentada. Sin embargo, la falta de datos al concluir las sesiones de grupos focales hace en la iteración que aquí se presenta, únicamente se definan 5 grandes categorías axiales quedando como trabajo futuro el refinamiento de la teoría incipiente.

**Tabla 7.2:** Conjunto de códigos por cada una de sus categorías axiales para los grupos de personas que interaccionaron con la condición *automation*

Interacción	Apego/ Confianza	Mediador / Emoción	Contexto	Comportamiento
complacencia comprensibilidad confort dificulta acción(-) confort provoca acción confusión(-) contrariedad(-) efecto wow(-) eficiente factores económicos feedback informativo inteligente más información(-) más proactivo(-) nuevo modelo interacción(-) personalización provoca acción útil	apego dependencia inseguridad(-) orgullosos de poseer el objeto complacencia desapego(-)	concienciación grupal genera discusión genera interés Media Equation orgullosos de poseer el objeto vigilancia genera acción vigilancia grupal	efecto espejo extrapolar comportamiento extrapolar otros dispositivos efecto Hawthorne hogar hogar vs trabajo horarios patrones	actitud pro-ambiental auto-culpabilidad(-) auto-eficiencia previa autopercepción pro-ambiental cambio de comportamiento pro-ambiental cambio hábito consciente concienciación grupal confort dificulta acción(-) confort provoca acción consistencia(-) dependencia(-) desaprendizaje(-) durabilidad frustración(-) delegación en objeto inseguridad(-) patrones personalización sin cambio de hábito consciente(-) vigilancia grupal

**Tabla 7.3:** Conjunto de códigos por cada una de sus categorías axiales para los grupos de personas que interaccionaron con la condición *dashboard*

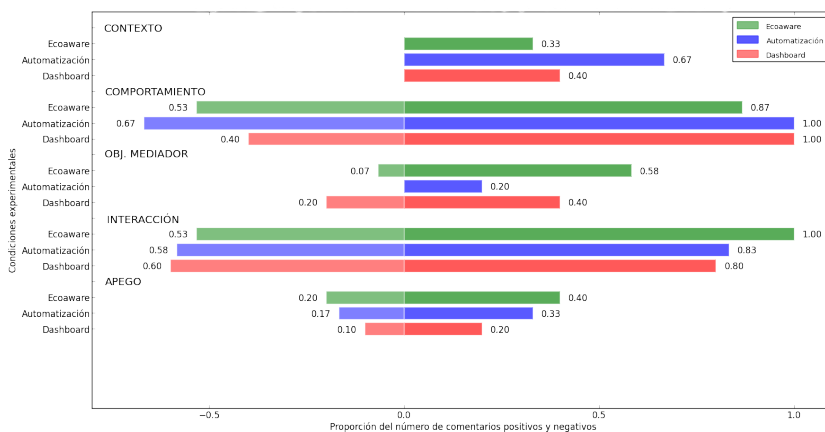
Interacción	Apego/ Confianza	Mediador / Emoción	Contexto	Comportamiento
complacencia comprensibilidad confort provoca acción confort provoca ineficiencia(-) efectiva factores económicos inefectiva(-) jugabilidad más feedback(-) más proactivo(-) nuevo modelo interacción(-) olvido(-) personalización transparencia	desapego emocional(-) extensibilidad genera interés	genera interés ineficiencia grupal(-) vigilancia genera acción interacción grupal no genera interés(-) vigilancia grupal	efecto Hawthorne hogar vs. trabajo patrones público vs. privado	auto-culpabilidad(-) auto-eficiencia previa concienciación grupal autopercepción pro-ambiental cambio de hábito consciente confort provoca ineficiencia(-) durabilidad confort provoca acción genera concienciación ineficiencia grupal(-) patrones personalización sin cambio de hábito consciente(-) vigilancia grupal

encontrar la interrelación entre las diferentes categorías a través de un proceso iterativo en el que se realizan comparaciones continuas entre los datos iniciales. En las tablas 7.2, 7.3 y 7.4 se pueden observar este conjunto de conceptos iniciales y su ubicación en cada una de las cinco categorías encontradas.

En las columnas Interacción, Mediador/Emoción, Apego/Confianza y Comportamiento hay conceptos acompañados con un símbolo negativo entre paréntesis. Este símbolo denota el carácter negativo del concepto. Es decir, dentro de las categorías citadas se recogieron comentarios positivos y negativos y por tanto se han marcado como tales. El objetivo de esta polarización es poder realizar comparativas entre

**Tabla 7.4:** Conjunto de códigos por cada una de sus categorías axiales para los grupos de personas que interaccionaron con la condición *eco-aware*

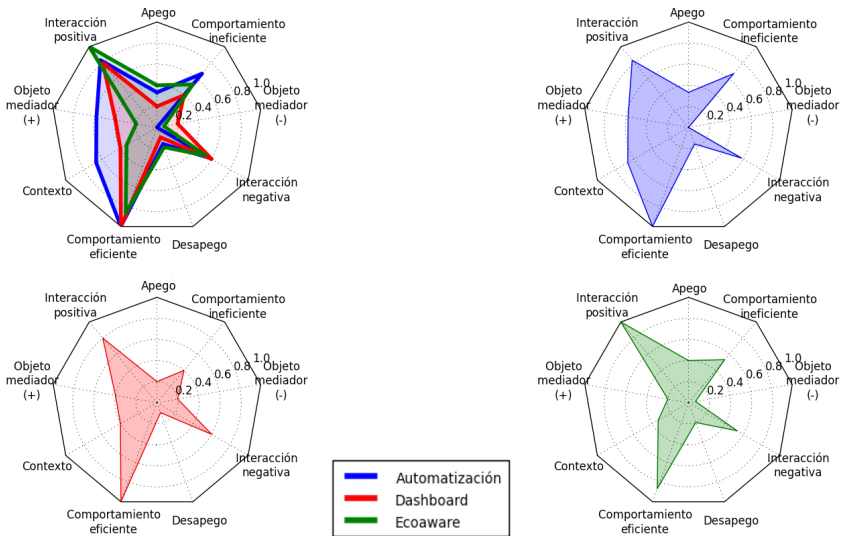
Interacción	Apego/ Confianza	Mediador / Emoción	Contexto	Comportamiento
automatización complacencia comprensibilidad confort provoca concienciación confort provoca eficiencia confort provoca ineficiencia(-) confusión(-) contrariedad(-) efecto wow(-) eficacia vs eficiencia eficaz estética ineficacia(-) inteligente jugabilidad más datos(-) más explícito(-) nuevo modelo interacción(-) personal vs grupal personalización provoca acción transparencia útil	afinidad apego complacencia confianza dependencia(-) desapego(-) extensibilidad no extensibilidad(-) preservación	concienciación grupal genera discusión genera interés ineficiencia grupal(-)	extrapolar comportamiento extrapolar otros dispositivos efecto Hawthorne hogar vs trabajo patrones	aceptación adaptación autopercepción pro-ambiental cambio de hábito consciente concienciación grupal confort provoca concienciación confort provoca eficiencia confort provoca ineficiencia(-) consistencia(-) dependencia(-) durabilidad eficacia vs eficiencia incomprensión(-) indefensión aprendida(-) ineficiencia grupal(-) magnitud consumo no durabilidad(-) obsolescencia patrones personalización sin cambio de hábito consciente(-)



**Figura 7.1:** Comparativa del interés suscitado por cada grupo de participantes expuestos a las tres condiciones experimentales respecto a las categorías axiales obtenidas.

grupos y comprender mejor cómo cambia la percepción sobre cada una de las categorías y sus dimensiones asociadas en función de la condición experimental.

Para comprender mejor estas diferencias, las figuras 7.1 y 7.2 presen-



**Figura 7.2:** Comparativa del interés suscitado en cada una de las categorías axiales a través de un gráfico radial para cada grupo de participantes expuestos a las tres condiciones experimentales.

tan la relación de conceptos negativos y positivos para cada una de las categorías en las tres condiciones experimentales. La figura 7.1 muestra esta relación a partir de un diseño de barras horizontales en las que la proporción de comentarios positivos se ven representados a la derecha del eje de ordenadas y los negativos a la izquierda. De acuerdo con estos datos, en la figura 7.2 se muestra la proporción de conceptos unitarios distribuidos por categorías a través de un gráfico radial. Dicho gráfico permite contrastar perfectamente las dimensiones de cada categoría a través de su superposición (gráfico superior izquierda)<sup>7</sup>.

<sup>7</sup>Téngase en cuenta que las gráficas 7.1 y 7.2 representan la relación de conceptos unitarios dentro de cada categoría pero no el número de comentarios (ocurrencia) en cada uno de ellos.



**Figura 7.3:** Relación de las cinco categorías principales (axiales) en torno al tema principal.

### 7.2.3 Codificación selectiva (*Selective coding*)

Es la última fase de la teoría fundamentada. En ella se pretende encontrar un tema central que sea catalizador de todas las categorías axiales encontradas en la fase previa.

En nuestro caso, cada una de estas cinco categorías recoge aspectos de la percepción de los participantes del experimento sobre la interacción con un dispositivo que, a través de las distintas condiciones experimentales, busca fomentar un uso responsable y eficiente de la energía que se consume. Por lo tanto, se deduce que todas estas categorías principales giran en torno a la relación con el dispositivo (en nuestro caso la cafetera) para reducir energía. La figura 7.3 muestra la relación lineal de las categorías axiales en torno al tema principal que ha emergido de los datos.

La figura presentada no debe entenderse como un modelo predictivo determinista, sino como un diagrama visual que pone en el centro la

relación que existe entre el dispositivo inteligente que promueve prácticas de eficiencia energética y quienes lo usan. El diagrama se realiza con el fin de organizar la teoría incipiente en su sentido más amplio: “desde los conceptos iniciales hasta el tema central, las interrelaciones entre categorías y la linealidad narrativa de estas” (Charmaz, 2006).

A continuación se presentan un conjunto de extractos obtenidos en las sesiones con los grupos de discusión que sostienen la narrativa descriptiva del diagrama presentado.

### Interacción

A pesar de que la categoría central de la teoría sea la relación entre las personas y el dispositivo para la mejora de la eficiencia energética, el tema de la interacción fue igualmente transversal en todas las conversaciones con las personas participantes. A lo largo de todas las sesiones realizadas se propuso un gran número de mejoras y nuevas propuestas interactivas. Cada uno de los comentarios y opiniones fueron diferentes, puesto que cada grupo focal había sido expuesto a condiciones experimentales distintas y por tanto, también lo fue la relación con el dispositivo en cada uno de los casos.

Como se puede observar en las figuras 7.1 y 7.2, la categoría interacción fue tratada con tintes positivos y negativos ya que no dejó indiferente a las personas participantes. A continuación se muestran varios extractos en los que el énfasis se pone del lado del rechazo a la interacción recibida y se sugieren mejoras subjetivas:

**P1DHB** (Participante 1, *dashboard*): “A mí me ha faltado *feedback*. No sabía si lo estaba haciendo bien o mal...Una alarma o algo que te avise si tardas mucho en poner el café en la máquina.”; **P6AUT** (Participante 6, *automation*): “Yo creo que si hubiera otra interacción como la que comentaba P5 del tema *gamificación*, del tipo que hubiese una pantalla que dijese... - el mes pasado ahorrasteis tanto -....de esa forma seguro que la gente se hubiera involucrado más para ver si este mes gastamos menos..”; o **P4ECO** (Participante 4, *eco-aware*): “Con la grabación de la taza (cuando se pasa por el posavasos o se coloca en la cafetera)...creo

*que lo haría más a gusto si recibiese algo por respuesta....como las tarjetas magnéticas del metro: acción reacción..un -piiiii-. De esa forma, además de recordar que se debe realizar una acción, te permite jugar con el sistema”.*

Un aspecto que resultó sorprendente a la hora de realizar el análisis de los datos, es que muchas de las personas bajo una condición experimental dada echaban de menos aspectos interactivos que habían sido claves en la concepción de las otras dos condiciones restantes. Sirva como ejemplo el comentario anterior de **P1DHB**, que perteneciendo a la condición *dashboard*, echaba en falta una interacción similar a la que se realizó en *eco-aware*. Esto no fue un caso aislado como muestran los comentarios siguientes.

**P2DHB**: *“Estaría bien si se encendiese y se apagase sola. Por lo demás no he echado nada en falta. Pero si algún día me plantease comprar una..sí tendría en cuenta el apagado y el encendido”*; **P8AUT**: *“Cuando analices los datos si nos dices algo como... lo mejor es que dejéis la cafetera encendida de 9 a 12h...sería algo muy práctico para nosotros. Algo como un recordatorio encima de las cafeteras con las guías...porque si no, realmente nosotros no sabemos cuándo hay que apagarla y cuándo hay que dejarla encendida”*; **P1ECO**: *“Hay una parte de una web que conozco para reducir energía en casa que es un ranking - el top ten de consumidores -..que está bien. Permite hacer comparativas con otra gente”*; o **P8ECO**: *“Igual para gente más friki como yo..igual sí estaría bien saber los kWh que consumimos..pero más a través de una web”*.

En el análisis todos los comentarios recibidos con respecto a la categoría interacción, se observó que la relación entre la cantidad de comentarios positivos y negativos caía del lado de los positivos en las condiciones *eco-aware* y *automation*, no siendo así para las personas participantes bajo la condición *dashboard* que en su mayoría sugirieron mejoras y mostraron su descontento con la interacción recibida. A continuación se presentan una serie de comentarios que muestran complacencia hacia dicha interacción.

**P8AUT:** “A mí la idea me ha parecido muy buena, o sea más eficiente. Es decir, si se enciende sola y se apaga sola cuando ella controla que va a ser más eficiente, me parece, a parte de cómodo, más eficiente energéticamente. No tengo que estar ocupándome de estar encendiendo y apagando continuamente. Es un método que no me ha exigido pensar o hacer nada más...algo como muy cómodo que casi se me ha olvidado incluso que tenía esa inteligencia”; o **P10ECO:** “Lo que sí nos servía bastante, eran los LEDs rojos en la periferia del posavasos para hacernos a la idea de cómo íbamos. Creo que el feedback visual del aparato también nos ha dado pistas de cómo ir haciéndolo. Yo creo que lo que habéis hecho con los LEDs es un buen punto de equilibrio para los usuarios. Es un feedback sencillo, fácilmente interpretable”.

A pesar de que en general se mostrase un mayor grado de complacencia hacia algunas de las interacciones recibidas, las condiciones experimentales crearon a los participantes emociones tanto positivas como negativas. De ahí se desprende que el diagrama de la figura 7.3 muestre una relación entre las tres categorías: (Interacción → Mediador/Emoción), (Interacción → Apego/Confianza) y (Mediador/Emoción → Apego/Confianza).

### **Mediador / Emoción**

Esta categoría abarca dos aspectos de la relación con la cafetera que surgieron de forma recurrente en las sesiones con los grupos focales.

Por un lado, se abordó la temática de cómo un objeto cotidiano puede tener la capacidad de mediar relaciones entre personas del mismo grupo de trabajo para despertar un interés por la energía consumida. A este respecto, la mayoría de las personas entrevistadas enfatizaron que dicho interés fue decayendo según fue pasando el tiempo y la gente se acostumbraba a la interacción. Las personas que debían acceder a una web para comprobar su consumo advirtieron que esa condición experimental no fomentaba conversación alguna en torno a la energía.

**P10ECO:** *“Sí ha habido conversaciones al respecto. No solo de la cafetera, sino pensar en otras aplicaciones similares. Formas de concienciar a la gente en torno al consumo energético”*; o **P8AUT:** *“Cuando nos pusisteis el chip o lo que sea...ahí sí hubo un par de semanas que estuvimos hablando sobre la cafetera y la energía”*; y **P3DHB:** *“Sí (haría falta más feedback). De esa forma sí que hubiese habido algo más de - chascarrillo -. Sí, hace falta más proactividad por la cafetera para que hablemos entre nosotros”*.

Por otro lado, a nivel emocional las interacciones no dejaron indiferentes a las personas participantes. Sobre todo, a las que estuvieron sometidas a la condición *automation* donde en varias de las entrevistas se recogieron muestras de frustración e incompreensión.

**P7AUT:** *“Siempre, sobre las 11h y pico o así me hago un café y siempre la tenía que encender (la cafetera). Luego se quedaba encendida y eso a mí me da rabia”*; o **P9AUT:** *“Yo me he sentido un poco raro...con la cafetera...que no la podías apagar...y pensaba: Pero, ¡Quiero apagarla para que no gaste! y no te dejaba...y ahí pulsando el botón. Alguna vez la desenchufé, creo.”*

Paradójicamente, las personas bajo la condición *automation* fueron también las que mostraron un mayor número de emociones positivas hacia el dispositivo.

**P1AUT:** *“Para mí era una incógnita esto de la cafetera inteligente, pero estaba como tan feliz de tener una cafetera inteligente [risas]”*; o **P3AUT:** *“A mí me gusta saber que tiene esa inteligencia porque digo...sé que está siendo eficiente y me gusta”*.

En línea con la definición de objeto como mediador de relaciones entre personas que utilizan el electrodoméstico, en la mayoría de las sesiones se observó cómo se trataba al dispositivo como si fuese una persona más del equipo (por ejemplo refiriéndose al dispositivo como “Ella”). Es también revelador el extracto de **P11AUT:** *“...saber que se puede encender o apagar cuando quiera y demás...no sé, me parecía gracioso y era como...si ella fuese una más de este departamento”*.

Este aspecto, que ya fue tratado en los experimentos iniciales de la tesis (ver Capítulo 4), fue estudiado por Reeves y Nass (1996) dando

lugar a la teoría “*Media Equation*” que explica porqué las personas tienden a tratar a los medios de comunicación y las computadoras como si fuesen personas. Esta teoría está altamente relacionada con el apego y la confianza depositada en el objeto, categoría, que como se ve en la figura 7.3 es sucesora y por tanto se estudia a continuación.

### **Apego / Confianza**

Al igual que la anterior categoría, en esta se tratan dos aspectos con gran relación entre sí. Por una parte, el apego generado hacia dispositivo después de haber permanecido durante más de un año en los grupos de trabajo. Por otra parte, la confianza depositada en el objeto como agente que promueve la eficiencia energética (bien siguiendo sus indicaciones sugeridas o bien como elemento autónomo).

Respecto al apego, solo las condiciones *automation* y *eco-aware* mostraron un cierto grado de cercanía hacia el objeto (más allá de considerarlo como un mero dispositivo electrónico) solicitando en varios casos que se dejase el dispositivo instalado y que no se retirase al finalizar la experimentación:

**P1AUT:** “(Con pena) *¿Entonces nos la vais (la cafetera) a despegar de nuestro espacio?. La queremos mogollón y la proyectamos allá donde vamos*”; o **P10AUT:** “*Yo creo que un poco sí se ha creado empatía...yo la echaré de menos. Sí...cambia tu percepción del cacharro. De ser un simple dispositivo...a ser algo que está haciendo algo bueno para mí y para el planeta y todo*”; o **P11ECO:** “*Al ser una empresa de tecnología...mmm pues todo el mundo se apunta a un bombardeo y dicen...vamos a hacerlo y ya está. Desde el principio nos ha molado la idea de la cafetera y la hemos aceptado rápidamente para que se quede*”.

Uno de los aspectos más interesantes para dilucidar hasta dónde puede llegar la utilidad de cada una de las interacciones de experimentación, es la confianza depositada en el dispositivo una vez se ha tenido una relación continuada y dilatada en el tiempo con el mismo. Al igual que en la categoría axial previa, solo las personas bajo las condiciones *automation* y *eco-aware* depositaron confianza en el objeto.

**P3AUT:** *“Bueno, si se encarga ella y lo gestiona ella, me fío”*; o **P4AUT:** *“Es muy cómodo decir, la cafetera sabe y hace. Si está apagada, enciendo para hacerme el café y ya está. Y si me la encuentro encendida pues todavía más cómodo”* o **P3ECO:** *“Yo en ese aspecto [hacerle caso a la cafetera] si tenemos una cafetera inteligente, yo hago lo que me dice totalmente. Claro está, si me dice que la apague, la apago”*.

Dentro del grupo *eco-aware* se recogió un comentario de un participante que trata sobre el tiempo que debe durar la interacción. Desde un punto de vista pragmático en pro de la eficiencia energética, el autor del comentario se desprende de todo apego hacia el dispositivo. Sin embargo, abre una cuestión interesante que nos da pie para introducir la siguiente categoría: el contexto.

**P12ECO:** *“Lo que hemos visto aquí, es un elemento externo asociado a la cafetera...pero que no necesariamente tiene que perdurar en el tiempo. Cuando ya se haya cogido el hábito lo puedas retirar...no lo tomaría como algo que necesariamente permanezca en la oficina de forma permanente”*.

## Contexto

La mayoría de comentarios que se recogen bajo el paraguas de esta categoría son los referentes al comportamiento con respecto a la eficiencia energética en el contexto del trabajo y el ámbito privado (el hogar). El interés de este apartado se centra en conocer si los hábitos adquiridos en un entorno donde existe una interacción dada se pueden trasladar fácilmente a otro entorno o viceversa. A continuación se muestran una serie de comentarios a este respecto.

**P2DSH:** *“A nivel personal...yo siempre en casa tengo la costumbre de encender, pongo el café y la apago al momento”*; o **P4DSH:** *“Igual no de todo, pero sí de aquellos aparatos que tienes en casa y que consumen más como horno, lavavajillas y así...y piensas...jo, los picos que tiene que haber, te acuerdas de la gráfica y sí que intentas controlar todo un poco más.”*; o **P10AUT:** *“En casa igual te preocupabas más de apagar*

*que aquí en el trabajo...por lo menos en nuestro caso que no tomamos mucho café. También creo que en casa se es mucho más rutinario...igual tomamos el café por la mañana...la enciendes y la apagas...tomas el café el fin de semana y puede que tengas otros patrones...pero yo creo que al revés sí que influiría”.*

Como se puede observar en los comentarios, algunos participantes replican los comportamientos aprendidos el hogar al entorno laboral. Sin embargo, hay indicios que nos llevan a pensar que en casa se pueden replicar las conductas adquiridas en el trabajo: **P10AUT**: *“Para mí, desde que nos dijisteis que la cafetera era automática y que se apagaba sola, sí me he empezado a dar cuenta en casa que hay que apagar las cosas que están en standby, las pantallas y sí que me siento como más concienciado para apagar las cosas. Por lo que puedo decir que sí que he notado un cambio en mí”*; o **P9ECO**: *“Y ya...al hacerlo aquí...vas a casa y lo piensas más”.*

Dentro de la categoría Contexto, no todos los comentarios pertenecen al espacio físico donde se localizaban las cafeteras, sino también se recogieron comentarios relativos al espacio temporal en el que se usaban: **P4AUT**: *“Pero al no tener yo un patrón regular al tomar té o café en el trabajo...ehhhh en sí no cumple la función que tiene que cumplir nuestro comportamiento...no sé...para mí había ahí una pequeña espina”*; o **P6ECO**: *“Nosotros somos un grupo pequeño...pero si hubiese 40 personas y esos 40 crean una franja horaria para tomar café...entonces en esta hora igual no tiene lógica estar apagando la máquina todo el tiempo, ¿No?”.*

Estos comentarios, al igual que otros similares muestran una preocupación entre las personas participantes sobre los encendidos y los apagados de los dispositivos dentro de cada grupo debido a la periodicidad en las tomas de bebidas calientes.

Para introducir la siguiente y última categoría (el comportamiento), se plasma un último comentario relacionado con el contexto, en este caso grupal, pero con una fuerte implicación sobre el comportamiento de cada individuo. **P10AUT**: *“En la oficina somos muchos y puede haber gente que no lo haga (seguir los consejos de la cafetera)...”.*

## Comportamiento

Esta categoría, junto con la de interacción, fue la que más conceptos acumuló durante el análisis y sobre la cual se dilataron más las discusiones durante las sesiones de discusión. Las opiniones de cada participante con respecto al comportamiento fueron muy diferentes en función de la condición experimental a la que habían sido sometidos.

Para esta última categoría se separan los comentarios en tres bloques, uno por cada condición experimental.

**Dashboard:** Los grupos bajo esta condición no mostraron un gran cambio en el comportamiento. Si acaso algunas personas resaltaron expectación inicial, pero esta duró poco tiempo.

**P2DSH:** *“Al principio, ¡la novedad! Luego ya te olvidas de que está”;*

o **P1DSH:** *“Al inicio la expectación era alta...¿Qué nos van a sacar de aquí? Pero vamos...luego ya te acostumbras y ni te das cuenta”;* o

**P3DSH:** *“Cuando vi las primeras gráficas en la página web te pones a mirar los picos de consumo y te sorprendes al estar más interesado en la energía, pero luego pocas veces me metí en la web”.*

**Automation:** Muchas personas bajo esta condición mostraron complacencia hacia la interacción recibida. Sin embargo, el aprendizaje de acciones en pro de la eficiencia energética no fue acorde al interés despertado. De los comentarios se desprende que la mayoría de las personas desoían el nuevo *modus operandi* automático de la cafetera y seguían accionando el botón de encendido y apagado como se había hecho hasta el momento de modificar la cafetera. **P5AUT:** *“Aunque sé que es bueno para el consumo energético a mí...no me ha supuesto ningún cambio en mi vida porque sigo haciendo lo mismo que hacía antes. Encender y luego intentar apagar”;* o **P2AUT:** *“El hábito de encender y apagar yo creo que no lo he quitado. Es decir, le sigo dando al botón.”;* o **P7AUT:** *“Yo también por inercia seguía dándole al botón de apagado...aunque no me dejaba. Siempre le doy. Me encontraba la cafetera apagada, la encendía y cuando acababa le daba al botón de apagado”.*

**Eco-aware:** Por último, la mayoría de personas asociadas a esta condición aseguró que de alguna forma se había tomado consciencia en el grupo sobre el consumo energético y la eficiencia en el entorno de trabajo y que por tanto fue más sencillo coger el hábito de apagar la cafetera o dejarla encendida en los momentos que esta indicase. Así lo muestran los comentarios siguientes.

**P2ECO:** *“Lo único que ahora que se enciende la luz, pienso...voy a dejarla encendida. Yo hasta ahora siempre la apago. Me hago el café y la apago. Es lo normal...pero hay veces que te hace dejarla encendida. Lo único eso...”*; o **P12ECO:** *“En la fase 2, fuimos más conscientes de que realmente valía para algo la instrumentación. Fuimos más conscientes de que había que utilizarlo y de que había que apagar la cafetera porque si no, se ponía todo roja la cafetera”*; o **P9ECO:** *“A mí personalmente sí que me ha concienciado bastante. A veces después de hacerme un café daba dos pasos y volvía a ver si la había dejado encendida (la cafetera). Y sin embargo antes no lo tenía tan interiorizado y no lo pensaba”*.

De acuerdo a los comentarios de las personas en la condición *eco-aware*, no solo se ha cambiado el comportamiento, sino que las respuestas apuntan a que este nuevo comportamiento se mantendrá en el tiempo.

**P8ECO:** *“De alguna forma empiezas a coger como un hábito, aunque sea algo inconsciente”*; o **P3ECO:** *“Pero hemos cogido costumbre...al final somos animales de costumbre...te acostumbras a apagar la cafetera y la acabas apagando”*; o **P5ECO:** *“Al final nos hemos acostumbrado, yo creo. Tomar el café y apagarla”*.

Una de las preocupaciones de varias de las personas entrevistadas fue el efecto que podría tener la falta de interacción sobre el comportamiento. Es decir, si las personas se acostumbran a utilizar la cafetera en el trabajo bien basándose a los consejos que esta emitía, o bien con apoyo en la automatización total del dispositivo, ¿Cómo se comportarían las personas con dispositivos similares en otros lugares?.

**P10AUT:** *“Puede ser que la cafetera tenga efecto espejo...por ejemplo en casa de mis padres la nevera se cerraba sola...luego cuando fui a otra casa donde la nevera no se cerraba sola...me la dejaba abierta mil*

veces. En este caso...no he terminado de acostumbrarme a no apagarla y en casa no tengo cafetera de ese estilo...pero igual sí podría ocurrir que pasase lo mismo que con la nevera”; o **P5AUT**: “Me hago el café y la dejo encendida...porque me despreocupo. Yo creo que la automatización me lleva a hacer una analogía a otros dispositivos y eso hace que me despreocupe y que use mal los que no tienen esa inteligencia. Con automatización he desaprendido lo que tenía ya aprendido. A mí me pasa que en casa me dejo la cafetera encendida”; o **P3ECO**: “Lo único que ahora que se enciende la luz, pienso...voy a dejarla encendida. Yo hasta ahora siempre la apagaba. Me hago el café y la apago. Es lo normal...pero ahora hay veces que te hace dejarla encendido y eso en mi casa no pasa”.

## 7.2.4 Conclusiones del análisis cualitativo

Para comenzar a describir las conclusiones de los datos cualitativos presentados en cada una de las categorías axiales extraídas a través de la teoría fundamentada, se presenta una tabla en la que quedan recogidos cuáles fueron los códigos o conceptos más repetidos (*open coding*) en cada una de las condiciones experimentales propuestas (Tabla 7.5).

Como se puede observar, los cinco códigos con mayor número de menciones permiten hacer un resumen de la percepción de los participantes sobre los extractos que se han transcrito previamente: 1) las personas bajo la condición *eco-aware* tienen una percepción acentuada de haber cambiado su comportamiento y en su mayoría consideran que la interacción fue eficaz con el objeto de aumentar la concienciación energética en el ámbito del trabajo; 2) las personas expuestas a la condición *dashboard* no conectaron con la interacción recibida proponiendo en la mayor parte de los comentarios mejoras sobre esta. Además, la mayoría puso énfasis en que el tratamiento no mitigaba los olvidos de dejar la cafetera encendida pues no había una relación directa entre la acción y el *feedback* recibido; y 3) los sujetos que usaron una cafetera inteligente autónoma, *automation*, mostraron emociones encontradas. A la mayoría de las personas les frustraba no poder manipular los encendidos y apagados y muchas se mostraron consistentes con su compor-

**Tabla 7.5:** Códigos de mayor ocurrencia durante las sesiones de grupos focales para cada una de las condiciones experimentales.

Eco-aware	Dashboard	Automation
Autopercepción pro-ambiental <sup>3</sup> (19)	Nuevo enfoque interacción <sup>1</sup> (25)	Frustración <sup>3</sup> (18)
Comprensibilidad <sup>1</sup> (17)	<i>Feedback</i> proactivo <sup>1</sup> (12)	Consistencia <sup>3</sup> (17)
Cambio de hábito consciente <sup>3</sup> (17)	Personalización <sup>1</sup> (9)	Comprensibilidad <sup>1</sup> (15)
Complacencia <sup>1,2</sup> (12)	Olvido interacción <sup>1</sup> (6)	Apego (emocional) <sup>2</sup> (15)
Interacción eficaz <sup>1</sup> (12)	Interacción efectiva <sup>1</sup> (6)	Nuevo modelo interacción <sup>1</sup> (15)

Nota: Los exponentes 1, 2 y 3 en cada uno de los códigos de mayor ocurrencia para cada una de las condiciones experimentales corresponden a las siguientes categorías:

<sup>1</sup> Categoría Interacción.

<sup>2</sup> Categoría Apego / Confianza.

<sup>3</sup> Categoría Comportamiento.

tamiento previo a la manipulación de la cafetera. Sin embargo, fueron muchas personas las que mostraron un gran apego hacia el dispositivo y depositaron confianza sobre la forma de operar de la cafetera.

### Categoría central: Relación con el dispositivo para reducir energía

Sobre la base de los datos analizados queda patente que son muchos los ámbitos que se deben tener en cuenta a la hora de diseñar un dispositivo que promueva eficiencia energética en el entorno laboral. Sin embargo, todos estos ámbitos reflejados en las categorías axiales comparten un nexo común, que es: la propia relación de las personas con el dispositivo. Una relación que, como se ha desgranado previamente, en ocasiones se acerca más a las relaciones inter-personales que a las que son concebibles en primera instancia entre un dispositivo electrónico (sin factores o rasgos antropomórficos) y las personas.

Por lo tanto, la primera conclusión a la que se llega una vez realizado el análisis cualitativo es que el diseño de este tipo de dispositivos debe poner la relación con el usuario en el centro del diseño: desde cómo se va a interaccionar con el dispositivo, pasando por las emociones que puede suscitar, las conversaciones que el propio dispositivo puede fomentar, el entorno o contexto dónde vaya a ser instalado y por último el comportamiento que se quiere promover.

**Interacción:** La información presentada en la sección previa deja patente que la teoría incipiente que se generó (figura 7.3) es únicamente aplicable a las condiciones *automation* y *eco-aware*. Por tanto, una segunda conclusión de este análisis sería que para que la teoría sea válida ha de haber una modificación física y tangible en el dispositivo de uso cotidiano. Una variación que sea perceptible por las personas usuarias y que de alguna forma, modifique el uso que se hace del dispositivo. Sin embargo, sobre la base de los comentarios de las personas que interaccionaron con *automation*, es preferible que la nueva interacción o bien incapacite totalmente la forma en la que se usaba previamente el dispositivo (para evitar la frustración), o bien mantenga la interacción intacta, pero que haya consejos o advertencias sobre la forma en la que se debería actuar para ser eficiente.

**Mediador / Emoción:** Los comentarios recogidos ponen de relieve que las personas bajo la condición *automation* fueron las que más se involucraron en conversaciones en torno a la energía así como las que más promocionaron al dispositivo fuera de las puertas del trabajo. De la misma manera, las personas sometidas a este tratamiento experimental expresaron sentimientos encontrados en el uso del dispositivo. De estos dos hallazgos se concluye que, en general, las personas relacionan en mayor grado la automatización con la inteligencia artificial y, por tanto, la automatización resulta más atractiva que las otras dos condiciones experimentales tanto para hablar de ella como para aumentar la complacencia. Sin embargo, esta condición experimental genera rechazo si se aparta de forma deliberada a las personas del control de los dispositivos.

**Apego / Confianza:** En esta categoría se encontró un equilibrio entre los comentarios de los participantes que habían interaccionado con las cafeteras instrumentadas con *automation* y con *eco-aware*. Es decir, tanto unos como otros dieron muestras de afinidad hacia las cafeteras instrumentadas después de más de un año de experimentación. Además, mostraron confianza tanto en los consejos de las cafeteras como en la automatización. De acuerdo con el apartado

anterior, se concluye que la inteligencia artificial, sea esta utilizada en mayor o menor grado, genera confianza. La confianza en la fuente que genera un mensaje (en este caso en la cafetera), que ofrece una sugerencia o que funciona de acuerdo a una información a la que las personas no pueden acceder, hace que la fuente sea más creíble y que los sujetos tiendan a adoptar dichos mensajes con mayor facilidad. Esta conclusión es acorde con la teoría de la probabilidad de elaboración de Petty y Cacciopo (1986).

**Contexto:** En general, todas las personas con las que se mantuvo una conversación durante las sesiones de grupos focales aseguraron que en sus hogares eran coherentes y consecuentes en su comportamiento en torno a la eficiencia energética. La máxima de estas personas es apagar cualquier dispositivo una vez concluido su uso. Sin embargo, en entornos compartidos donde se diluye la responsabilidad o se pierde el control sobre qué es mejor: si apagar o dejar encendido, no queda del todo claro que el ser eficiente sea sinónimo de apagar después de usar. Dicho esto, quede como conclusión de esta categoría que los comportamientos aprendidos en un entorno se podrían extrapolar a otros entornos. Por lo tanto, se debe prestar atención a que el comportamiento al que da pie la interacción diseñada puede ser beneficioso energéticamente en un lugar, pero podría ser despilfarrador en otro.

**Comportamiento:** Fomentar un comportamiento determinado no es una tarea sencilla. Más aún cuando se pretende llevar un comportamiento uniforme a un grupo numeroso de personas (con estas personas en diferentes etapas de motivación, interés o capacidad de cambio). Sin embargo, en los comentarios de las personas entrevistadas quedó claro que un diseño interactivo único por sí mismo no hace el mismo efecto a todo el mundo cuando se pretende reducir energía como ya apuntaron He et al. (2010). No obstante, la condición *eco-aware* consiguió casi de forma generalizada que las personas sintieran que estaban experimentando un cambio de comportamiento. Quizás porque la interacción les facilitaba la tarea de ser eficientes al sentirse aconsejados, o quizás porque según

avanzaba el tiempo el número de LEDs rojos disminuía drásticamente comparado con el inicio del experimento. Sea como sea, a través de los datos recogidos se comprobó que la percepción no era solo de cambio de comportamiento, sino que se hablaba de hábito. Es decir, de un comportamiento sostenido en el tiempo. Por lo tanto, se corrobora que los diseños interactivos que busquen reducir la energía desperdiciada deben dar a las personas la capacidad de realizar la acción última (bien que esta decisión pueda ser informada o guiada por el propio dispositivo inteligente).

## 7.3 Interrelación de los resultados obtenidos

Una vez recogidos y analizados los datos de tipo cuantitativo (energía consumida), los datos provenientes de las entrevistas (actitudes e intenciones pro-ambientales) y los datos cualitativos sobre la percepción personal en torno al experimento y la energía, se pasa a contrastarlos entre sí con el fin de buscar factores comunes que refuercen cada uno de los hallazgos. Para ello, se realiza una síntesis por cada una de las condiciones experimentales.

Comenzando por la condición *dashboard*, recordemos que a nivel cuantitativo no se encontró una mejora energética en ninguno de los grupos en la fase Experimental. Además, el grupo que fue monitorizado en la fase Post-experimental ('Serv. Generales') aumentó de forma considerable el grado de ineficiencia energética haciendo patente que esta condición no fomenta comportamientos de sensibilización energética. Estos resultados de comportamiento son acordes con las intenciones, actitudes y la percepción subjetiva. Por un lado, la condición *dashboard* no generó ningún cambio (ni positivo, ni negativo) en los constructos estudiados. Por otro lado, esta condición generó descontento generalizado entre las personas que interaccionaron con ella ya que, en palabras de los propios sujetos, la web diseñada no ayudaba a mitigar los olvidos de dejar la cafetera encendida por no existir una relación directa entre la acción a realizar y el *feedback* recibido.

*Automation* fue la segunda mejor condición en lo que eficiencia energética se refiere. Como se observó en el análisis de datos cuantitativos, esta condición podría no ofrecer siempre un rendimiento óptimo debido a la difícil predictibilidad del comportamiento de las personas en un grupo (en nuestro caso, en las horas de tomar café). No obstante, esta condición asegura de manera fiable una reducción energética, en mayor o menor grado, debido a que se elimina el factor humano en la manipulación del dispositivo.

Alejar a las personas de la toma de decisión sobre los encendidos y apagados de la cafetera no ha estado exento de voces críticas y afines. Por un lado, la complacencia inducida por no tener que pensar en cómo actuar sabiendo que el dispositivo opera de forma eficiente fue la máxima de un gran número de sujetos entrevistados. Sujetos que junto a otros muchos mostraron su rechazo y frustración por no poder manipular el dispositivo en ciertas ocasiones (sobre todo cuando la percepción era que dejar el dispositivo encendido provocaba derroche energético). Estos sentimientos se antojan explicativos de uno de los hallazgos más consolidados del estudio actitudinal: al terminar el experimento las personas bajo la condición *automation* mostraron una menor confianza en la tecnología como eje de la lucha climática y ambiental, al igual que fueron los que menor confianza presentaron respecto a este tema de las tres condiciones experimentales evaluadas.

Para concluir la interrelación de resultados para la condición *automation*, se ofrece un dato que es acorde a los resultados obtenidos tanto en las entrevistas como en los cuestionarios en torno a las intenciones: la comodidad puede generar un efecto rebote con respecto a la pasividad de actuar en favor del medio ambiente (estado de 'Acción'). Reducir la implicación de los usuarios en la toma de decisión sobre si una máquina debería quedarse apagada o encendida, fomenta que estos reduzcan su percepción sobre el gasto energético, y por tanto reduzcan sus acciones en pro de la eficiencia energética.

Por último, la condición *eco-aware* fue la condición que presentó mejor rendimiento energético tanto en la fase Experimental como en la Post-Experimental lo que nos llevó a pensar que este tipo de interacción no solo fomentaba un comportamiento eficiente sino que este era

mantenido en el tiempo una vez retirada la interacción. A pesar de ello, se certificó que dejar la interacción de forma indefinida era recomendable ya que las acciones que la cafetera recomendaba maximizaban la eficiencia energética<sup>8</sup>.

Las entrevistas en los grupos focales se correspondieron con los datos cuantitativos: las personas en la condición *eco-aware* mostraron una percepción acentuada de haber cambiado su comportamiento y en su mayoría consideran que la interacción fue eficaz con el objeto de aumentar la concienciación energética en el ámbito del trabajo. Además, según se recogió en las grabaciones, muchas de las personas en esta condición consideraron que mantendrían el comportamiento una vez retirada la interacción. De acuerdo a los cuestionarios analizados estadísticamente, se concluyó que las personas sometidas a este tratamiento experimental presentaron una mayor predisposición para realizar tareas que mejoren el medio ambiente y se mostraron más activos realizando estas acciones. Una posible explicación de esta percepción podría tener que ver con la satisfacción de saber que los encendidos y los apagados que se realizan, inducidos por las recomendaciones recibidas de las cafeteras, son ejecutados con una consecuencia directa: ser más eficientes y por tanto ahorrar energía.

### 7.3.1 Limitaciones de los resultados obtenidos

- Los resultados se obtienen a través de haber modificado un único dispositivo de uso cotidiano (la cafetera) y de ello se extraen conclusiones de ámbito general sobre las actitudes e intenciones de cambio pro-ambiental. La instrumentación de un mayor número de dispositivos usados cotidianamente por las personas estudiadas nos acercaría a hallazgos más concluyentes.
- A pesar del esfuerzo realizado para llegar a un número suficiente de participantes, el número de personas reclutadas para este experimento es reducido y los resultados obtenidos únicamente

---

<sup>8</sup>Se debe realizar más investigación en este aspecto con el fin de comprender cómo tendría que ir variando la interacción a lo largo del tiempo para que mantuviese su eficacia.

pueden ser catalogados como exploratorios. El número se podría considerar adecuado a la hora de contrastar los datos de cada tratamiento experimental en el enfoque sin agrupación previa. Sin embargo, subdividir a los grupos en bloques de similitud hace que se pierda poder estadístico en las conclusiones. La idea de realizar bloqueo previo es conveniente pues se reduce variabilidad y ruido muestral, sin embargo es preferible en experimentos con un número de sujetos por encima de la centena.

- Los cuestionarios usados no han sido validados psicométricamente una vez realizada su traducción al español. La validez de estos se basa por tanto en las propiedades medidas por los autores del cuestionario en su lenguaje de origen. A pesar de ello, la traducción fue realizada cuatro personas, con el investigador de esta tesis actuando como meta-traductor, con la finalidad de preservar la fiabilidad de cada una de las cuestiones que explican los constructos subyacentes.
- La generalización de los resultados obtenidos a otro tipo de objetos cotidianos queda como investigación futura. No hay un gran número de objetos en el trabajo o en espacios comunes que presenten las características de una cafetera: 1) puedan ser manipulables por todas las personas; 2) que ofrezcan tres estados de funcionamiento (*on-off-standby*); y 3) que generen un consumo considerable como para que la instrumentación adicional sea viable en términos de eficiencia energética.
- La teoría hallada a través del análisis cualitativo usando la teoría fundamentada requiere de más iteraciones y muestreo teórico para comprender mejor los factores de mayor influencia en lo que respecta a la relación entre un objeto y las personas con el fin de reducir energía. Además quedaría por conocer si las dos categorías que preceden a la categoría Interacción (Mediador/Emoción y Apego/Confianza) permanecen juntas, confluyen en una sola o por contra se separan en cuatro categorías diferentes.
- El único ámbito al que se está seguro que se podrían aplicar las

conclusiones halladas es al ámbito laboral y teniendo en cuenta las semejanzas socio-culturales y demográficas con los grupos investigados. Sin embargo, no se descarta que los resultados puedan ser fácilmente generalizables a otros contextos similares con la premisa de ser un espacio de uso compartido.

Los detalles de cuán de generalizables sean los resultados obtenidos se tratan en el apartado siguiente a través del análisis de la validez interna y externa.

### 7.3.2 Validez interna y externa

La validez de un estudio denota el grado de fiabilidad y credibilidad que aportan los resultados debido a varios parámetros como son la objetividad del investigador, el número de sujetos con el que se cuenta, el método de reclutamiento, etc. En este apartado trataremos la validez interna y externa. Por un lado, la primera tiene que ver con la causalidad, es decir, si el factor que estamos manipulando (en nuestro caso los tratamientos experimentales) puede ser variable explicativa de los factores analizados (los constructos). Por otro lado, la validez externa tiene que ver con cómo de generalizables son los resultados que se han presentado. Es decir, cómo de extrapolables pueden ser los resultados obtenidos a otras poblaciones con mayor o menor parecido a las que se han utilizado en este estudio.

La validez interna se analizó en detalle en el apartado de análisis estadístico de las respuestas a los cuestionarios. Una vez realizado el análisis completo de todos los constructos pro-ambientales, las conclusiones fueron que las condiciones experimentales *automation* y *eco-aware* son factores parcialmente explicativos de los constructos ‘Confianza en la tecnología’ y ‘Acción’ respectivamente. A través del análisis ANCOVA se pudo controlar el covariado ‘*pre-test*’ y por tanto se pudo cuantificar la cantidad de varianza que era explicada debida a cada una de las condiciones experimentales. Por otra parte, a través de la cuantificación de la magnitud del efecto, se pudo concluir la reducción en la dimensión ‘Confianza en la tecnología’ y la reducción del factor ‘Utilización’ por parte de los sujetos cometidos a la condición *automation* denota

relevancia y efectividad en el campo de aplicación.

Por lo que respecta a la validez externa se deben separar los resultados cuantitativos de los cualitativos. Para el estudio sobre la energía consumida en las diferentes fases de la investigación (Pre-Experimental-Post), se puede afirmar que los resultados son bastante generalizables. Todos los grupos sometidos a la condición *eco-aware* ('Techabout', 'Mobility', 'Cowork3C', 'Bailén' y 'Tecnológica') redujeron energía en la fase Experimental gracias a seguir los consejos de la cafetera. Además los grupos 'Mobility' y 'Techabout' mostraron en la fase Post-experimental que el comportamiento adquirido fue mantenido en el tiempo. Cada uno de estos grupos tiene unas características socioculturales y demográficas diferentes como se detalló en la sección 5.2. Por lo tanto, los resultados podrían ser fácilmente extrapolables a cualquier grupo de trabajo en el que haya dispositivos de uso compartido y que sean manipulables por todo el personal de trabajo.

El estudio de los constructos a través de los cuestionarios no permite realizar las mismas afirmaciones de generalización que el apartado energético. La metodología de investigación aplicada es adecuada ya que el reclutamiento de participantes se puede considerar aleatorio y la asignación experimental lo fue igualmente. Sin embargo, se requieren estudios con mayor número de muestras para concluir que las condiciones experimentales son factores predictores de ciertas actitudes e intenciones para cualquier tipo de población dentro del ámbito laboral.

Por último, el estudio cualitativo arroja una teoría prometedora para el diseño de dispositivos inteligentes que promuevan conductas de eficiencia energética. La metodología de investigación aplicada aporta valor para reforzar la validez externa de la teoría incipiente: 1) dos investigadores consensuaron las codificaciones y categorías de la teoría resultante de los datos; 2) el número de sujetos entrevistados se puede considerar adecuado bajo el prisma de los estudios cualitativos; y 3) se realizó triangulación tanto a nivel de recogida de datos de diferentes fuentes, como de comparación y contraste entre los mismos datos encontrando una narrativa común entre todos ellos.

# 8

## Conclusions

### Progress beyond the state of the art

---

The set of studies conducted in this thesis have shown that environmental psychology theories can play an important role in informing the design of persuasive applications that motivate energy saving behaviours at workplace. Augmenting appliances of shared use with persuasive technology has resulted effective to cope with energy inefficiency. Moreover, the research has found that facilitating the task of conserving energy to the user is a strategy with a great potential to achieve pro-environmental behaviour change in the long term.

In this chapter, the thesis results are summarized as an answer to the research questions formulated at the beginning of this work. Furthermore, the research findings that have been obtained to validate the main hypothesis are also presented. Assessing energy-efficient strategies towards enhancing the eco-awareness in the workplace through ICT does not finish with this document. There is an ample scope to continue researching on the field which is thoroughly described at the end of this chapter.

## 8.1 Summary of the thesis

The thesis started with the premise that energy conservation is not only about switching off electrical devices after using them, but also about empowering people to operate them in an intelligent manner to save energy. This premise led to the thesis hypothesis: “*persuasive technologies are able to promote long term energy-efficient behaviours among people when using electrical devices of shared use in the workplace.*”

To validate this hypothesis, several research questions were formulated. Hereafter, we recall these questions and we give supporting evidences that allowed us to underpin them. Furthermore, we link each research question with the section of the thesis where is addressed.

**Research question 1.** *What kind of common-shared electrical devices are potential candidates to guide the research (e.g. lights, printers, photocopiers, coffee machines, thermostats, etc.)?*

In Chapter 3, the *eco-aware* concept was described as a strategy to increase worker’s awareness about the careless waste of energy resources in common areas when using devices of shared use. Studying the set of electrical devices that may guide the research, we found a report that stated that Europeans consume 2.4 Mt of coffee beans per year, having 2.2 daily cups per capita on average. Hence, we decided to investigate these appliances finding that they consume between 113 y 195 kWh per year with a huge margin of energy efficiency. Moreover, the market share of capsule-based coffee makers is increasing every year with a estimation of nearly 100 million units of coffee machines sold only in the EU with more than 40 % of them located in workplaces.

**Research question 2.** *What kind of interaction seem to be more effective to boost energy-efficient behaviours when operating a shared coffee-maker in the workplace?*

This question was explored in the first experiment (‘pre-pilot’, Section 4.1) and then reinforced in the ‘longitudinal study’ in Chapter 5. In the former experiment, we compared three motivational strategies to reduce energy consumption when operating the coffee-maker: *eco-aware*,

*dashboard* and *informative physical interface*; concluding that the *eco-aware* design was the most effective one reducing the energy wasted. During the time that the three different means of motivational strategies were provided (2 weeks), the groups interacting with *dashboard* and *informative physical interface* wasted 200 % more energy than the group under the *eco-aware* condition. In the latter experiment, we sought to support such early evidence. To accomplish this aim, we compared the *eco-aware* design with two alternative designs during 4 months: 1) an enhanced version of the *dashboard*; and 2) complete *automation*. Doing a longitudinal monitoring, we found that the differences reducing energy wasted between conditions were narrower than those found in the former experiment. However, the *eco-aware* design achieved the highest energy saving with a reduction of 18.06 %, whereas *dashboard* incremented the energy wasted in 0.08 % and *automation* only saved 1.84 %. This result is promising since the *eco-aware* design reached a saving percentage higher than any of the strategies reviewed in the state of the art (Table 2.3).

**Research question 3.** *What kind of interaction to boost energy-efficient behaviours may obtain a higher rate of technology acceptance in the workplace?*

Assessing whether a new augmented object will be accepted or not by users at workplace is pivotal to explain workers' intentions to use this information system and its subsequent usage behaviour. Moreover, this assessment has an impact over the capacity of the instrumented appliance to persuade users to behave in an energy-efficient manner. In the experiment described in Section 4.1, three items of the post-trial questionnaire were devoted to extract the participant's acceptance of the inclusion of the smart-device in their work routine. 91,67 % of the interviewees agreed stating that the eco-augmented coffee-maker was useful to save energy and they were favourable to leave the new augmented device in their offices instead of the previous one.

**Research question 4.** *What kind of persuasive interaction through ICT should be devised to create a group relationship between the source of the message (the instrumented appliance) and the receiver (the users of such appliance)?*

This question was also explored in the ‘pre-pilot’ experiment (Section 4.1) in a comparative manner among three experimental treatments. The study presented a set of empirical evidences about how people and the *eco-aware* condition were able to perform joint actions to reduce energy consumption in common spaces as teammates. We devoted five items to get insights about interdependence cues (i.e. whether participants exhibited any affiliation degree and mutual reliance with the appliance to save energy) as a predictor of team formation. Similarly as Nass et al. (1996), in that study we found that 76,47% of the subjects claimed to be more cooperative and open to influence from the *eco-aware* coffee-machine due to the interdependence created between them. Moreover, it was found that the participants subjected to *eco-aware* condition in the longitudinal study treated the augmented coffee-makers as if they were work-partners.

**Research question 5.** *What might be an appropriate moment to receive a persuasive cue with the aim of performing pro-environmental behaviour in common-shared spaces? Are there supporting evidences in which stimulating a pro-environmental action through priming might be more effective than receiving just-in-time cues or vice versa?*

In every experiment conducted to validate the thesis hypothesis, we assessed different means of eco-feedback to motivate pro-environmental behaviours. Previous questions focused on the aesthetic design of the eco-feedback or the channel to convey it. However, according to Fogg’s behaviour model (Fogg, 2009), it is paramount to define when is the most convenient moment to trigger persuasive cues, i.e. the call-to-action. *Eco-aware* conditions rely on facilitating to the user the pro-environmental action that should be performed. Therefore, in the ‘nudging just-in-time’ experiment (Section 4.2) we sought to elucidate effective moments to convey these persuasive cues. Just-in-time feedback was evaluated propitiously by interviewees as a nudging method to foster sustainable practices. Through a short ethnographical study and

a focus group session analysed through Grounded Theory, we found evidences that this real-time feedback effectively aids to support the decision-making at important junctures just in the moment to do an action. Priming (i.e. anticipating the feedback before the action occurs) was also evaluated in the referred experiment. The participants found it useful but raised their awareness about the context and temporal periods where it is provided (for example, time spent looking at vending machines or waiting in queues). Finally, we found that separating by time periods the informative feedback and the action to be performed is an ineffective practice because brings about inefficient pro-environmental behaviours. This was the case of people under the *dashboard* condition in the ‘pre-pilot’ experiment and in the longitudinal study.

**Research question 6.** *Do persuasive just-in-time cues make the intended pro-environmental behaviour remain in the long term (even if the experimental condition is removed)?*

According to Knowles et al. (2014) there is little research on supporting the claim that persuasive technologies (in their current form) are a suitable strategy for realizing lasting pro-behaviour change. This latter point was also stressed by De Young (1993). He showed that behaviour change techniques used to reduce energy consumption are reliable in the short term, but struggle at achieving durable change. A new behaviour can only be proven if it persists over a long period of time. Therefore, it is difficult to draw on studies with limited experimental timespan. In the longitudinal study presented in this thesis (Section 5.6), it was found that the participant groups subjected to the *eco-aware* condition reduced significantly the energy wasted. Further, the overall energy necessary to prepare a cup of coffee diminished throughout the four months of experimentation. More important was to find that the learnt behaviour was roughly maintained four months after the conclusion of the intervention (during these months the experimental treatments were already removed). Despite this behaviour maintenance, we stress that the *eco-aware* persuasive technology should be kept over time offering to the user a perceived value towards energy saving. The energy-efficient guidance offered to workers is impossible to be inferred by themselves.

Therefore, we conclude that the *eco-aware* condition in collaboration with workers maximises the energy savings.

**Research question 7.** *Does any of the classical environmental psychology theories align with the behaviour change strategy proposed? Could the pro-environmental attitudes and intentions be changed by the simple fact of having interacted with a shared appliance that guides the decision-making towards energy-efficiency?*

In Chapter 2, we reviewed those behaviour change models and theories that were potential candidates to be used as frameworks for guiding the thesis research: rational models, norm-activation models and attitudinal-intentional models. According to Intille (2004), the technological interfaces that encourage behaviour change with just-in-time prompting may also need to promote attitude change to ensure long-term results. Therefore, we focused on the latter models, specifically on the Ajzen's Theory of Planned Behaviour (TPB), to observe if pro-environmental intentions and attitudes changed in accordance with the energy-efficient behaviour. On the one side, we found that subjects who interacted with the *eco-aware* condition widely presented a greater willingness to perform tasks that improve the environment and were the most active performing these actions. Such intentional perceptions could be attributed to the satisfaction of knowing that the guided operation by the coffee-maker (switching on or off the appliance depending of the moment of the working day) has the direct consequence of being more energy-efficient at workplace and therefore more concerned with the environment. On the other side, the *eco-aware* condition did not induce variability in any of the dimensions of the attitudes on pro-environmental behaviour. Drawing on these findings, we can not determine that the *eco-aware* design fully aligns with TPB. Nonetheless, this strategy has a great potential to increase pro-environmental intentions and change the energy-efficient behaviour.

**Research question 8.** *Could we generate an incipient theory that helps to inform the design of persuasive everyday objects to promote energy-efficient behaviours?*

In the longitudinal study presented in this thesis (Chapter 7), the

qualitative data derived from a set of focus groups was analysed using the Grounded Theory (GT) approach (Section 7.2). GT analysis was applied to produce new insights on the designing of novel persuasive physical interfaces that promote energy-efficient behaviour change. The emerging theory presents five categories: 1) interaction, 2) mediator/emotion, 3) attachment/confidence, 4) context, and 5) behaviour. Each of these categories derived from the analyses represent a thematic design-insight, enabling researchers to build effective interventions in the workplace that place in the centre the relationship between people and the augmented device to reduce energy waste: from how people will interact with the device, through the emotions which the device may arise, the conversations that the device itself might foster among users, the environment or context where the device will be installed, and finally, the behavior to be promoted.

With all these research questions addressed, we can state that the set of results obtained is coherent with the hypothesis: *“persuasive technologies are able to promote long term energy-efficient behaviours among people when using electrical devices of shared use in the workplace.”*

### 8.1.1 Research contributions

In workplaces, the feedback is usually less personalised than it is in homes and it mainly aims to reach large groups. Furthermore, unlike what happens at homes, workers do not receive any reward or financial incentive when they save energy at workplaces. Considering these premises, we argue that it is challenging to switch *per se* the common sustainability intervention techniques from homes to work environments.

Hereafter, the research contributions on the framework of this thesis within the context of energy efficiency in workplaces are outlined:

- Combining predictive soft computing techniques with persuasive eco-feedback to cope with energy inefficiency is associated with an increase of workers' energy awareness.
- Creating a sense of interdependence between people and the eco-augmented appliances is correlated with effectiveness to save energy

at workplace because people are more open to pay heed to the advices of the eco-aware devices.

- Providing a persuasive guidance through ICT just in the moment of performing the action that entails energy inefficiency seems a successful strategy sticking the intended behaviour in the mid and the long term.
- Automating electronic devices (i.e. moving away subjects from the control of these devices) in favour of comfort is associated with a reduction of the participant's confidence in technology as a mean to solve all environmental current problems.
- Generating an emerging theory on the designing of new persuasive physical interfaces that promotes energy-efficient behaviour change produces design insights for the research academia to its application in workplace contexts.

We consider these previous statements as research contributions since it is possible to draw further research upon them.

## 8.2 Future work

*“The best way to predict the future is to invent it...or at least posit a vision for others to build.”* (Kay, Gordon and Gemmell, 2002)

As was discussed in the conclusions of Chapter 7, the major limitation of the experiments conducted was the reduced number of participants reached. To strengthen the results obtained, more groups should be recruited to retrieve more quantitative and qualitative data. These data are paramount to further confirm some of the early findings issued in this thesis.

Although it is tempting to directly generalize specific findings from empirical work, such generalizations should be tempered by factors such as the target participant group, study length and size, and other relevant contextual factors. Therefore, the empirical findings found in this

thesis are an interesting starting point for the creation of new constructs and theories, as well as for informing the design of new technologies that encourage energy savings in the workplace. Having said that, we outline some research lines that we are going to continue exploring in the context of an European H2020 research project issued from the findings of this thesis<sup>1</sup>. The project outcomes will be tested in five public buildings distributed in four different countries (Spain, UK, Austria and Greece).

- Automation brings with it a whole new set of philosophical and ethical implications that we barely began to consider. However, it is widely considered by many scholars as the panacea to overcome many societal issues. The case of energy efficiency is not different: demand-response systems or occupancy-driven energy management systems crowd the research journals on energy efficiency. However, in this thesis we have witnessed an unexpected rebound effect caused by automation. Therefore, a future line of research is to confirm this rebound effect and continue exploring why automation is contrary to some utilization factors of the pro-environmental attitudes.
- Explore what might be the best energy-efficient strategy for work groups with similar characteristics. Thus, to discover what is the best treatment to be applied to a newcomer group for maximizing as soon as possible its energy efficiency at workplace or improving their pro-environmental attitudes or intentions.
- In this thesis, we have evaluated the general pro-environmental attitudes and intentions through two questionnaires. However, several dimensions explored were out of the scope of the energy-efficient behaviour (e.g. demography grown issues or domination over nature). Therefore, we seek to create and validate an specific questionnaire to evaluate the attitudes and intentions to behave energy efficiently.

---

<sup>1</sup>The name of the project is “GreenSoul: Eco-aware Persuasive Networked Data Devices for User Engagement in Energy Efficiency” H2020-EE-2015-2-RIA (EE11. New ICT-based solutions for energy efficiency).

- We have only studied the workers energy-efficient behaviour through a bare appliance of common use. In the EU funded project, we are going to augment with persuasive technologies those common electrical appliances which highest rates of energy waste. Doing that, we will be able to provide more evidences that aim to demonstrate that the strategy of facilitating the action to be energy efficient still works.
- We are willing to demonstrate that the design of the eco-adaptor for the *eco-aware* condition is Carbon neutral, i.e. the CO<sub>2</sub> footprint introduced by the electronic platform (including the whole infrastructure that supports the eco-adaptors and the HCI technology) has always to be offset by the energy savings one obtains from using it.
- We would like to improve the predictive machine-learning model proposed in this thesis. We believe that including other variables to the model such as inside and outside-building temperature or the job calendar might improve the forecasting performance.
- In this thesis, we have shed light on the maintenance in time of the acquired energy-efficient behaviour after applying persuasive technologies. We hope to answer some questions: How long should we apply the eco-feedback to adopt the intended behaviour? In case we find that we should apply the feedback longitudinally (for months or years, as was the case of the thesis), how the feedback should be balanced subtlety (so it can not be easily ignored) but still maintaining its motivational influence?

To conclude this section, we think that there is an interesting scope for the HCI sustainability community to explore priming as an strategy of anticipating the pro-environmental action and to find the best opportunities (time-wise) and contexts to convey the persuasive cues.

## 8.3 Final remarks

The results of this work have already had an impact beyond the energy saving domain. We were in consultation with the university of Lincoln, where a research experiment on improving recycling habits through smartphones was carried out, in how to improve their recycling-bins infrastructure as was highlighted in the findings of Section 4.2.

In the longitudinal study (Chapter 5) carried out in the researcher's university and other workplaces, the groups 'Comunica' and 'Techabout' decided deliberately to abandon the disposable coffee cups and change to earthenware cups. These examples show that sustainability intervention may have spillover effects. Therefore, we are willing to explore whether the habits or behaviours adopted in the workplace are exported to households and vice versa.



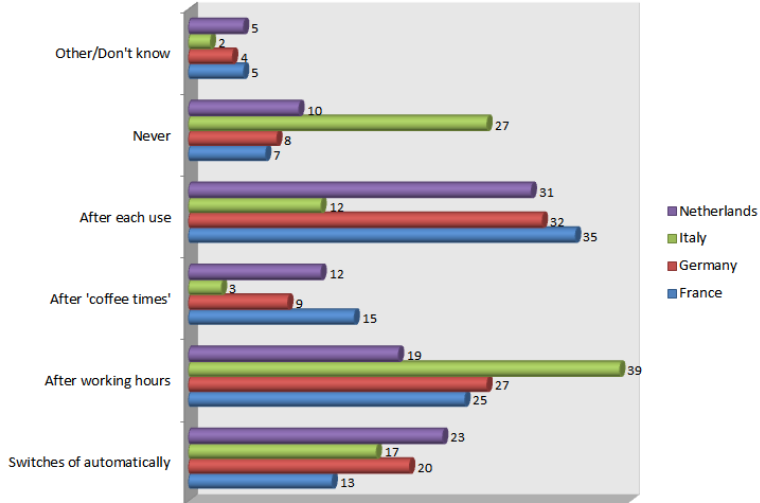


## Predictive model: ARIMA

---

In every workplace that was monitored during the experiments conducted, we witnessed that workers had completely different schedules within the range from 7 a.m. to 7 p.m. However, not only the schedules to get in and out from the office were different, but also the schedules to use the coffee machines and the ways to operate them were completely diverse. In fact, according to a EU-funded technical report (S.A.S., 2001), the Europeans present different eco-mindsets in the moment to make a decision about how to operate the coffee-makers after its use. As can be observed in Figure A.1, some people switch off the device after its use, others do it after the whole working day, others only switch the appliance off after the rush hours for coffee-times and finally, some workers assure that never switch off the appliance; while many of them rely on automation.

Taking these data into account, two hypotheses arose: 1) there should be a threshold for coffee intakes during 1 hour-slots in which after overtaking this threshold, it would be advisable to leave the coffee-maker switched on rather than switch it off repeatedly after each use. 2) The number of coffee intakes in each 1 hour-slot should be forecasted based on previous usage patterns (assuming that past patterns of coffee intakes will similarly occur in the future, and therefore are predictable).



**Figura A.1:** The percentage of people that operate the coffee machines in different ways within four European countries.

## A.1 Definition of coffee's threshold

With the goal to determine the minimum number of coffees ( $n$ ) that should be prepared in 1 hour-slot to intelligently commute from on-off mode to standby mode in order to save energy, we performed several calculations explained hereafter.

Initially, we equated the energy consumed in a whole working-day if only the on-off mode had been applied ( $E_{n-f}$ ) to the energy consumed if solely the standby mode had been applied ( $E_{sb}$ ). The whole working day is denoted as  $D$  in the formulation. However, in the case we are interested on (1 hour slots), it is advisable to split  $D$  in twelve chunks of one hour. Each of this time slot is denoted as  $T_{sl}$ . Therefore the equality previously formulated but for 1 hour slots remains as it showed in the Equation A.1.

$$E_{n-f|T_{sl}} = E_{sb|T_{sl}} \quad (\text{A.1})$$

For the sake of easing the formulas understanding, we do not explain in deep the meaning of all temporal parameters that will appear in the formulas. We let the reader to consider them as scalar times, measured in seconds, that have been averaged after a energy monitoring phase with several electrical coffee machines. Thus, we modelled the appliances' operation with the following parameters:

- $T_{cf}$  is the average time to prepare a coffee;
- $T_{sb}$  is the time between energy keeping hot peaks in standby mode;
- $T_{st}$  is denoted by the time the coffee-maker lasts to boot up its pressure engine;
- $T_{peak}$  is the time that each of the energy peaks lasts for keeping ready the pressure engine;
- $T_{acf}$  refers to the average time that the coffee-maker needs to be ready after preparing a coffee.

The energy consumed by the on-off mode does not take into account the  $T_{sl}$  parameter because it is always switched off after preparing a coffee. Therefore, it only depends on  $n$ . This energy is calculated by the Equation A.2:

$$E_{nf} = n(\overline{T_{st}} + \overline{T_{cf}}) \quad (\text{A.2})$$

On the contrary, to calculate the energy consumed by the standby mode, it is advisable beforehand to define mathematically  $n_{peak}$  (Equation A.3). This calculation is mandatory since the number of energy peaks triggered by the standby mode depends on  $T_{sl}$ .

$$n_{peak} = \frac{T_{sl} - n(\overline{T_{acf}} + \overline{T_{cf}})}{\overline{T_{sb}}} + 1 \quad (\text{A.3})$$

Having obtained  $n_{peak}$  the definition of the energy consumed by the standby mode remains as follow in Equation A.4.

$$E_{sb|T_{sl}} = n(\overline{T_{cf}}) + (n_{peak} * \overline{T_{peak}}) \quad (\text{A.4})$$

These two formulas ease the calculation of  $n$  in order to know the minimum number of coffees that should be prepared to shift from on-off mode to standby mode. After performing the calculations with real data measured in seconds:  $n = 2,3$  coffees.

With the previous information, the objective for the eco-aware mode will be *"to automatically derive a predictive model which would infer when  $n \geq 2,3$  for each of the 1 hour-slots during  $D$  to minimize the energy consumed"*.

The predictive model was implemented using auto-regressive ARIMA models. In order to test the performance of the predictive model, we evaluated the new operating mode against the empirical usage-data that had been collected from different appliances as well as with other soft computing techniques such as Artificial Neural Networks. The results were that our predictive model outperformed them (Lopez-de-Armentia et al., 2014). In the next section the ARIMA models are explained in deep.

## A.2 Time Series - ARIMA model

A time series is a set of observations generated time-sequentially ( $y_1, y_2, \dots, y_t$ ) and recorder at a specific time  $t$  (period - hours, days, months or years). The basic idea behind time series is that it assumes that past patterns will similarly occur in the future, and therefore are predictable (Dikmen, 2009). The patterns correspond with the motion of a variable in a time sequence. In the case we are studying, the time-series corresponds with the fluctuations of hot drinks prepared in a laboratory in each of the time slots in which we divided a work day.

There are some time-series forecasting models that can be applied (e.g. Holt-Winters, ARMA, ARIMAX, etc.). They depend on several

parameters like the purpose of the estimation, the amount of data or the type and elements of the series (Asilkan and Irmak, 2009). Attending to them, we have selected ARIMA models. ARIMA are, in theory, the most general class of models for forecasting and predicting if the time series can be stationarised by transformations such as differencing and logging. These transformations are pivotal since one of the necessary conditions for applying Bob-Jenkins method ARMA (Box and Jenkins, 1990) - the underlying model of ARIMA -, is the stationary of the time-series which is very rarely met.

A non-seasonal Auto-Regressive Integrated Moving Average (ARIMA) model is defined as “ $ARIMA(p, d, q)$ ” (see equation A.5), where:

- $p$  (“Auto-Regressive (AR)” terms) are the number of lags of the differenced series appearing in the forecasting.
- $q$  (“Moving Average (MA)” terms) are the number of lagged forecast errors in the prediction equation.
- $d$  is the number of non-seasonal differences<sup>1</sup>.

As equation A.5 shows, the ARIMA model is a linear combination of polynomials with  $p$  and  $q$  degree respectively. Its principle is that each time series performs as a function of past values and may only be explained by means of them.

$$\phi_p(L)(1 - L)^d y_t = \theta_q(L)\varepsilon_t \quad (\text{A.5})$$

Here  $y_t$  is the series;  $\varepsilon_t$  is the error;  $L$  is the lag operator;  $\phi_p$  is the AR polynomial of order  $p$ ;  $\theta_q$  is the MA polynomial of order  $q$ ; while  $(1 - L)^d$  denotes the number of non-seasonal differences to make the series stationary.

---

<sup>1</sup>Time series which needs to be differenced to be made stationary is said to be an “Integrated (I)” version of a stationary series.

## A.2.1 Methodology for model selection

The ARIMA model selection and the statistical methodology selected are hereafter presented according to Box-Jenkins methodology (1990).

### Model identification

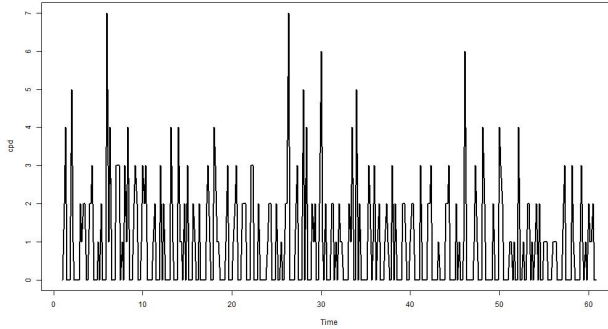
Before a model is identified, a first step is to check if stationariness is present on the coffee's series to remove trend or scedasticity<sup>2</sup>. To this aim Kwiatkowski et al. (1992) developed a stationary test which takes into account the possible residual autocorrelations in the time series. This procedure tests the null hypothesis of level or trend stationariness against the unit root alternative. The result of the test is a  $p - value = 0.022$  which is lower than 0.05 (enough level of significance to reject the null hypothesis). Thus, the series is not stationary and needs at least a difference. Figure A.3 shows the  $d = 1$  differenced coffee's series and their associated ACF and PACF graphs.

In a first approach to identify the appropriate model (i.e. identify the empirical auto-correlation patterns - ACF and PACF - with the theoretical ones), we observed that ACF was spiked at lags 1 and 2 and declines towards zero in lag 3. This values that can be observed in Figure A.3, also shows that PACF was spiked at lag 1 while lag 2 is shrinking towards the confident bounds. With this information, we can speculated to a model similar to  $ARIMA(3, 1, 1)$ .

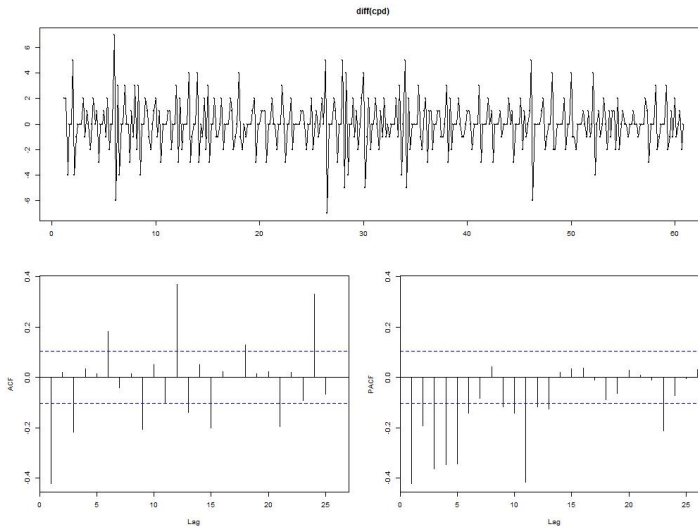
To select the best ARIMA fitting, we tested several models to the series with a tailored script developed on R language (R Development Core Team, 2008). We based our election in Akaike's Information Criterion (AIC) (Akaike, 1974). The AIC is used to compare competing models fit to the same series. The model with the smaller information criteria is said to fit the data better.

---

<sup>2</sup>As a first approach to eliminate cyclical fluctuations, we separated the original series (the whole working day) into two parts: 6 hours for mornings (7a.m.-1p.m.) and the next 6 hours for afternoons (see Figure A.2).

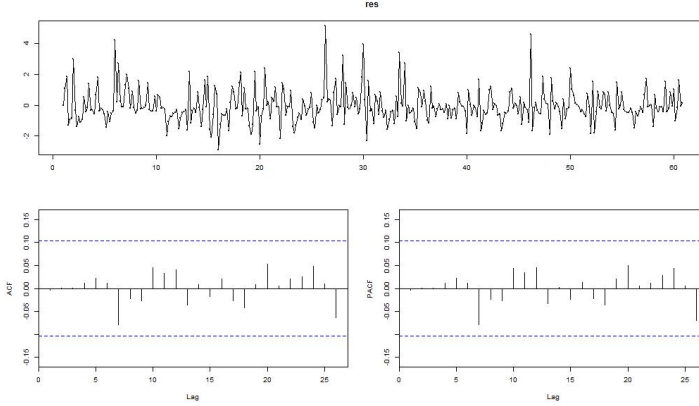


**Figure A.2:** Time Series of coffees prepared along 30 days within a research laboratory (morning and afternoon coffee intakes were separated).



**Figure A.3:** Differenced series with its associated ACF and PACF for model identification.

The final selected model was  $ARIMA(3, 1, 1)(2, 0, 2)$ . The latter set of this model refers to the ARIMA's seasonal part. The seasonal part of an ARIMA model (also called SARIMA) has the same structure as the non-seasonal part. In this seasonal part, all the factors operate across



**Figura A.4:** Residuals and their associated autocorrelation graphs.

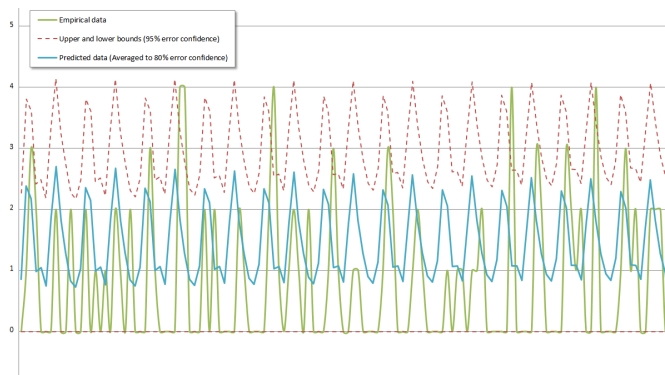
multiples lags (the number of periods in a season). A SARIMA is therefore classified as  $ARIMA(p, d, q)(P_1, D_1, Q_1)^3$ . Its formula is written as follows:

$$\phi_p \Phi_{P_1}(L^{K_1})(1 - L)^d(1 - L)^{D_1}y_t = \theta_q(L)\Theta_{Q_1}(L^{K_1})\varepsilon_t \quad (\text{A.6})$$

In the Equation A.6,  $K_1$  is the seasonal period; while  $\Phi_{P_1}$  and  $\Theta_{Q_1}$  are polynomial functions of order  $P_1$  and  $Q_1$ .

Finally we plot the residuals on Figure A.4 and observe the goodness of the fit to check if the model assumptions are satisfied. The figure shows that there is no significant autocorrelations left in the residuals from  $ARIMA(3, 1, 1)(2, 0, 2)$  model. This is known since these autocorrelations are concentrated within Bartlett's window edges. Besides,  $p$ -value = 0.9391 (which is much bigger than the confident error  $\alpha = 0.05$ ) when performing the Box-Ljung test (Ljung et al., 1977). This fact also demonstrates that the model provides an adequate fit to the data, thus random residuals and they not present autocorrelation. Fi-

<sup>3</sup> $P$ , is the number of seasonal autoregressive (SAR) terms,  $Q$  is the number of seasonal moving average (SMA) terms and  $D$  is the number of seasonal differences.



**Figure A.5:** Prediction of coffees prepared in next 11 days after model identification in day 30<sup>th</sup>.

nally it is remarkable that the residual follows a normal distribution  $\mathcal{N}(0, \sigma)$  with Gaussian noise.

### Model validation and forecasting

To validate the  $ARIMA(3, 1, 1)(2, 0, 2)$  we compared the obtained forecast (using 30 days of data) over 11 days of one the coffee-machine's real values after the training period. In Figure A.2 it can be observed the original series from a sample of the data acquired. For the SARIMA model, we have averaged the prediction to the mean between the real forecast and the upper bound with 80% rate of confident.

As an example of this prediction, the Figure A.5 shows in blue the forecast values from the 31<sup>th</sup> to 41<sup>th</sup> days of the dataset. The green line corresponds to the empirical data collected for the testing set. The dashed red-lines define the upper and lower confident bounds. The upper error bound was calculated with a 95% confident interval and the lower bound of is stead to 0 coffees (according with the prediction, the expected number of coffees prepared will never exceed the upper bound and will not exhibit negative values). The results allow to assert that the prediction is not far away to the real data.



# B

## Metodologías cualitativas

---

### B.1 Grupos focales

El método de grupo focal o grupo de discusión es una técnica genérica de investigación utilizada para obtener datos de tipo cualitativo. Por lo tanto, esta técnica no puede ser considerada como una metodología de investigación en sí misma (Côté-Arsenault and Morrison-Beedy, 2005). Siendo así, se puede deducir que no interfiere con las metodologías utilizadas para el análisis de datos de tipo cualitativo (en el caso que nos ocupa, mediante la teoría fundamentada que explicamos en el siguiente apartado (Sección B.2)).

Además de los grupos de discusión, en la literatura consultada sobre investigación cualitativa se encuentran otras técnicas de obtención de datos cualitativos: la entrevista personal, las encuestas o la observación. Lo esencial a la hora de seleccionar una de ellas, es valorar cuál de las técnicas nos permite extraer datos más cercanos a los objetivos que queremos conseguir con el análisis de estos; además, es importante tener en cuenta el coste temporal y económico asociado a cada técnica; por último, se considera relevante anticipar a la elección de la técnica el

método científico con el que se van a analizar los datos.

Valoradas estas premisas, en los dos estudios que nos ocupan (ver Capítulos 4 y 5) se decidió aplicar la técnica de grupos focales por las siguientes razones:

1. La técnica de grupo focal nos permitía poder llegar a varios integrantes de cada grupo estudiado en una única sesión. Por lo tanto, el coste temporal asociado a esta metodología es mucho menor que el de las entrevistas personales<sup>1</sup>.
2. Confrontando las impresiones de varias personas que han sido expuestas a la misma tarea o condición experimental y por tanto, alimentando el debate entre los participantes, hace que el grupo focal sea una estrategia más enriquecedora en cuanto se refiere a la información obtenida. A este respecto, la entrevista personal, a pesar de que pudiese ser semi-estructurada, pierde la esencia de recoger la vivencia colectiva de una experiencia. De igual forma, la mera observación no nos ofrece información sobre la percepción de los usuarios sobre la interacción recibida.
3. Los datos provenientes de los grupos focales se ven cada vez mejor valorados por las personas expertas en teoría fundamentada (Glaser and Strauss, 1967; Strauss and Corbin, 1998) como método de obtención de datos para su posterior análisis<sup>2</sup>. La teoría fundamentada es el método que se usará para analizar y explicar la información recogida. De hecho, Hernández (2011) defiende que la teoría fundamentada tiene el potencial de extraer la categoría

---

<sup>1</sup>Como contrapartida a este punto, se subraya que la tarea de organización para conseguir que un grupo de personas esté disponible a la misma hora es más tediosa y acarrea mayor tiempo

<sup>2</sup>Los autores citados recomiendan realizar entrevistas personalizadas como mejor medio de extracción de datos para la teoría fundamentada. Sin embargo, se pueden leer en sus libros frases como “[...] los investigadores podrán encontrar ciertas circunstancias en sus investigaciones que les lleven a buscar diferentes estrategias en la búsqueda de datos a la hora de querer aplicar la teoría fundamentada” que nos llevan a pensar que los grupos focales son igualmente reconocidos por la comunidad científica.

principal de la información recogida en solo 2 o 3 horas de sesiones con grupos focales conducidas por al menos dos expertos en la técnica.

Los grupos focales son definidos por Krueger y Casey (2009) como “una serie de discusiones bien planeadas con la intención de obtener las percepciones y los intereses de los participantes sobre un área de conocimiento dado, todo ello en un entorno asertivo, relajado y sin juicios de valores”. Los mismos autores enfatizan que los grupos focales son una técnica muy relevante ya que: 1) combinan entrevistas semi-estructuradas con preguntas abiertas, lo que ofrece una narrativa sobre el tema estudiado; 2) son sesiones en las que la observación juega un papel fundamental por parte de la persona que modera la sesión ya que se establecen dinámicas que una grabadora no puede recoger (p. ej. lenguaje corporal); y 3) se puede obtener información que no estaba previamente planeada en el guión gracias a los debates que surgen durante las sesiones.

El último paso previo al análisis de la información recogida en los grupos focales, es la transcripción de audio a texto de cada uno de los grupos entrevistados. Para la transcripción no se usó ningún software de traducción, sino que fue el investigador quien las realizó manualmente. A continuación se pasa a detallar la teoría usada para el análisis de datos cualitativos: la teoría fundamentada.

Y a continuación se muestra el guión seguido durante las sesiones de grupos focales.

## Guión entrevista para el grupo focal.

### Bloque 1: Introducción + relajación + liberar tensión

- No hay malas respuestas. Sólo son opiniones y serán tratadas como tal.
- Cualquier persona es libre de abandonar la sesión en cualquier momento.
- Se preservará la confidencialidad total. Para publicar los datos se usarán nombres falsos o nicks (*user1, user2, fake names..*).

### Bloque 2: Entrevista

#### Primera parte:

##### **Reflexión en torno al uso de la cafetera**

- Comentar la experiencia con la cafetera...
  - ¿Para qué creéis que ha servido todo el estudio?
  - ¿Qué os ha parecido la forma de interacción de la cafetera? Valorar

#### Segunda parte:

##### **Confrontar a los participantes con estadísticas comparativas (reales o ficticias) con otros grupos.**

- Sois el grupo que más energía ha ahorrado en los últimos meses. ¿A qué creéis que se debe esto?
  - ¿Pensáis que el grupo ha influido en esta reducción o ha sido la cafetera o han sido las dos cosas?

#### Tercera parte:

##### **Uso de la cafetera y feedback a nivel grupal**

- ¿Se han establecido dinámicas grupales en torno al uso de la cafetera?
  - Por ejemplo, la interacción que se os ha ofrecido, ¿ha creado reflexión en el grupo? En tal caso, ¿esta reflexión ha sido con gente que usa la cafetera o también con gente del espacio de trabajo, pero que no la utiliza?
- ¿Creéis que la cafetera ha influido para que toméis decisiones de eficiencia energética o sobre otros comportamientos pro-ambientales más allá del propio dispositivo?
  - Dentro del trabajo y Fuera del trabajo

#### Cuarta parte:

##### **Utilidad de este tipo de dispositivos/ técnicas de percepción energética.**

- ¿Qué pensáis que ocurrirá con respecto a la energía una vez que desaparezca la interacción?
- ¿Dejaríais la cafetera más tiempo en vuestro espacio de trabajo? ¿Se ha creado algún tipo de afinidad/empatía hacia el objeto?
- ¿Qué pensáis de vuestra afinidad actual con la cafetera? ¿Compraría una cafetera de este tipo? ¿Y objetos similares?

### Bloque 3: Debriefing

- Poner en común los aspectos tratados en la sesión.
- Dar las gracias por todo el tiempo dedicado al experimento.
- Preguntas y dudas que puedan quedar por responder.

## B.2 La teoría fundamentada

En la literatura revisada sobre análisis de datos cualitativos, se pueden encontrar diferentes métodos que difieren entre sí en la forma de analizar el contenido, en las fases iterativas que comprenden el análisis y sobre todo, difieren entre sí en el objetivo que se persigue al usar cada uno de estos métodos. En el ámbito de la interacción entre máquinas y computadores (HCI) se utilizan principalmente: el análisis de contenidos cualitativos, el análisis temático y la teoría fundamentada. Todos ellos se explican a continuación poniendo especial énfasis en la teoría fundamentada por haber sido el método de análisis que se utilizó con nuestros datos cualitativos en los experimentos '*nudging just-in-time*' y '*longitudinal*'.

**El Análisis de Contenidos** tiene su principal característica en que se puedan usar métodos cuantitativos aplicados a datos subjetivos extraídos de los participantes. Este análisis se suele utilizar con textos largos provenientes de blogs, noticias publicadas en Internet o diarios e informes. Para ello, se suele realizar un conteo de las palabras o de afirmaciones más repetidas y categorizarlas en dos niveles: el primero, sería la obtención de temas y de ideas principales, ambos etiquetados como contenidos primarios. El segundo nivel, sería obtener el contexto de la información. La idea principal de este análisis es realizar inferencias inductivas y deductivas de los textos estudiados (Mayring, 2003). Un ejemplo de la aplicación del Análisis de Contenidos Cualitativos dentro del campo de HCI es el realizado por Kabicher et al. (2008). Los autores aplicaron esta metodología de análisis en un estudio sobre la influencia de los *ePortfolios* usados en una asignatura de psicología y HCI con el objeto de mejorar la comprensión de dicha asignatura. Los datos se obtuvieron de los diarios que debía escribir el alumnado durante el transcurso de toda la asignatura. Fue sobre estos textos recogidos al finalizar el semestre ( $N = 31$ ) sobre los que se realizó el análisis. La conclusión fue que se mejoró el aprendizaje de los alumnos a través del uso de los *ePortfolios* como herramienta de reflexión sobre cada uno de

los módulos de la asignatura.

**El Análisis Temático** es definido como un método para el tratamiento de la información en investigación cualitativa. Permite identificar, organizar, analizar en detalle y proveer patrones o temas a partir de una cuidadosa lectura de la información recogida. El objetivo es inferir resultados que propicien la adecuada comprensión o interpretación del fenómeno. Es una herramienta flexible y útil que tiene el potencial de extraer de datos complejos una gran cantidad de información detallada y rica en contenidos (Braun and Clarke, 2006). El identificar, establecer e informar temas y estructuras, permite tanto revelar las experiencias, significados y realidades de los sujetos, como examinar las circunstancias en que los eventos, realidades, significados y experiencias son efectos de los discursos de la sociedad. Según Braun y Clarke (2006), la metodología se divide en seis fases: 1) familiarización con los datos -información; 2) generación de categorías o códigos iniciales; 3) búsqueda de temas; 4) revisión de temas; 5) definición y denominación de temas; y fase 6) producción del informe final. EL uso del Análisis Temático está en auge dentro de la comunidad HCI (Güldenpfennig et al., 2012; Brown and Stockman, 2013). En el primer estudio citado, los autores analizan las impresiones de las personas participantes al tomarles una foto con un dispositivo móvil para conocer los beneficios de la aplicación móvil y los patrones más comunes que se repiten entre las personas entrevistadas. En el segundo estudio, se examina el uso de las tecnologías que hacen las familias que están separadas durante la jornada laboral aplicando el Análisis Temático para identificar y describir el diseño de nuevos productos orientados a conectar a las familias a través de tecnología.

**La teoría fundamentada (*Grounded Theory*)** es un método de investigación cualitativa en el que la teoría emerge a partir de los datos (Glaser and Strauss, 1967). Es una metodología que tiene por objeto la identificación de procesos sociales básicos como punto central de la teoría y que a través de ella podemos descubrir los aspectos que son relevantes en una determinada área de estudio (Strauss and Corbin, 1998).

La teoría fundamentada utiliza una serie de procedimientos que, a través de la inducción, generan una teoría explicativa del fenómeno bajo

estudio. Es decir, esta metodología nos permite construir teorías, conceptos, hipótesis y proposiciones partiendo directamente de los datos y no de los supuestos a priori, de otras investigaciones o de marcos teóricos existentes. En este sentido, los conceptos y las relaciones entre los datos son producidos y examinados continuamente hasta la finalización del estudio. Strauss y Corbin (1998) aseguran que si la metodología se utiliza adecuadamente, reúne todos los criterios para ser considerada rigurosa como investigación científica<sup>3</sup>. Por lo tanto, si el proceso se realiza adecuadamente, la teoría resultante se corresponde con la realidad objeto del estudio. Ello contrasta con una teoría derivada deductivamente de una gran teoría, sin la ayuda de datos, y que podría por lo tanto no corresponder con la realidad (Cuñat Giménez, 2007).

Las estrategias principales para desarrollar la teoría fundamentada son dos: 1) el método comparativo constante y 2) el muestreo teórico. Por un lado, a través del método comparativo constante el investigador simultáneamente codifica y analiza datos para desarrollar conceptos. Mediante la comparación continua de incidentes específicos de los datos, el investigador afina esos conceptos, identifica sus propiedades, explora sus interrelaciones y los integra en una teoría coherente. Por otro lado, a través del muestreo teórico, el investigador selecciona nuevos casos a estudiar según su potencial para ayudar a refinar o perfeccionar los conceptos y teorías ya desarrollados. La recolección de datos y el análisis se realizan al mismo tiempo.

Muchos autores han desarrollado metodologías de aplicación para la teoría fundamentada desde que Glaser y Strauss la desarrollaran inicialmente en 1967. Paradójicamente, desde entonces los dos autores crearon dos ramas metodológicas divergentes que han creado admiradores y detractores de unas y otras. El autor de esta tesis, cuando ha aplicado la teoría fundamentada para el análisis de sus datos cualitativos, lo ha hecho siguiendo el libro de (Charmaz, 2006) que adapta la metodología clásica a las nuevas formas de pensamiento del siglo XXI; de la misma forma, se tomó como referencia el capítulo del libro de (Adams et al.,

---

<sup>3</sup>Las técnicas y procedimientos analíticos permiten al investigador desarrollar una teoría sustantiva que es significativa, compatible con el fenómeno observado, generalizable, reproducible y rigurosa.

2008), que se centra en la aplicación de la teoría en el ámbito de HCI bajo las tesis de Strauss y Corbin (1998). Ambas fuentes subdividen el proceso de generar teoría a través de tres fases: Codificación abierta (*Open coding*), Codificación axial (*Axial coding*) y Codificación selectiva (*Selective coding*).

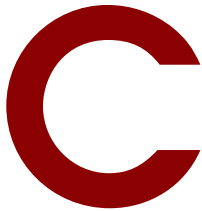
Aunque esta teoría ha sido tradicionalmente aplicada en estudios sociológicos, podemos encontrar múltiples trabajos relacionados con otras áreas de conocimiento que también la han aplicado. Para el caso que nos ocupa (la interacción humano-computadora como medio para cambiar o comprender la forma de actuar de las personas), cada vez se encuentran más trabajos que aplican dicha metodología (Foster et al., 2012; Chien et al., 2013; Prost et al., 2015; Vines et al., 2013). De hecho, Glaser (1992) afirma que la teoría fundamentada es útil para investigaciones en campos que conciernen a temas relacionados con la conducta humana dentro de diferentes organizaciones, grupos y otras configuraciones sociales. La aportación más relevante de la teoría fundamentada hace referencia a su poder explicativo en relación a las diferentes conductas humanas dentro de un determinado campo de estudio. La emergencia de significados desde los datos, pero no de los datos en sí mismos, hace de esta teoría una metodología adecuada para el conocimiento de las relaciones sociales y patrones de comportamiento de los diferentes actores.

Una de las críticas que se hace de la teoría fundamentada es que al ser inductiva, está muy sujeta al caso específico que se estudia y por tanto los resultados o teorías logradas tras su aplicación son poco generalizables. Sin embargo, una vez generada la teoría esta puede ser examinada empíricamente para desarrollar pronósticos o predicciones desde unos principios generales (método deductivo). El poder explicativo de la teoría fundamentada está en desarrollar la habilidad de poder explicar un suceso a partir de incidentes procedentes del campo de estudio (Cuñat Giménez, 2007).

Otro de los inconvenientes de este método es que puede llegar a ser muy costoso hasta que se llega a un punto en el que se asume que la teoría obtenida es válida (mucho tiempo, inversión económica, etc.). La razón radica en el muestreo teórico: en cada una de las entrevistas rea-

lizadas se pueden sacar nuevos temas o teorías para seguir probándolas y es difícil anticipar cuándo terminará este proceso de saturación. Este proceso tiene la contrapartida positiva de poder testar los límites de una teoría. Es decir, reconocer el momento del estudio donde ya no se obtienen nuevas ideas (saturación). Más importante aún, sobre todo para la investigación que se ha llevado a cabo, es que un investigador puede dejar información relevante a una teoría incipiente para que otro recoja esos datos y siga extrayendo otros nuevos para reforzar la teoría.





# Cuestionarios y consentimiento informado

---

## C.1 'Pre-pilot study': cuestionarios Pre y Post

El primer cuestionario (Energía en espacios públicos), que combina preguntas abiertas y cerradas con preguntas de escala, pretende obtener información sobre el conocimiento general que tienen las personas participantes en el estudio en torno a la energía.

El segundo cuestionario (Evaluación Post-trial Cafetera), que fue diseñado para la fase Post-experimental, también combina preguntas de diversa índole (preguntas abiertas y cerradas con preguntas de escala). El objetivo de este cuestionario es recoger la percepción subjetiva de los participantes sobre cada uno de los tratamientos a los que fueron sometidos, así como dilucidar si los dispositivos *eco-aware* fueron considerados persuasivos a través de la medición de las dimensiones de interdependencia y autoridad.

# Energía en espacios públicos

Vamos a hacer un experimento en el laboratorio. Nos gustaría saber cuáles son los objetos que consumen energía (electrodomésticos) de uso compartido que más se utilizan en el laboratorio. Para ello, vamos a recoger datos de uso y consumo de una cafetera como primer ejemplo. El objetivo es saber qué patrones de uso tenemos y saber si se usan correctamente los dispositivos.

Por otro lado queremos saber la percepción que los encuestados tienen del consumo energético y las posibles soluciones que plantean.

## 1. Edad

*Marca solo un óvalo.*

- 20-30
- 30-40
- > 40
- NS/NC

## 2. Género

*Marca solo un óvalo.*

- Masculino
- Femenino

## 3. Cafetera

*Marca solo un óvalo.*

- ProtoLab
- SmartLab
- S3Lab

# Eficiencia energética

---

## 4. ¿Prestas atención al consumo de energía en tu hogar?

*Marca solo un óvalo.*

	1	2	3	4	5	
Nada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Mucho

5. **¿Prestas atención al consumo de energía en los espacios compartidos/públicos - trabajo, universidad, cafetería., etc.?**

*Marca solo un óvalo.*

	1	2	3	4	5	
Nada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Mucho

6. **¿Por qué crees que en unos espacios más que en otros?**  
(Si hay diferencia en la puntuación)

.....

.....

.....

.....

.....

7. **¿Cuál crees que es la diferencia entre los conceptos de energía consumida y energía desperdiciada?**

.....

.....

.....

.....

.....

8. **¿Dónde consideras que de forma general se desperdicia más energía - hogar, edificios, ciudad-?**

.....

## **El entorno de trabajo**

---

9. **¿Qué equipos de consumo eléctrico crees que son los que más consumen?**  
cita tres

.....

.....

.....

.....

.....

10. **¿Cómo lo sabes? o ¿cómo crees que podrías saberlo?**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

11. **¿Crees que en general hacemos un uso eficiente de los equipos de consumo eléctrico?**

*Marca solo un óvalo.*

Sí

No

12. **¿Por qué lo piensas?**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

13. **¿Puedes proponer tres medidas de eficiencia energética?**

a poder ser que estén en la mano de cualquiera

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

14. **¿Puedes citar algún método que pudiese motivarte a reducir energía?**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## **Comprender la energía**

15. **¿Sabes lo que es el Stand-by?**

*Marca solo un óvalo.*

- Sí  
 No

16. **¿Prestas atención al Stand-by?**

*Marca solo un óvalo.*

- Sí  
 No

17. **En tu opinión ¿crees que el Stand-by contribuye a ahorrar energía?**

*Marca solo un óvalo.*

- Sí  
 No

18. **¿Sabes lo que son los contadores inteligentes (Smart-meters)?**

*Marca solo un óvalo.*

- Sí  
 No

19. **¿Crees que conociendo el consumo en tiempo real reducirías energía?**

*Marca solo un óvalo.*

- Sí  
 No

20. **¿Conoces "la guía práctica de la energía: Consumo eficiente y responsable" (EU regulations)?**

*Marca solo un óvalo.*

- Sí  
 No

21. **¿Crees que conociendo estos consejos prácticos los pondrías en práctica para la eficiencia energética en tu entorno?**

*Marca solo un óvalo.*

- Sí  
 No

## **Resumen**

---

22. **¿En general, te consideras una persona comprometida con el medio ambiente?**

*Marca solo un óvalo.*

	1	2	3	4	5	
Nada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Mucho

## Cafetera

---

23. **¿Habitualmente tomas el café solo o acompañado?**

*Marca solo un óvalo.*

- Solo  
 Acompañado

24. **¿Propones tú tomarlo o te lo proponen?**

*Marca solo un óvalo.*

- Lo propongo yo  
 Me lo proponen  
 Tenemos una hora para el café  
 Lo tomo solo

25. **¿Qué redes sociales usas?**

*Selecciona todos los que correspondan.*

- Twitter  
 Facebook  
 Linkdin  
 Google+  
 Otros

# Evaluación Post-trial Cafetera

Aún no hemos sacado conclusiones. cuando tengamos datos cuantitativos y cualitativos os los haremos llegar.

Duración de la encuesta unos 10 minutos.

Casi todas las respuestas son tipo test (Sí/No) o de Rango de 1-5

**1. ¿Has estado al tanto de los cambios en la cafetera en estas semanas?**

*Marca solo un óvalo.*

Sí

No

**2. ¿Los has seguido?**

Es decir, ¿te has interesado por la evolución del experimento?

*Marca solo un óvalo.*

Sí

No

**3. ¿Sabes si en general el grupo ha estado al tanto del experimento?**

Es decir, ¿se ha interesado por la evolución del experimento?

*Marca solo un óvalo.*

Sí

No

NS/NC

**4. ¿Habéis comentado los cambios e información ofrecida durante el experimento?**

*Marca solo un óvalo.*

Sí

No

## Comportamiento - Consciencia Energética

---

**5. ¿Por qué crees que la cafetera desperdicia energía?**

.....

.....

.....

.....

.....

6. **¿Crees que se ha ahorrado [se ha desperdiciado menos] energía durante el periodo de experimentación?**

*Marca solo un óvalo.*

- Sí  
 No  
 NS/NC

7. **¿Crees que la cafetera ha contribuido a ello?**

*Marca solo un óvalo.*

	1	2	3	4	5	
Totalmente en desacuerdo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Totalmente de acuerdo

8. **¿Consideras que la información que ofrece la cafetera es suficiente para ahorrar energía?**

*Marca solo un óvalo.*

- Sí  
 No  
 NS/NC

9. **¿Sabes cómo actuar cuando se observa un aumento del gasto energético con respecto a días anteriores?**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

10. **¿La información recibida te ha motivado a reducir el gasto de energía?**

*Marca solo un óvalo.*

- Sí  
 No

11. **En general, ¿ha cambiado tu forma de usar la cafetera con respecto a antes de la intervención?**

*Marca solo un óvalo.*

- Sí  
 No

12. **1. ¿Has seguido las actualizaciones de la cafetera por Twitter?**

*Marca solo un óvalo.*

Sí

No

13. **2. ¿Has intentado interactuar a través de Twitter con la cafetera?**

*Marca solo un óvalo.*

Sí

No

14. **3. ¿Te parece Twitter un canal adecuado de comunicación?**

*Marca solo un óvalo.*

1      2      3      4      5

Muy poco                  Muy Adecuado

15. **4. ¿Has seguido las actualizaciones de la cafetera por el canal HCI?**

S3Lab (Web), ProtoLab (3D), SmartLab (Arco)

*Marca solo un óvalo.*

Sí

No

16. **5. ¿Te parece un canal adecuado de comunicación?**

*Marca solo un óvalo.*

1      2      3      4      5

Muy poco                  Muy Adecuado

17. **6. ¿Te parece un canal intrusivo/molesto de cara a ofrecer consumos energéticos?**

*Marca solo un óvalo.*

1      2      3      4      5

Muy poco                  Muy Intrusivo

18. **7. En general, ¿Te ha parecido comprensible la información ofrecida?**

*Marca solo un óvalo.*

1      2      3      4      5

Muy poco                  Muy comprensible

19. **8. ¿Te ha servido de ayuda para entender mejor la energía consumida y desperdiciada por el dispositivo?**

*Marca solo un óvalo.*

	1	2	3	4	5	
Muy poco	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muchísimo

20. **9. ¿Se te ocurre alguna mejora/modificación/aportación al canal de interacción?**

.....

.....

.....

.....

.....

21. **10. ¿Qué te parece que un objeto cotidiano dé información de consumo energético a través de las redes sociales?**

.....

.....

.....

.....

.....

## **Preguntas de escala (A rellenar por el encuestado)**

---

En las preguntas que son de tipo escala, las respuesta del 1 al 5 significan lo siguiente:

- 1.- Totalmente en desacuerdo
- 2.- En desacuerdo
- 3.- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- 4.- De acuerdo
- 5.- Totalmente de acuerdo

No responder a la pregunta se tomará como No Sabe/No Contesta (NS/NC)

22. **1. La cafetera es un electrodoméstico eficiente**

*Marca solo un óvalo por fila.*

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Respuesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

23. **2. La cafetera ha estado recogiendo datos de uso y datos de energía.**

*Marca solo un óvalo por fila.*

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Respuesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

24. **3. La cafetera utiliza los datos de uso y energía para reducir el consumo**

*Marca solo un óvalo por fila.*

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Respuesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

25. **4. La cafetera reacciona siempre ante mi presencia**

*Marca solo un óvalo por fila.*

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Respuesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

26. **5. La cafetera ofrece información de interés para el grupo**

*Marca solo un óvalo por fila.*

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Respuesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

27. **6. La cafetera tiene más información sobre el consumo energético que los usuarios.**

*Marca solo un óvalo por fila.*

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Respuesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

28. **7. La cafetera nos ayuda a comprender mejor la energía desperdiciada.**

*Marca solo un óvalo por fila.*

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Respuesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

29. **8. La cafetera ofrece información que ayuda a no desperdiciar energía**

*Marca solo un óvalo por fila.*

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Respuesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

30. **9. La cafetera colabora con el grupo a reducir energía**

*Marca solo un óvalo por fila.*

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Respuesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

31. **10. La cafetera nos anima a ahorrar energía.**

*Marca solo un óvalo por fila.*

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Respuesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

32. **11. La cafetera me da consejos sobre cómo usarla.**

*Marca solo un óvalo por fila.*

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Respuesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

33. **12. Acepto los consejos de la cafetera**

*Marca solo un óvalo por fila.*

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Respuesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

34. **13. Realizo siempre los consejos que me da la cafetera.**

*Marca solo un óvalo por fila.*

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Respuesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

35. **14. La cafetera me necesita para ahorrar energía**

Marca solo un óvalo por fila.

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Respuesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

36. **15. La cafetera y yo hemos contribuido conjuntamente a reducir energía desperdiciada**

Marca solo un óvalo por fila.

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Respuesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

37. **16. En general prefiero la Eco-cafetera a la anterior.**

Eco-cafetera se refiere a la cafetera convencional con los añadidos de las semanas del experimento

Marca solo un óvalo por fila.

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Respuesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

38. **17. En general creo que la Eco-cafetera es útil para ahorrar energía**

Marca solo un óvalo por fila.

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Respuesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

39. **18. La cafetera me facilita la tarea de ahorrar energía.**

Es decir, no me supone un gran esfuerzo.

Marca solo un óvalo por fila.

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Respuesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## C.2 Estudio longitudinal

A continuación se presentan cada uno de los cuestionarios utilizados para el estudio longitudinal.

### C.2.1 Actitudes pro-ambientales

Las actitudes son un constructo latente y como tal no puede ser observado de forma directa. Por lo tanto, para conocer las actitudes de un conjunto de personas, estas pueden ser medidas mediante cuestionarios (la práctica más extendida) o, por contra, se pueden inferir a partir de preguntas abiertas o mediante métodos observacionales y etnográficos<sup>1</sup>.

Para el contexto de las actitudes ambientales, Milfont (2010) desarrolló un cuestionario llamado *Environmental Attitudes Inventory* (EAI), que fue validado multiculturalmente, con la intención medir dicho constructo mediante un enfoque multidimensional. La principal razón que llevo a Milfont a elaborar un cuestionario jerárquico e integral fue aunar todas las herramientas de medida y los factores que describen las actitudes ambientales. Hasta la fecha, los investigadores en el marco de psicología ambiental habían tendido a generar nuevas medidas en forma de cuestionarios sobre las actitudes y los comportamientos ambientales. De hecho, reconocidos autores llegaron a afirmar que “[.] las actitudes eran medidas de forma anárquica y que se precisaba de un método común para los investigadores.” (Stern, 1992). El EAI, que consta de 120 *items*, complementa y mejora otros cuestionarios similares como el famoso *New Environmental Paradigm* (NEP) (Dunlap and Van~Liere, 1978) (cuestionario que hasta la fecha, ha sido el instrumento más usado por investigadores en psicología del comportamiento, social y ambiental).

La razón de hablar de multidimensionalidad en el cuestionario EAI, es que integra las 12 dimensiones desde las que históricamente se han

---

<sup>1</sup>Estas dos últimas metodologías son prácticamente inexistentes en la literatura de HCI. A pesar de ello, se ofrecen dos referencias de referencia en el ámbito (Millen, 2000; Nathan, 2012)

estudiado las actitudes ambientales<sup>2</sup>. La razón de hablar de jerarquía, se debe a que esas doce dimensiones cargan o repercuten sobre dos constructos principales: La Preservación (7 factores primarios o de primer orden) y la Utilización (5 factores primarios o de primer orden). Se habla también de jerarquía, porque el cuestionario se realizó para comprender los factores estructurales de las actitudes ambientales, resultando que las componentes horizontales corresponden con los 12 factores primarios y las componentes verticales a los dos factores de segundo orden. Por último, el autor del cuestionario permite hacer una medida conjunta de ambos constructos con el fin de evaluar las actitudes ambientales en toda su amplitud: *General Environmental Attitudes* (GEA).

Como se ha comentado previamente, el cuestionario “oficial o completo” consta de 120 *items* (10 para evaluar cada uno de los factores primarios). Cada uno de los *items* ha de responderse con escalas Likert del 1 a 7, donde ‘1 significa *Muy en desacuerdo* y ‘7 denota estar *Muy de acuerdo*.

Existe una versión reducida de 72 *items* (con 6 *items* por cada uno de los constructos primarios a medir) y por último una escala super-reducida (que es la que se empleó en el estudio longitudinal) que consta de 24 *items*. En este caso se destinan 2 *items* por cada uno de los factores a medir (Milfont and Duckitt, 2007).

Todos los cuestionarios en cada una de sus versiones: oficial o completo, reducido y super-reducido, han sido validados, presentan consistencia interna, homogeneidad y se ha comprobado su alta fiabilidad en el *test-retest* para medir los constructos que subyacen a sus respectivos conjuntos de *items*.

A continuación se detallan cada uno de los factores de primer orden con los que se construyen las escalas de Preservación y Utilización que son a su vez factores de segundo orden. Se puede obtener una comprensión gráfica de las mismas observando la figura 6.1.

---

<sup>2</sup>Cabe subrayar que todavía no está claro cuáles o cuántas son las dimensiones de las actitudes ambientales. Lo que sí está consensuado es que las actitudes son un constructo multidimensional y no unidimensional.

## Preservación

La Preservación como concepto, es el que prioriza el mantenimiento de la naturaleza, de su riqueza y de su diversidad de especies en el estado natural u originario. Esta dimensión de las actitudes prioriza proteger el entorno de la acción humana y rechaza que el medio ambiente sea concebido como un mero recurso de carácter utilitarista. El factor de Preservación está relacionado con caracteres altruistas, espirituales y morales.

Los constructos que se han recogido de las actitudes ambientales y que cargan sobre la dimensión Preservación, son los siguientes.

**Disfrute de la naturaleza (Escala 1):** antepone la creencia de que disfrutar del tiempo personal en la naturaleza es complaciente y preferible a pasar ese mismo tiempo en zonas urbanas, contra la creencia de que pasar tiempo en la naturaleza es pesado, aburrido, no se disfruta y no es preferible en cuanto a pasar tiempo en zonas urbanas.

**Apoyo de políticas pro-conservacionismo (Escala 2):** apoyo a las políticas de conservación que regulan la industria y el uso de materiales en bruto y que apoyan fuentes y prácticas de energías limpias y alternativas, contra la oposición a todas estas medidas y políticas.

**Activismo medioambiental (Escala 3):** estado de preparación personal para apoyar activamente o para involucrarse en alguna organización o acción conjunta por el medio ambiente, contra el desinterés o el rechazo a este tipo de participación activa.

**Amenaza medioambiental (Escala 6):** creencia en que la naturaleza es frágil y fácilmente deteriorable por la acción humana, y que dicho deterioro por causas de la actividad humana está ocurriendo realmente y que en un corto plazo podrían acarrear unas consecuencias desastrosas tanto para humanos como para la propia naturaleza, contra la creencia de que la naturaleza y el medio ambiente son fuertes y no son fácilmente deteriorables de una manera irreparable, y que un daño serio no está ocurriendo por la acción humana ni está a punto de ocurrir.

**Comportamiento pro-conservacionismo (Escala 8):** antepone el cuidado, la conservación de los recursos y la protección del medio am-

biente en el comportamiento cotidiano, contra la falta de interés y la desazón para cuidar y conservar los recursos en el día a día.

**Interés sobre el ecocentrismo (Escala 11):** denota la nostálgica preocupación y el sentimiento de pérdida personal por el daño al medio ambiente, contra la ausencia de cualquier tipo de concienciación o pesar por el daño al medio ambiente.

**Apoyo a la regulación del crecimiento demográfico (Escala 12):** apoyo a las políticas que regulan el crecimiento de la población y la preocupación por los riesgos de la sobrepoblación, contra la carencia total de apoyo a estas políticas o preocupaciones.

## Utilización

La Utilización es un factor que antepone el ser humano al cuidado del medio natural. Según este constructo, hay una creencia generalizada en que es beneficioso, apropiado y necesario que el entorno medioambiental sea alterado por el ser humano en beneficio de este. El factor de Utilización está relacionado con la instrumentación, y con los valores utilitaristas.

Los factores de primer orden que cargan sobre la dimensión Utilización son los siguientes:

**Conservación motivada por el interés antropocéntrico (Escala 4):** apoyo a las políticas para la conservación y la protección del medio ambiente motivadas por una preocupación antropocéntrica por el bienestar humano, contra el apoyo de estas políticas motivadas por la creencia en que la naturaleza y el medio ambiente tienen valor por sí mismos.

**Confianza en la ciencia y la tecnología (Escala 5):** creencia en que el ingenio humano, especialmente la ciencia y la tecnología, puede y de hecho salvará todos los problemas ambientales actuales y reparará los futuros daños y perjuicios que se puedan causar, contra la idea de que la naturaleza y el medio natural deberían ser preservados en su estado original y prístino y que no debería ser alterada de ninguna forma por la actividad humana.

**Alteración de la naturaleza (Escala 7):** creencia en que los humanos deberían y deben tener el derecho de cambiar y alterar la naturaleza y de modificar el medio ambiente como ellos deseen para satisfacer cualquier fin y objetivo humano, contra la idea de que la naturaleza y el medio natural deberían quedar preservados en su forma natural y estado prístino, y que no deberían ser alterados de ninguna manera por la acción humana o por su intervención.

**Dominación humana sobre la naturaleza (Escala 9):** creencia en que la naturaleza existe principalmente como uso humano, contra la idea de que los humanos y la naturaleza han de tener los mismos derechos.

**Utilización humana de la naturaleza (Escala 10):** creencia en que el crecimiento económico y el desarrollo deberían ser una prioridad por encima de la protección medio-ambiental, contra la idea de que la protección medio-ambiental debería tener prioridad sobre el desarrollo y el crecimiento económico.

### **Acondicionamiento y transformación de datos**

El cuestionario super-reducido para actitudes pro-ambientales de los participantes consta de 24 ítems evaluados en escalas de valoración de 1 (*Muy en desacuerdo*) a 7 (*Muy de acuerdo*). Recuérdese, que EAI mide las actitudes pro-ambientales desde un enfoque multidimensional. Por lo tanto, el cuestionario nos permite obtener un conjunto de 12 constructos de primer orden, 2 de segundo orden (donde los enfoques de Preservación y Utilización son evaluados por compendio de los de primer orden - 7 para Preservación y 5 para Utilización) y por último, un constructo general que evalúa de forma las actitudes pro-ambientales en su plenitud (GEA).

**Evaluar los doce constructos de primer orden:** Para evaluarlos se realizaron las siguientes operaciones sobre las respuestas a los cuestionarios<sup>3</sup>:

1. Se identifican los items que están invertidos y se calcula su puntuación inversa. Es decir, si un *item* negado puntuó '7', al invertirlo pasará a ser '1'. De la misma manera '6' pasa a ser '2', '5' pasa a '3' y así sucesivamente.
2. Se agrupan los items que corresponden a cada uno de los factores de primer orden a medir: una pareja por factor<sup>4</sup>.
3. Por último, se realiza la media aritmética entre los items que puntúan sobre un mismo factor y se obtiene la puntuación total para cada uno de los factores.

**Evaluar los dos constructos de segundo orden:** Para medir los dos constructos de segundo orden (Preservación y Utilización) se realizaron las siguientes operaciones sobre las respuestas a los cuestionarios:

1. Se identifican que factores de primer orden puntúan sobre los factores de Preservación (7) y Utilización (5).
2. Se agrupan las puntuaciones identificadas y se realiza la media aritmética entre estas.

**Evaluar el constructo general:** Por último, el constructo generalizado de las actitudes pro-ambientales (GEA) se mide realizando previamente las siguientes operaciones sobre las respuestas a los cuestionarios:

---

<sup>3</sup>Téngase en cuenta que cada constructo es evaluado respecto a las respuestas obtenidas por una pareja de *items*: uno que carga de forma directa sobre el constructo y otro que lo hace de forma inversa. Tener *items* invertidos permite detectar valores atípicos y minimizar efectos como la 'deseabilidad social' del sujeto que responde.

<sup>4</sup>En el cuestionario al que se les dio acceso a los participantes, los items se presentaban desordenados con el fin de detectar valores atípicos en las respuestas.

1. Se identifican los *items* que están negados y se calcula su puntuación inversa. Este primer paso es el mismo que se realizó para el cálculo de los factores de primer orden.
2. Entre todos los *items* del cuestionario (negados y no negados), se identifica cuáles puntúan o cargan sobre el factor de segundo orden Utilización.
3. Se calcula para todos estos *items* la puntuación inversa para que tanto los *items* que corresponden a Preservación y los que corresponden a Utilización puntúen en la misma dirección<sup>5</sup>. Recordamos de nuevo que la práctica de invertir puntuaciones hace que el *item* que puntuaba como 7 pasa a ser 1, el que puntuó 6 pasa a ser 2 y así sucesivamente hasta que el *items* que puntuó 1 pase a ser 3.
4. Por último, se realiza la media aritmética de todos ellos y se calcula el *score* total.

Con todas estas transformaciones, los datos quedan listos para ser analizados estadísticamente. A continuación se muestra el cuestionario super-reducido de Milfont (2007) meta-traducido al español.

---

<sup>5</sup>Preservación y Utilización son constructos antagónicos. La forma en la que está planteado el cuestionario hace que una persona muy concienciada a nivel medio ambiental puntúe muy alto en el factor Preservación y bajo en Utilización. Si no se hace una transformación en el factor de Utilización, al sumar las puntuaciones sería imposible detectar si los individuos presentan o no unas actitudes pro-ambientales altas o bajas.

## A Brief Version of Environmental Attitude Inventory (Español)

1	2	3	4	5	6	7
Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Algo en desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Algo de acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

Me gusta mucho hacer excursiones al campo, por ejemplo a bosques o prados.	1	2	3	4	5	6	7
No creo que los humanos fueran creados o evolucionaran para dominar el resto de la naturaleza.	1	2	3	4	5	6	7
Proteger el medio ambiente es más importante que proteger los trabajos de las personas.	1	2	3	4	5	6	7
Siempre que puedo, intento preservar los recursos naturales.	1	2	3	4	5	6	7
Necesitamos mantener limpios los lagos y ríos para proteger el medio ambiente, y NO como lugares para que la gente disfrute de deportes acuáticos.	1	2	3	4	5	6	7
Creo que es aburrido pasar tiempo en la naturaleza.	1	2	3	4	5	6	7
No creo que los seres humanos estén maltratando gravemente el medio ambiente.	1	2	3	4	5	6	7
Preferiría un jardín salvaje y natural a uno bien cuidado y ordenado.	1	2	3	4	5	6	7
La ciencia moderna resolverá nuestros problemas medioambientales.	1	2	3	4	5	6	7
Una de las razones más importantes para mantener limpios los lagos y ríos es que la gente tenga un lugar para disfrutar de deportes acuáticos.	1	2	3	4	5	6	7
Proteger los trabajos de las personas es más importante que proteger el medio ambiente.	1	2	3	4	5	6	7
Los seres humanos están maltratando gravemente el medio ambiente.	1	2	3	4	5	6	7
Los gobiernos deberían controlar el ritmo al que se consumen las materias primas para garantizar que duren el mayor tiempo posible.	1	2	3	4	5	6	7
La ciencia moderna NO será capaz de resolver nuestros problemas medioambientales.	1	2	3	4	5	6	7

Me gustaría unirme y participar activamente en un grupo a favor del medio ambiente.	1 2 3 4 5 6 7
Un matrimonio debería tener tantos hijos como quiera, siempre y cuando pueda mantenerlos adecuadamente.	1 2 3 4 5 6 7
Me entristece ver bosques talados destinados a la agricultura.	1 2 3 4 5 6 7
No me gustaría involucrarme en una organización a favor del medio ambiente.	1 2 3 4 5 6 7
Los seres humanos fueron creados o evolucionaron para dominar el resto de la naturaleza.	1 2 3 4 5 6 7
NO soy el tipo de persona que hace esfuerzos para conservar los recursos naturales.	1 2 3 4 5 6 7
Me opongo a que los gobiernos controlen y regulen cómo se utilizan las materias primas con el objetivo de que duren más tiempo.	1 2 3 4 5 6 7
Se debería fomentar que las familias tuviesen dos hijos o menos.	1 2 3 4 5 6 7
Preferiría mucho antes un jardín bien cuidado y ordenado a uno salvaje y natural.	1 2 3 4 5 6 7
NO me entristece ver entornos naturales destruidos	1 2 3 4 5 6 7

## C.2.2 Intención de cambio de comportamiento pro-ambiental

En un estudio de la universidad de Illinois Wesleyan, Tribble (2008) realizó un cuestionario para evaluar la intención de cambio sobre los comportamientos pro-ambientales. El cuestionario fue una versión adaptada sobre el famoso cuestionario *Readiness To Change* de Forsberg et al. (2003). Ese cuestionario fue diseñado para evaluar el estado actual de adicción a la bebida en personas alcohólicas y la predisposición de estas para cambiar de hábito. Sin embargo, en el cuestionario propuesto por Tribble se reemplazaron las referencias al uso del alcohol con referencias a comportamientos dañinos con el medio ambiente.

El objetivo de las preguntas del cuestionario radica en evaluar el estado de cambio en el que estaba cada una de las personas estudiadas respecto a las prácticas medio-ambientales. Los tres posibles estados del cambio definidos por Forsberg et al. (2003) son los siguientes<sup>6</sup>:

**Precontemplación:** Se entiende como un estado de despreocupación y hedonismo en contra del medio ambiente.

**Contemplación:** Se define como un estado en el que el sujeto tiene consciencia de realizar cambios en pro del medio ambiente, pero aún no los está realizando.

**Acción:** Es el estado en el que las personas se han marcado unos objetivos en pro del medio ambiente y los están cumpliendo de forma activa.

Inicialmente, el cuestionario de Tribble mantuvo los 15 *items* del cuestionario original de Forsberg et al. Sin embargo, una vez confeccionado, se eliminó uno de los *items* que cargaba sobre el estado de

---

<sup>6</sup>Las tres etapas del cambio que se presentan en este cuestionario son igualmente contempladas en el modelo transteórico del comportamiento (Prochaska and Di-Clemente, 1984). En ese modelo, los autores añaden los estados de ‘preparación, mantenimiento y terminación’ a los tres estados descritos en *Readiness To Change*.

Precontemplación ya que disminuía la fiabilidad interna de la subescala. Así mismo, 2 de los items de la subescala Contemplación fueron eliminados. La escala de Acción permaneció sin cambios ya que el alfa de Chronbach permaneció alta en el *test-retest*. El cuestionario final en su versión traducida al castellano se adjunta al final de la siguiente sección.

### **Acondicionamiento y transformación de datos**

El cuestionario que evalúa el estado de cambio e intenciones sobre comportamientos pro-ambientales se presentó a cada uno de los participantes con doce preguntas que habían de ser valoradas a través de una escala de tipo Likert de 1 a 5: '1' correspondía a *Muy en desacuerdo* y '5' a *Muy de acuerdo*. Los autores del cuestionario original (Forsberg et al., 2003), propusieron realizar una medida de puntuación de la siguiente manera: *Totalmente de acuerdo* equivale a (+2); *De acuerdo* a (+1); *Ni de acuerdo ni en desacuerdo* (0); *En desacuerdo* (-1); y *En total desacuerdo* (-2).

Con el fin de discernir el estado de cambio pro-ambiental en el que se encontraba cada uno de los sujetos experimentales (Pre-contemplación, Contemplación o Acción), se realizan los siguientes pasos:

1. Se identifica cada uno de los cuatro items del cuestionario que carga sobre cada uno de los factores a medir.
2. Se realiza la suma de puntuaciones para cada uno de los estados de cambio.
3. Se compara la puntuación total de cada uno de los tres posibles estados siendo elegido como estado actual el factor con puntuación más alta. En caso de que haya un empate entre dos estados, siempre se le atribuirá el estado de cambio al más alto de los tres factores (Forsberg et al., 2003).

A continuación se muestra el cuestionario de Tribble (2008) meta-traducido al español.

## Pro-environmental Readiness to Change Questionnaire (Español)

1	2	3	4	5
Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

Ya estoy cambiando mis hábitos que son perjudiciales para el medio ambiente.	1 2 3 4 5
A veces, mis decisiones tienen un impacto negativo en el medio ambiente.	1 2 3 4 5
Es una pérdida de tiempo reflexionar sobre el calentamiento global.	1 2 3 4 5
Disfruto viviendo como quiero, pero a veces mis comportamientos son perjudiciales para el medio ambiente.	1 2 3 4 5
A veces pienso que debería reducir mi comportamiento derrochador.	1 2 3 4 5
Creo que ha llegado el momento en que debería plantearme proteger de forma más activa el medio ambiente.	1 2 3 4 5
Recientemente he cambiado mis hábitos perjudiciales para el medio ambiente.	1 2 3 4 5
No creo que me comporte de una forma que cause demasiados perjuicios al medio ambiente.	1 2 3 4 5
Tratar de vivir de forma más sostenible con el medio ambiente no tendría sentido para mí.	1 2 3 4 5
Estoy tratando de adquirir hábitos menos perjudiciales para el medio ambiente que los que tenía.	1 2 3 4 5
No tengo ninguna necesidad de cambiar mis comportamientos cotidianos con respecto al medio ambiente.	1 2 3 4 5
Cualquiera puede manifestar su intención de hacer algo por el medio ambiente, pero yo ya estoy haciéndolo.	1 2 3 4 5

## Consentimiento para participar en un estudio de investigación

<b>Título del estudio</b>	Uso de dispositivos electrónicos compartidos en espacios comunitarios.
<b>Investigadores principales</b>	Juan López de Armentia y Diego Casado Mansilla.
<b>Teléfonos de contacto</b>	944139003   Ext. 2977 ; 652796730 (Juan); 657089618 (Diego).

Os invitamos a participar en el presente estudio de investigación supervisado por los doctores Diego López de Ipiña y Pablo Garaizar Sargarminaga. Os pedimos leer este documento de consentimiento con detenimiento antes de aceptar la participación en el estudio.

**Objetivo:** Estamos interesados en estudiar los hábitos y comportamientos que los trabajadores desarrollan en torno al uso de los dispositivos electrónicos de uso compartido. En este caso, una cafetera.

**Duración:** El experimento comienza a finales de abril del 2014 y se desarrollará hasta finales de julio del 2015. Es posible que la recopilación de datos se extienda a las primeras semanas de septiembre.

**Procedimiento:** Al inicio del experimento, se repartirá a las personas involucradas en él una pegatina que deben pegar bajo la taza con la que normalmente toman café/té. Estas pegatinas tienen un identificador asociado que se le dará a cada participante. Las personas deben registrarse en la web [apps.morelab.deusto.es/ecoaware](http://apps.morelab.deusto.es/ecoaware) con el identificador asignado, contestar una serie de preguntas y rellenar datos personales.

A lo largo del experimento, los usuarios no tendrán que realizar ninguna modificación en el uso habitual del electrodoméstico bajo estudio (cafetera). De hecho, se pide a las personas participantes que lo utilicen de forma habitual.

A mitad del experimento, el dispositivo bajo estudio será modificado para facilitar la interacción con el usuario. En una fase final del experimento, dicha interacción desaparecerá y el dispositivo quedará en el mismo estado inicial en que el usuario lo encuentra al comenzar la investigación. Al finalizar el experimento, se realizará una entrevista semi-estructurada a las personas participantes donde éstas deberán rellenar un segundo cuestionario.

**Riesgos y beneficios:** El experimento no comporta ningún riesgo para el participante. Los beneficios se focalizan, por un lado en el aprendizaje sobre cómo usamos los dispositivos de uso compartido y, por otro lado, en la entrada automática en el sorteo de un premio que se elegirá por votación. Los premios candidatos son:

1. Un dispositivo inteligente (kit) de medición energética para el hogar.
2. Un termostato inteligente para el hogar.

**Confidencialidad:** Todos los datos del experimento que se va a realizar serán usados única y exclusivamente con finalidad científica. Es decir, no habrá transferencia a terceros y únicamente se usarán para realizar publicaciones en congresos o revistas del área de investigación. En el caso de las entrevistas semi-estructuradas, se podrán coger transcripciones literales y plasmarlas sobre artículos que escriban los investigadores, pero estas nunca irán asociadas a un nombre real (en tal caso se usarán seudónimos o nombres ficticios).

**Voluntariedad de la participación:** La participación en el experimento es totalmente voluntaria. Si decides participar en el experimento, eres libre de abandonarlo en cualquier momento. En ese caso, se comunicará de forma obligatoria vía mail o telefónica a alguno de los investigadores principales. La salida del experimento conlleva la imposibilidad de participar en el sorteo final.

**Preguntas y Contacto:** Los investigadores que realizan este experimento son Juan López de Armentia y Diego Casado Mansilla. Ellos estarán disponibles de forma presencial para preguntas el día que se dé de alta la cafetera para comenzar la investigación. De igual manera, lo estarán en el ecuador del experimento y al finalizarlo. Si en algún momento se presenta una incidencia o surgen ruegos o preguntas, el teléfono de contacto es: 944139003 | Ext. 2977

## CONSENTIMIENTO

Se me ha explicado el procedimiento del experimento y mis dudas han sido resueltas. La información que se va a extraer en el experimento y que voy a reportar es de uso confidencial y únicamente se usará con fines de divulgación científica. Entiendo que mi participación es voluntaria y que puedo abandonar el experimento sin penalización ninguna más allá de no optar al premio que se sorteará al finalizar el estudio.



# D

## Modelos de similitud

---

En este apéndice se detalla el método seguido para agrupar los diferentes grupos de trabajo en bloques de afinidad. Es importante subrayar, que la unidad de análisis en el caso que nos ocupa es el grupo de trabajo. Unidad que a su vez está compuesta por un número dispar de sujetos. Por lo tanto, se pretende llegar a realizar una reunión de grupos ya establecidos en los que el número de sujetos en cada bloque será indeterminado.

A continuación, se pasa a describir sucintamente cada uno de los grupos bajo estudio, así como el espacio donde realizan su trabajo y la zona donde se emplaza la cafetera. Esta descripción contribuye a comprender mejor la idiosincrasia de cada grupo y su entorno de trabajo con el objeto de poder extrapolar las conclusiones extraídas de cada uno de ellos.

### D.1 Grupos reclutados

**Bailen** Es un espacio de coworking en un edificio de Bilbao donde conviven arquitectos, urbanistas, diseñadores y productores multimedia. Todas las personas que trabajan en este espacio están en una sala con

mesas compartidas quedando la zona de café en una estancia a parte. Esta estancia es de tipo *office* y en ella, además de la máquina de café, hay otros electrodomésticos: microondas, lavavajillas y calentador de agua para té. En este tipo de espacio es fácil olvidar un dispositivo encendido y que pase desapercibido durante todo el tiempo en el que la estancia esté desocupada. La media de edad de los integrantes es de 33 años.

**Comunica** Es una oficina de trabajo administrativo dentro de una universidad en Bilbao. Cada una de las personas que desarrolla funciones de administración o comunicación tiene un escritorio personal. La máquina de café está escondida en un armario y cada vez que desean usarla deben realizar el siguiente proceso: abrir el armario, encender la cafetera, poner la cápsula, hacer el café, retirar la cápsula, la taza y dejar todo limpio para, por último, cerrar de nuevo el armario. Al ser un proceso tan definido es difícil que la gente de este espacio deje encendido el electrodoméstico. La razón de tener la cafetera escondida se debe a que es un espacio donde entra mucha gente ajena y por tanto no desean tener el dispositivo a la vista. La media de edad de los integrantes es de 35 años.

**Computing, Mobility, Life y Morelab** Los cuatro grupos pertenecen a un centro de investigación adscrito a una universidad en Bilbao. Los cuatro grupos están dispuestos en lugares separados dentro de un espacio diáfano de 2000m<sup>2</sup>. Al ser un lugar tan grande no hay interacción entre los grupos ni contacto visual ya que los investigadores desarrollan sus funciones en cubículos semi-aislados. Como son grupos diferentes, cada uno de ellos tiene una cafetera de uso personal que está ubicada en alguna de las mesas libres correspondientes a sus unidades de trabajo. En cada grupo hay integrantes que tienen contacto visual con la cafetera y otros que no. Como particularidad, conviene tener en cuenta que los integrantes del grupo ‘([A-Z])obility’ suelen coincidir a la hora de realizar la pausa del café, mientras que en los otros grupos cada persona lo realiza de forma individual. Algunos de los grupos tienen microondas y frigorífico. La media de edad es de 28 años.

**Cowork3C** Es un espacio de coworking situado en la periferia de Madrid donde confluyen empresas tecnológicas, de abogacía y peritaje. El espacio de coworking es una única sala donde las mesas de trabajo se disponen en la zona cercana a la puerta de entrada, mientras que la cocina completa, donde está la cafetera, y la zona de reuniones quedan relegados al fondo del espacio. Suele haber bastante unidad a la hora de realizar la pausa de café. La media de edad es de 37 años.

**IEEC** Es un grupo de investigación perteneciente a una universidad en Madrid donde sus integrantes están distribuidos en 2 despachos separados. Su cafetera está ubicada dentro de un laboratorio de trabajo junto con otras máquinas mecánicas como taladros y tornos. Dicho laboratorio está separado de los dos despachos, por lo tanto no hay contacto visual con el electrodoméstico. La media de los usuarios es de 42 años.

**Serv. Generales** Es un espacio de trabajo que hace las veces de secretaría de un centro de investigación adscrito a una universidad en Bilbao. En ese espacio hay varios despachos de uso privado y salas comunes donde trabaja personal administrativo. En uno de esos espacios está colocada la cafetera. Solo uno de los trabajadores tiene contacto visual directo con el dispositivo. La media de edad de los usuarios de la cafetera es de 43 años.

**Techabout** Es un habitáculo enclavado en un vivero de empresas de base tecnológica en Bilbao. Al ser una estancia pequeña no dispone de espacios separados y por tanto la cafetera está encima de un mueble en el centro de la sala. Cada una de las personas que trabaja allí tiene una mesa propia y todas tienen contacto visual con la cafetera. La media de edad es de 33 años.

**Tecnológica** Es una empresa tecnológica de Madrid con un espacio diáfano de unos 1500m<sup>2</sup> donde los trabajadores se agrupan en mesas corridas organizadas por proyectos. El espacio de la cafetera está separado en una estancia contigua que es una cocina completa. Además

de todos los electrodomésticos que se pueden encontrar en una cocina convencional, este espacio cuenta con máquinas de vending. En ese lugar la gente puede comer o relajarse pues hay mesas, sofás y acceso al exterior. La media de edad es de 38 años y hay muchas personas en la empresa que suelen tomar el café juntas a la misma hora.

**Ucrania** Es un centro de coworking de Madrid donde principalmente trabajan diseñadores y arquitectos. El espacio cuenta con dos plantas diáfanas donde cada persona tiene una mesa de trabajo. La cocina, con todos sus electrodomésticos, se encuentra en la planta de abajo integrada en la zona de trabajo y reuniones. Por lo tanto, la gente que trabaja en esa planta tiene contacto visual con la cafetera que está allí emplazada. La media de edad es de 34 años.

**Wikitoki** Es un centro de coworking situado en Bilbao donde principalmente trabajan diseñadores y arquitectos. El espacio cuenta con cabinas separadas, zonas comunes de trabajo, una cocina tipo *office* donde la gente puede comer. Es allí donde se encuentra la cafetera que no está en el campo de visión de ninguna de las personas que ocupan el espacio. La media de edad del grupo es 35 años.

## D.2 Agrupación por similitud

La principal razón para realizar agrupaciones por afinidad o por similitud de los grupos ya establecidos radica en eliminar el ruido, los factores de confusión y la variabilidad en los datos. La finalidad que se persigue, es que al aplicar los estadísticos se obtengan inferencias más robustas del efecto de cada uno de los tratamientos analizados ya que se eliminan los errores inherentes a la aleatoriedad. Este aspecto es de suma importancia al realizar estadísticos comparativos entre grupos. Si estas pruebas de contraste se realizasen entre grupos seleccionados al azar sin haber realizado un análisis de similitud previo, no se podría asegurar que las muestras fueran comparables y por tanto se invalidarían

los resultados obtenidos.

Para realizar las agrupaciones se han de buscar varios atributos de similitud, llamados variables de bloqueo, que tengan relación con el constructo a evaluar pero sin integrar el propio constructo (Benson and Levin, 1998). En nuestro caso se atendió a siete atributos: a la formación académica del grupo, al género, al consumo medio de café, al tipo de clima de la ciudad donde estaba ubicado cada grupo y al tipo de espacio de trabajo. Además, como ya se disponía del perfil actitudinal y comportamental de cada grupo de trabajo obtenido a través de las encuestas *on-line*, también se incluyeron como variables de bloqueo.

Con todas las variables de caracterización, se generó un vector de 14 dimensiones por cada grupo<sup>1</sup>. Este vector aglutinaba en cada una de sus dimensiones las medias grupales de cada uno de los 7 atributos, así como la desviación estándar del grupo para cada uno de esos atributos.

La primera aproximación para agrupar estos vectores de 14 dimensiones fue realizar un análisis espacial a través de distancias euclídeas entre grupos. La distancia euclídea (también llamada disimilaridad) entre dos grupos  $i$  y  $j$  a una medida, indicada por  $d(i, j)$ , mide el grado de semejanza entre grupos, en relación a los 14 atributos predefinidos. El valor de  $d(i, j)$  será siempre un valor no negativo, y cuanto mayor sea este valor mayor será la diferencia entre los grupos  $i$  y  $j$ . La expresión de distancia euclídea es la siguiente:

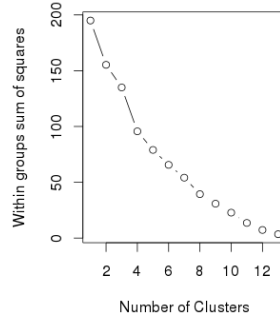
$$d(i, j) = (W_i - W_j)'(W_i - W_j) \quad (D.1)$$

Sin embargo, el coeficiente de disimilaridad tiene dos inconvenientes: 1) es muy dependiente de los valores de los atributos priorizando los valores altos sobre los bajos; y 2) no es preciso si las variables que definen las dimensiones de los vectores están correlacionadas.

Dadas las limitaciones de la aplicación de la distancia euclídeana, se apostó por aplicar un método de cluster aglomerativo. El análisis de cluster es un conjunto de técnicas multivariantes utilizadas para clasifi-

---

<sup>1</sup>En el momento de realizar el análisis de similitud se disponía de los datos de trece grupos. Los otros dos grupos restantes para llegar a los quince que comenzaron el estudio, abandonaron el experimento de forma temprana.



**Figura D.1:** Gráfico que denota que el número óptimo de agrupaciones para los datos de partida es cuatro.

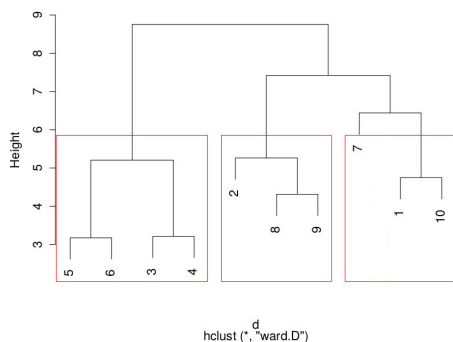
car a un conjunto de individuos, en nuestro caso grupos, en bloques homogéneos. El que sean aglomerativos significa que mediante esta técnica se irán progresivamente fusionando y formando grupos que constituyen las sucesivas particiones.

Uno de los principales problemas al acercarse a un análisis de cluster, es determinar el número de agrupaciones que se espera encontrar dentro del *dataset* de partida. A este número de agrupaciones se le denomina formalmente como  $k$ . Uno de los métodos más usados para hallar un número  $k$  óptimo, es el ‘método del codo’. Este método ofrece una regla orientativa que sugiere elegir un número de clusters tal que, si se agrega un nuevo cluster no se obtendría un mejor modelado de los datos<sup>2</sup>.

En la Figura D.1 se muestra un gráfico que denota que el número estimado de clusters óptimo estaría entre 3 o 4 de acuerdo al criterio del codo (el punto donde hay una cambio de tendencia en la gráfica). Es decir, se determina el número de clusters en el momento que la relación entre  $k$  y la suma de cuadrados comienza a decrecer de forma constante y ya no hay variaciones abruptas.

Dentro de los análisis de cluster, existen varias estrategias de agru-

<sup>2</sup>Se podría crear un símil con el porcentaje de varianza explicada por añadir un nuevo cluster. Si ese porcentaje no mejora, no tiene sentido agregarlo.



**Figura D.2:** Dendrograma donde se observa que un bloque de similitud consta de cuatro muestras y los otros dos bloques de tres muestras cada uno.

pamiento entre las que destacan el método del centroide, de la mediana, el método de Ward, o quizás el más conocido, el método de la mediana o de k-means. Todos ellos tienen sus ventajas e inconvenientes siendo el método de Ward (Ward, 1963) el que mejor se ajustó a nuestras necesidades (una de las debilidades de k-means es la asignación aleatoria de centroides que dificulta obtener resultados homogéneos al repetir varias veces la clusterización). El método de Ward posee casi todas las ventajas del método de la media y suele ser más discriminativo en la determinación de los niveles de agrupación. Una investigación llevada a cabo por Kuiper y Fisher (1975) probó que este método era capaz de acertar mejor con la clasificación óptima que otros métodos (mínimo, máximo, media y centroide).

Los resultados de la aplicación del método de Ward sobre los 13 grupos de los que consta nuestro dataset fue que efectivamente se crearon cuatro bloques. Tres grupos no compartían características de agrupación con el resto ni tampoco entre ellos mismos y por tanto fueron asignados a un grupo de muestras atípicas (marcado con un asterisco en la tabla D.1). De los 10 grupos que sí consiguieron agruparse por criterios de similitud, la división y posterior agrupamiento puede ser observada en la figura D.2. La relación entre las muestras numéricas de la figura D.2 y el nombre real de cada grupo, puede realizarse observando la tabla D.1.

<b>Agrupación en Bloque A</b>	Tecnológica Morelab Serv. Generales Mobility
<b>Agrupación en Bloque B</b>	Bailén Comunica Wikitoki
<b>Agrupación en Bloque C</b>	Ucrania Life TechAbout
<b>Agrupación en Bloque D *</b>	Cowork3C Computing IEEC

**Tabla D.1:** Relación de grupos con cierto grado de similitud después de aplicar un método de conglomerado jerárquico.

# E

## Contribuciones científicas realizadas

---

### E.1 Revistas indexadas en JCR

- Diego Casado-Mansilla, Juan López-de-Armentia, Daniela Ventura, Pablo Garaizar, Diego López-de-Ipiña. (2016) *Embedding Intelligent Eco-aware Systems within Everyday Things to Increase People's Energy Awareness*. *Soft Computing Journal*, ISSN 1432-7643, Volume 20, Issue 5, pp 1695–1711. Impact Factor (2015): 1.630 , Q2 (Computer Science: Information Systems; Telecommunications). <http://dx.doi.org/10.1007/s00500-015-1751-0>
- Juan López-de-Armentia, Diego Casado-Mansilla, Diego López-de-Ipiña. (2016) *Making social networks a means to save energy*. *Journal of Network and Computer Applications*, ISSN 1084-8045, Volume 59, pp 237–246. Impact Factor (2015): 2.331 , Q1 (Computer Science: Artificial Intelligence, Interdisciplinary Applications). <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnca.2014.09.020>
- Juan López-de-Armentia, Diego Casado-Mansilla, Sergio López-Pérez, Diego López-de-Ipiña. (2014) *Reducing energy waste th-*

*rough eco-aware everyday things*. Journal on Mobile Information Systems, ISSN 1574-017x, Volume 10, Number 1, pp. 79–103. Impact Factor (2015): 0.872, Q3 (Computer Science: Hardware & Architecture, Interdisciplinary Applications, Software Engineering).  
<http://dx.doi.org/10.3233/MIS-130172>

## E.2 Conferencias internacionales

- Diego Casado Mansilla, Derek Foster, Shaun Lawson, Pablo Garaizar, Diego López-de-Ipiña. (2015) *'Close the Loop': An iBeacon App to Foster Recycling Through Just-in-Time Feedback*. In Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI'2015 Extended Abstracts). pp. 1495–1500. Seoul, South Korea. <http://dx.doi.org/10.1145/2702613.2732861>
- Daniela Ventura, Diego Casado-Mansilla, Juan López-de-Armentia, Pablo Garaizar, Diego López-de-Ipiña, Vincenzo Catania. (2014) *ARIIMA: A Real IoT Implementation of a Machine-Learning Architecture for Reducing Energy Consumption*. In Proceedings of 8th International Conference on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence - UCAmI2014. Lecture Notes in Computer Science Volume 8867, pp. 444–451. Belfast, Ireland. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-13102-3\\_72](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-13102-3_72).
- Diego Casado-Mansilla, Juan López-de-Armentia, Pablo Garaizar, Diego López-de-Ipiña. (2014) *Team up with Eco-aware Everyday Things to Green your Workplace!*. In Proceedings of the 8th International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing, pp. 409–414. Birmingham, UK. <http://dx.doi.org/DOI%2010.1109/IMIS.2014.55>.
- Diego Casado-Mansilla, Juan López-de-Armentia, Pablo Garaizar, Diego López-de-Ipiña. (2014) *To switch off the coffee-maker or*

*not: that is the question to be energy-efficient at work.* In Proceedings of the 32nd Annual ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI'2014 Extended Abstracts), pp. 2425–2430. Toronto, Canada. <http://dx.doi.org/10.1145/2559206.2581152>

- Juan López-de-Armentia, Diego Casado-Mansilla, Diego López-de-Ipiña. (2013) *Saving Energy Through Collaborative Eco-aware Everyday Things.* In Proceedings of the 7th International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing, pp. 489–493. Taichung, Taiwan. <http://dx.doi.org/10.1109/IMIS.2013.88>
- Diego Casado-Mansilla, Juan López-de-Armentia, Diego López-de-Ipiña. (2012) *Will Eco-aware Objects Help to Save the World?.* In Proceedings of 6th International Conference on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence (UCAmI'2012). Lecture Notes in Computer Science 2012, pp. 298–305. .Vitoria-Gasteiz, Spain. [https://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-35377-2\\_3](https://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-35377-2_3)
- Juan López-de-Armentia, Diego Casado-Mansilla, Diego López-de-Ipiña. (2012) *Fighting against Vampire Appliances through Eco-aware Things.* In Proceedings of the 6th International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing, pp. 868–873. Palermo, Italy. <http://dx.doi.org/10.1109/IMIS.2012.112>

## E.3 Otras publicaciones relacionadas

- Diego Casado-Mansilla, Juan López-de-Armentia, Pablo Garaizar, Diego López-de-Ipiña. (2014) *Industria de los electrodomésticos en España: sin margen para el error.* Journal of Automática e Instrumentación. ISSN 0213-3113. Volume 467. November, 2014. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4924647>



# Bibliografía

- Adams, A., Lunt, P., and Cairns, P. (2008). A qualitative approach to hci research. In Cairns, P. and Cox, A., editors, *Research Methods for Human-Computer Interaction*, pages 138–157. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2):179–211.
- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *Automatic Control, IEEE Transactions on*, 19(6):716–723.
- Ariyo Adebisi, A., Oluyinka Adewumi, A., and Korede Ayo, C. (2014). Comparison of arima and artificial neural networks models for stock price prediction. *Journal of Applied Mathematics*.
- Armitage, C. J. and Conner, M. (2001). Efficacy of the theory of planned behaviour: a meta-analytic review. *The British journal of social psychology / the British Psychological Society*, 40(Pt 4):471–499.
- Arroyo, E., Bonanni, L., and Selker, T. (2005). Waterbot: exploring feedback and persuasive techniques at the sink. In *Proc. of CHI'05*, pages 631–639. ACM.

- Asilkan, O. and Irmak, S. (2009). Forecasting the future prices of the second hand automobiles through neural networks. *Journal of Faculty of Economics And Administrative Sciences*, 14(2):378.
- Atzori, L., Iera, A., and Morabito, G. (2010). The internet of things: A survey. *Comput. Netw.*, 50(15):2787–2805.
- Berenson, M. L. and Levin (1998). *Basic Business Statistics: Concepts and Applications*. Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ, USA, 7th edition.
- Bohn, J., Coroamă, V., Langheinrich, M., Mattern, F., and Rohs, M. (2004). Living in a world of smart everyday objects—social, economic, and ethical implications. *Human and Ecological Risk Assessment*, 10(5):763–785.
- Box, G. E. P. and Jenkins, G. (1990). *Time Series Analysis, Forecasting and Control*, volume Holden-Day, Incorporated.
- Braun, V. and Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2):77–101.
- Broms, L., Katzeff, C., and et al. (2010). Coffee maker patterns and the design of energy feedback artefacts. In *Proc. of DIS'10*, pages 93–102. ACM.
- Brown, N. and Stockman, T. (2013). Examining the use of thematic analysis as a tool for informing design of new family communication technologies. In *Proceedings of the 27th International BCS Human Computer Interaction Conference*, pages 21:1–21:6. British Computer Society.
- Brynjarsdóttir, H., Håkansson, M., Baumer, E., DiSalvo, C., Sengers, P., and Pierce, James (2012). Sustainably unpersuaded: How persuasion narrows our vision of sustainability. In *Proc. of CHI'12*, pages 947–956. ACM.
- Bush, E., Nipkow, J., Josephy, B., and Griesshammer, R. (2009). Strategies to enhance energy efficiency of coffee machines. In *EEDAL-Conference*.

- Calinski, T. and Kageyama, S. (2000). *Block Designs: A Randomization Approach: Volume I: Analysis*. Block Designs: A Randomization Approach. Springer New York.
- Card, S. K., Newell, A., and Moran, T. P. (1983). *The Psychology of Human-Computer Interaction*. L. Erlbaum Associates Inc.
- Carr, N. (2014). *Atrapados: Cómo las máquinas se apoderan de nuestras vidas*. Penguin Random House Grupo Editorial España.
- Carrico, A. R. and Riemer, M. (2011). Motivating energy conservation in the workplace: An evaluation of the use of group-level feedback and peer education. *Journal of Environmental Psychology*, 31(1):1–13.
- Casado-Mansilla, D., López-de-Armentia, J., Ventura, D., Garaizar, P., and López-de-Ipiña, D. (2016). Embedding intelligent eco-aware systems within everyday things to increase people’s energy awareness. *Soft Comput.*, 20(5):1695–1711.
- Cavallini, A. (2015). iBeacon Bible 2.0.
- Chapman, J. (2005). *Emotionally Durable Design: Objects, Experiences and Empathy*. Earthscan LLC.
- Charmaz, K. (2006). *Constructing Grounded Theory: A Practical Guide Through Qualitative Analysis*. SAGE Publications.
- Chetty, M., Tran, D., and Grinter, R. (2008). Getting to green: understanding resource consumption in the home. In *Proc. of UbiComp’08*, pages 242–251. ACM.
- Chien, W.-C., Diefenbach, S., and Hassenzahl, M. (2013). The whisper pillow: A study of technology-mediated emotional expression in close relationships. In *Proceedings of the 6th International Conference on Designing Pleasurable Products and Interfaces*, pages 51–59.
- Cialdini, R. (1993). *Influence (rev): The Psychology of Persuasion*. HarperCollins.

- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2nd Edition)*. Routledge, 2 edition.
- Consolvo, S., McDonald, D. W., and Landay, J. A. (2009). Theory-driven design strategies for technologies that support behavior change in everyday life. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 405–414. ACM.
- Corral-Verdugo, V. (1997). Dual ‘realities’ of conservation behavior: Self-reports vs observations of re-use and recycling behavior. *Journal of Environmental Psychology*, 17(2):135–145.
- Costanza, E., Ramchurn, S., and Jennings, N. (2012). Understanding domestic energy consumption through interactive visualisation. In *Proc. of UbiComp’12*, pages 216–225. ACM.
- Côté-Arsenault, D. and Morrison-Beedy, D. (2005). Maintaining your focus in focus groups: Avoiding common mistakes. *Research in Nursing and Health*, 28(2):172–179.
- Cowan, B. R., Bowers, C. P., Beale, R., and Pinder, C. (2013). The stropy kettle: An intervention to break energy consumption habits. CHI EA ’13, pages 1485–1490. ACM.
- Cuñat Giménez, R. (2007). Aplicación de la teoría fundamentada (grounded theory) al estudio del proceso de creación de empresas. In *Asociación Española de Dirección y Economía de la Empresa (AEDEM)*, pages 44–57.
- Dainton, M. and Zelle, E. (2014). Explaining theories of persuasion. *Applying communication theory for professional life: A practical introduction*. Sage publications, Thousand Oaks, pages 103–131.
- Darby, S. (2006). The effectiveness of feedback on energy consumption: a review for DEFRA of the literature on metering, billing and direct displays. Technical report, Univ. of Oxford.
- Darley, J. M. and Latane, B. (1968). Bystander intervention in emergencies: diffusion of responsibility. *Journal of personality and social psychology*, 8:277–281.

- De Young, R. (1993). Changing behavior and making it stick. *Environment and Behavior*, 25:485–505.
- Dean Brown, J. (2011). Likert items and scales of measurement? Technical report, University of Hawai at Manoa. JALT: Testing and Evaluation SIG Newsletter.
- Delmas, M., Fischlein, M., and Asensio, O. . (2013). Information strategies and energy conservation behavior: A meta-analysis of experimental studies from 1975 to 2012. *Energy Policy*, 61(C):729–739.
- Dikmen, N. (2009). *Basic Concepts and Applications of Econometrics*. Nobel Publication Distribution.
- DiSalvo, C., Sengers, P., and Brynjarsdottir, H. (2010). Mapping the landscape of sustainable HCI. In *Proc. of (CHI'10)*, pages 1975–1984. ACM.
- Duggan, G. B. (2016). Applying psychology to understand relationships with technology: from eliza to interactive healthcare. *Behaviour and Information Technology*, pages 1–12.
- Dunlap, R. E. and Van Liere, K. D. (1978). The “new environmental paradigm”. *The Journal of Environmental Education*, 9(4):10–19.
- EEA (2013). Achieving energy efficiency through behaviour change: what does it take? Technical report, EEA (European Environment Agency).
- Elster, J. (2009). *Reason and Rationality*. Princeton University Press.
- EPEC (2013). Guidance on energy efficiency in public buildings. Technical report, European PPP Expertise Centre (European Commission).
- EU-Commission (2008). ”directive 2008/98/ec of the european parliament and of the council of 19 november 2008 on waste and repealing certain directives”. Technical report, European Commission.
- Festinger, L. (1962). *A Theory of Cognitive Dissonance*. Stanford University Press.

- Fischer, C. (2008). Feedback on household electricity consumption: a tool for saving energy? *Journal of Energy efficiency*, 1(1):79–104.
- Fisher, R. J. (1993). Social desirability bias and the validity of indirect questioning. *The Journal of Consumer Research*, 20(2):303–315.
- Fogg, B. (2009). A behavior model for persuasive design. In *Proc. of PERSUASIVE'09*, pages 40:1–40:7. Springer-Verlag.
- Fogg, B. J. (2003). *Persuasive Technology: Using Computers to Change What We Think and Do*, volume 18. Morgan Kaufmann Publishers.
- Forsberg, L., Halldin, J., and Wennberg, P. (2003). Psychometric properties and factor structure of the readiness to change questionnaire. *Alcohol and Alcoholism*, 38(3):276–280.
- Foster, D., Lawson, S., Blythe, M., and Cairns, P. (2010). Wattsup?: Motivating reductions in domestic energy consumption using social networks. In *Proc. NordiCHI'10*, pages 178–187. ACM.
- Foster, D., Lawson, S., Wardman, J., Blythe, M., and Linehan, C. (2012). “watts in it for me?”: Design implications for implementing effective energy interventions in organisations. In *Proc. of CHI'12*, pages 2357–2366.
- Foster, D., Linehan, C., Lawson, S., and Kirman, B. (2011). Power ballads: deploying aversive energy feedback in social media. In *CHI'11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pages 2221–2226. ACM.
- Froehlich, J., Dillahunt, T., Klasnja, P., Mankoff, J., Consolvo, S., Harrison, B., and Landay, J. A. (2009). Ubigreen: Investigating a mobile tool for tracking and supporting green transportation habits. *CHI '09*, pages 1043–1052. ACM.
- Froehlich, J., Findlater, L., , and Landay, J. (2010). The design of eco-feedback technology. In *Proc. of CHI'10*, pages 1999–2008. ACM.

- Gil, M., Giner, P., and Pelechano, V. (2012). Personalization for unobtrusive service interaction. *Personal and Ubiquitous Computing*, 16(5):543–561.
- Glanz, K., Rimer, B., and (U.S.), N. C. I. (1997). *Theory at a glance: a guide for health promotion practice*. NIH publication. U.S. Dept. of Health and Human Services, Public Health Service, National Institutes of Health, National Cancer Institute.
- Glaser, B. (1992). *Basics of Grounded Theory Analysis: Emergence Vs. Forcing*. Sociology Press.
- Glaser, B. G. and Strauss, A. L. (1967). *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*. Aldine de Gruyter.
- Glass, G., McGaw, B., and Smith, M. (1981). *Meta-analysis in social research*. Sage Library of Social Research. Sage Publications.
- Goodman, L. A. (1961). Snowball sampling. *The annals of mathematical statistics*, pages 148–170.
- Greaves, M., Zibarras, L. D., and Stride, C. (2013). Using the theory of planned behavior to explore environmental behavioral intentions in the workplace. *Journal of Environmental Psychology*, 34:109–120.
- Grimes, A. and Grinter, R. E. (2007). Designing persuasion: Health technology for low-income african american communities. In *Persuasive Technology*, pages 24–35. Springer.
- Güldenpfennig, F., Reitberger, W., and Fitzpatrick, G. (2012). Of unkempt hair, dirty shirts and smiling faces: capturing behind the mobile camera. In *Nordic Conference on Human-Computer Interaction, NordiCHI '12*, pages 298–307.
- Gustafsson, A. and Gyllenswärd, M. (2005). The power-aware cord: energy awareness through ambient information display. In *Extended abstracts of CHI'05*, pages 1423–1426. ACM.

- Hardeman, W., Johnston, M., Johnston, D., Bonetti, D., Wareham, N., and Kinmonth, A. L. (2002). Application of the theory of planned behaviour in behaviour change interventions: A systematic review. *Psychology and health*, 17(2):123–158.
- Hawcroft, L. J. and Milfont, T. L. (2010). The use (and abuse) of the new environmental paradigm scale over the last 30 years: A meta-analysis. *Journal of Environmental Psychology*, 30(2):143 – 158.
- He, H. A., Greenberg, S., and Huang, E. M. (2010). One size does not fit all: Applying the transtheoretical model to energy feedback technology design. CHI '10, pages 927–936. ACM.
- Hekler, E. B., Klasnja, P., Froehlich, J. E., and Buman, M. P. (2013). Mind the theoretical gap: Interpreting, using, and developing behavioral theory in hci research. CHI '13, pages 3307–3316. ACM.
- Hernandez, C. (2011). Developing grounded theory using focus groups. In Martin, V. B. and Gynnild, A., editors, *Grounded theory : the philosophy, method, and work of Barney Glaser*, Lecture Notes in Computer Science, pages 117–130. BrownWalkerPress.
- Heyselaar, E., Hagoort, P., and Segaert, K. (2015). In dialogue with an avatar, language behavior is identical to dialogue with a human partner. *Behavior Research Methods*, pages 1–15.
- Holstius, D., Kembel, J., Hurst, A., Wan, P.-H., and Forlizzi, J. (2004). Infotropism: Living and robotic plants as interactive displays. In *Proceedings of the 5th Conference on Designing Interactive Systems: Processes, Practices, Methods, and Techniques*, DIS '04, pages 215–221. ACM.
- Huber, M. Z. and Hilty, L. M. (2015). Ict innovations for sustainability. chapter Gamification and Sustainable Consumption: Overcoming the Limitations of Persuasive Technologies, pages 367–385. Springer International Publishing.

- Huh, J., Nathan, L. P., Silberman, S., Blevis, E., Tomlinson, B., Sengers, P., and Busse, D. (2010). Examining appropriation, re-use, and maintenance for sustainability. *CHI EA '10*, pages 4457–4460.
- IDAE (2010). Plan de ahorro y eficiencia energética 2011-2020. Technical report, Instituto para la diversificación y ahorro de la energía.
- Intille, S. S. (2004). A new research challenge: persuasive technology to motivate healthy aging. *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on*, 8(3):235–237.
- Ioannidis, D., Krinidis, S., Stavropoulos, G., Tzovaras, D., and Likothanassis, S. (2014). Full-automated acquisition system for occupancy and energy measurement data extraction. In *Proceedings of the Symposium on Simulation for Architecture & Urban Design*, page 15.
- Jahn, M., Schwartz, T., Simon, J., and Jentsch, M. (2011). EnergyPULSE: tracking sustainable behavior in office environments. In *Proc. of e-Energy'11*, pages 87–96. ACM.
- Jönsson, L., Broms, L., and Katzeff, C. (2010). Watt-lite: energy statistics made tangible. In *Proc. of DIS'10*, pages 240–243. ACM.
- Kabicher, S., Kriglstein, S., Figl, K., and Motschnig-Pitrik, R. (2008). Hci and usability for education and work: 4th symposium of the workgroup hci and usability engineering of the austrian computer society. pages 113–124, Berlin, Heidelberg. Springer Berlin Heidelberg.
- Kappel, K. and Grechenig, T. (2009). “show-me”: Water consumption at a glance to promote water conservation in the shower. *Persuasive '09*, pages 1–6. ACM.
- Karapanos, E., Jain, J., and Hassenzahl, M. (2012). Theories, methods and case studies of longitudinal hci research. In *CHI '12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '12, pages 2727–2730. ACM.

- Khashei, M. and Bijari, M. (2010). An artificial neural network (p,d,q) model for timeseries forecasting. *Expert Syst. Appl.*, 37:479–489.
- Kim, T., Hong, H., and Magerko, B. (2009). Coralog: Use-aware visualization connecting human micro-activities to environmental change. CHI EA '09, pages 4303–4308. ACM.
- Kim, T., Hong, H., and Magerko, B. (2010). Design requirements for ambient display that supports sustainable lifestyle. DIS '10, pages 103–112. ACM.
- Kirman, B., Linehan, C., Lawson, S., Foster, D., and Doughty, M. (2010). There's a monster in my kitchen: using aversive feedback to motivate behaviour change. In *CHI'10 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pages 2685–2694. ACM.
- Knowles, B., Blair, L., Walker, S., Coulton, P., Thomas, L., and Mullanagh, L. (2014). Patterns of persuasion for sustainability. DIS '14, pages 1035–1044. ACM.
- Koehler, C., Dey, A., Mankoff, J., and Oakley, I. (2010). Motivate environmentally sustainable thermostat-use through goal-setting, just-in-time recommendations, and behavior reflection. In *Proc. of MobileHCI'10*.
- Kotrlik, J. W. and Williams, H. A. (2003). The incorporation of effect size in information technology, learning, and performance research. *Information Technology, Learning, and Performance Journal*.
- Krueger, R. A. and Casey, M. A. (2009). *Focus groups: a practical guide for applied research (4th edition)*. SAGE Publications, Thousand Oaks, California.
- Kruskal, W. and Wallis, W. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, pages 583–621.
- Kuiper, K. and Fisher, Y. (1975). A monte carlo comparison of six clustering procedures. *Journal of Biometrics*, 31(3):777–783.

- Kwiatkowski, P., Phillips, P., and Schmidt, P. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root? *Journal of Econometrics*, 54:8159–178.
- Lehrer, D. and Vasudev, J. (2011). Evaluating a social media application for sustainability in the workplace. In *CHI'11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pages 2161–2166. ACM.
- Lenz, C., Nair, S., Rickert, M., Knoll, A., Rosel, W., Gast, J., Bannat, A., and Wallhoff, F. (2008). Joint-action for humans and industrial robots for assembly tasks. In *Robot and Human Interactive Communication, 2008. RO-MAN 2008. The 17th IEEE International Symposium on*, pages 130–135.
- Ljung, G., Box, G., and CENTER., W. U. M. M. R. (1977). *On a Measure of Lack of Fit in Time Series Models*. MRC technical summary report: Mathematics Research Center. Defense Technical Information Center.
- Lopez-de-Armentia, J., Mansilla, D. C., López-Pérez, S., and López-de-Ipiña, D. (2014). Reducing energy waste through eco-aware everyday things. *Mobile Information Systems*, 10(1):79–103.
- Mankoff, J., Matthews, D., Fussell, S. R., and Johnson, M. (2007a). Leveraging social networks to motivate individuals to reduce their ecological footprints. *HICSS '07*, pages 87–92. IEEE Computer Society.
- Mankoff, J. C., Blevis, E., Borning, A., Friedman, B., Fussell, S. R., Hasbrouck, J., Woodruff, A., and Sengers, P. (2007b). Environmental sustainability and interaction. *CHI EA '07*, pages 2121–2124. ACM.
- Mayring, P. (2003). *Qualitative Content Analysis (8th ed.S)*. Beltz Weinheim.
- Merton, R. K., Fiske, M., and Kendall, P. L. (1990). *The focused interview : a manual of problems and procedures (2nd Edition)*. The Free Press.

- Milfont, T. L. and Duckitt, J. (2007). A brief version of the environmental attitudes inventory.
- Milfont, T. L. and Duckitt, J. (2010). The environmental attitudes inventory: A valid and reliable measure to assess the structure of environmental attitudes. *Journal of Environmental Psychology*, 30(1):80–94.
- Milfont, T. L., Duckitt, J., and Wagner, C. (2010). The Higher Order Structure of Environmental Attitudes: A Cross-Cultural Examination. *Interamerican Journal of Psychology*, 44(2):263–273.
- Millen, D. R. (2000). Rapid ethnography: Time deepening strategies for hci field research. In *Proc. of DIS'00*, pages 280–286.
- Nass, C., Fogg, B., , and Moon, Y. (1996). Can computers be teammates? *Int. J. Hum.-Comput. Stud.*, 45(6):669–678.
- Nass, C. and Moon, Y. (2000). Machines and mindlessness: Social responses to computers. *Journal of social issues*, 56(1):81–103.
- Nathan, L. P. (2012). Sustainable information practice: An ethnographic investigation. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 63(11):2254–2268.
- Newton, R. and Rudestam, K. (1999). *Your Statistical Consultant: Answers to Your Data Analysis Questions*. Sage.
- Nielsen, J. (1995). Card sorting to discover the users' model of the information space.
- Nipkow, J. (2009). Measuring method and calculation formula for the electricity consumption of coffee machines for household use. In *Topten International Group TIG*.
- Nipkow, J. and Josephy, B. (2012). Coffee machines: Recommendations for policy design. In *Topten International Group TIG*.
- Norman, D. A. (2002). *The Design of Everyday Things*. Basic Books, reprint paperback edition.

- Oinas-Kukkonen, H. and Harjumaa, M. (2009). Persuasive systems design: Key issues, process model, and system features. *Communications of the Association for Information Systems*, 24(1).
- O’Keefe, D. (1990). *Persuasion: Theory and Research*. Current Communication. SAGE Publications.
- Osbaldiston, R. and Schott, J. (2012). Environmental sustainability and behavioral science: meta-analysis of proenvironmental behavior experiments. *Environment and Behavior*, 44(2):257–299.
- O’Sullivan, D. and Igoe, T. (2004). *Physical Computing: Sensing and Controlling the Physical World with Computers*. Course Technology Press.
- Petkov, P., Goswami, S., Köbler, F., and Krcmar, H. (2012). Personalised eco-feedback as a design technique for motivating energy saving behaviour at home. In *Proceedings of the 7th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Making Sense Through Design*, pages 587–596. ACM.
- Petkov, P., Köbler, F., Foth, M., and Krcmar, H. (2011). Motivating domestic energy conservation through comparative, community-based feedback in mobile and social media. In *Proceedings of the 5th International Conference on Communities and Technologies*, pages 21–30. ACM.
- Petty, R. and Cacioppo, J. (1986). *Communication and persuasion: central and peripheral routes to attitude change*. Social Psychology Series. Springer-Verlag.
- Philippa, L., Van Jaarsveld, C., Potts, H., and Wardle, J. (2010). How are habits formed : Modelling habit formation in the real world. *European Journal of Social Psychology*, (40):998–1009.
- Picard, R. W. (1997). *Affective Computing*. MIT Press.
- Pierce, J. and Paulos, E. (2012). Beyond energy monitors: Interaction, energy, and emerging energy systems. In *Proc. of CHI’12*, pages 665–674. ACM.

- Prestin, A. and Pearce, K. E. (2010). We care a lot: Formative research for a social marketing campaign to promote school-based recycling. *R.C. and R. Journal*, 54(11):1017–1026.
- Prochaska, J. O. and DiClemente, C. C. (1984). *The transtheoretical approach : crossing traditional boundaries of therapy*. Dow Jones-Irwin.
- Prost, S., Mattheiss, E., and Tscheligi, M. (2015). From awareness to empowerment: Using design fiction to explore paths towards a sustainable energy future. In *Proceedings of the 18th ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work, CSCW '15*, pages 1649–1658.
- Purpura, S., Schwanda, V., Williams, K., Stubler, W., and Sengers, P. (2011). Fit4life: The design of a persuasive technology promoting healthy behavior and ideal weight. CHI '11, pages 423–432. ACM.
- R Development Core Team (2008). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Reeves, B. and Nass, C. (1996). *The Media Equation: How People Treat Computers, Television, and New Media Like Real People and Places*. Cambridge University Press.
- S.A.S., B. I. S. (2001). Lot 25. non-tertiary coffee machines. preparatory studies for ecodesign requirements of eups. Technical report, European Comission.
- Schmidt, A., Gellersen, H.-W., and Beigl, M. (1999). Matching information and ambient media. In *Cooperative Buildings. Integrating Information, Organizations, and Architecture*, pages 140–149. Springer.
- Schwartz, S. H. (1977). Normative influences on altruism1. *Advances in experimental social psychology*, 10:221–279.

- Schwartz, T., Betz, M., Ramirez, L., and Stevens, G. (2010). Sustainable energy practices at work: Understanding the role of workers in energy conservation. In *Proc. of NordiCHI'10*, pages 452–462. ACM.
- Sheskin, D. (2003). *Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures: Third Edition*. CRC Press.
- Siero, F., Bakker, A., Dekker, G., and Van den Burg, M. (1996). Changing organizational energy consumption behaviour through comparative feedback. *Journal of Environmental Psychology*, 16(3):235–246.
- Silberman, M. S., Nathan, L., Knowles, B., Bendor, R., Clear, A., Håkansson, M., Dillahunt, T., and Mankoff, J. (2014). Next steps for sustainable hci. *interactions*, 21(5):66–69.
- Simons, H. (1976). *Persuasion: Understanding, Practice, and Analysis*. Addison-Wesley Series in Statistics. Addison-Wesley Publishing Company.
- Slack, M. K. and Reiersen-Draugalis, J. (2001). Establishing the internal and external validity of experimental studies. *American Journal of health-system pharmacy*, 58(22):2173–2181.
- Starik, M. and Marcus, A. A. (2000). Introduction to the special research forum on the management of organizations in the natural environment. *Journal of Academy of Management*, 43(4).
- Stats, I. L. (2013). Twitter usage statistics [Online] accessed on 19/05/2016.
- Stern, P. (1992). Psychological dimensions of global environmental change. *Annual Review of Psychology*, 43:269–302.
- Stern, P. C., Dietz, T., Abel, T. D., Guagnano, G. A., and Kalof, L. (1999). A value-belief-norm theory of support for social movements: The case of environmentalism. *Human ecology review*, 6(2):81.

- Strauss, A. and Corbin, J. M. (1998). *Basics of Qualitative Research : Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory*. SAGE Publications.
- Strengers, Y. (2014). Smart energy in everyday life: Are you designing for resource man? *interactions*, 21(4):24–31.
- Thaler, R. and Sunstein, C. (2008). *Nudge: Improving Decisions about Health, Wealth, and Happiness*. Yale University Press.
- Thieme, A., Comber, R., Miebach, J., Weeden, J., Kraemer, N., Lawson, S., and Olivier, P. (2012). We’ve bin watching you”: Designing for reflection and social persuasion to promote sustainable lifestyles. In *Proc. of CHI’12*, pages 2337–2346. ACM.
- Thode, H. C. (2002). *Testing for normality*, volume 164. CRC press.
- Torning, K. and Oinas-Kukkonen, H. (2009). Persuasive system design: state of the art and future directions. *Persuasive ’09*, pages 30:1–30:8. ACM.
- Tribble, S. L. (2008). *Promoting Environmentally Responsible Behaviors Using Motivational Interviewing Techniques*. PhD thesis, Illinois Wesleyan University.
- Vega-Barbas, M., Pau, I., Ferreira, J., Lebis, E., and Seoane, F. (2015). Utilizing smart textiles-enabled sensorized toy and playful interactions for assessment of psychomotor development on children. *Journal of Sensors*, 2015.
- Vines, J., Thieme, A., Comber, R., Blythe, M., Wright, P. C., and Olivier, P. (2013). Hci in the press: Online public reactions to mass media portrayals of hci research. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI ’13, pages 1873–1882.
- Ward, J. H. (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, 58:236–244.

- Weeks, C., Preist, C., and Delalonde, C. (2015). Sustainable hci and encouraging retrofitting. In *8th Nordic Conference on Human-Computer Interaction (NordiCHI'14)*, pages 1–4. ACM.
- Weiss, M., Loock, C.-M., Staake, T., Mattern, F., and Fleisch, E. (2012). Mobile and ubiquitous systems: Computing, networking, and services: 7th international icst conference, mobiquitous 2010. chapter Evaluating Mobile Phones as Energy Consumption Feedback Devices, pages 63–77. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- Wood, W. and Neal, D. T. (2007). A new look at habits and the habit-goal interface. *Psychological review*, 114(4):843–863.
- Yang, L., Yan, H., and Lam, J. C. (2014). Thermal comfort and building energy consumption implications—a review. *Applied Energy*, 115:164–173.
- Yang, R. and Newman, M. W. (2013). Learning from a learning thermostat: Lessons for intelligent systems for the home. In *Proc. of UbiComp'13*, pages 93–102. ACM.
- Yun, R. (2014). Persistent workplace plug-load energy savings and awareness through energy dashboards: Eco-feedback, control, and automation. CHI EA '14, pages 331–334. ACM.
- Yun, R., Lasternas, B., Aziz, A., Loftness, V., Scupelli, P., Rowe, A., Kothari, R., Marion, F., and Zhao, J. (2013). Toward the design of a dashboard to promote environmentally sustainable behavior among office workers. In *Proc. of PERSUASIVE'13*, pages 246–252. Springer-Verlag.
- Zapico Lamela, J. L., Turpeinen, M., and Guath, M. (2011). Kilograms or cups of tea: Comparing footprints for better co2 understanding. *PsychNology Journal*, 9(1):43–54.









Universidad de Deusto  
University of Deusto

# Deusto

Energy conservation is not only about switching off electrical devices after using them, but also about empowering people to operate them in an intelligent manner to save energy.

This led to the following hypothesis:

*"Persuasive technologies are able to promote long term energy-efficient behaviours among people when using electrical devices of shared use in communal spaces."*

**July, 2016**