

## **INTELLIGENT REPLACEMENT IN PRODUCTS BASED ON ECO-EFFICIENCY. APPLICATION IN AN ELECTRIC WASHING MACHINE**

Sáiz Larrinaga, C.; Capuz Rizo, S.

Universitat Politècnica de València

When a product has fulfilled its expected wear-out life, there are two alternative strategies, replacement by a new generation product or reusing the same item by extending its use. Reusing the product, sometimes does not involve long-term economic or ecological savings, due to several external and internal factors to the product.

Therefore, in this paper, it is proposed an analysis of economic and ecological viability of these two strategies, by adopting as a case of study electric washing machines, comparatively analyzing different devices, with different manufacturing years, in order to find the profitability of replacing of the old appliance with a new one, considering several usage scenarios and using the tools of Life Cycle Costing (LCC) and Life-Cycle Assessment (LCA), for economic and ecological studies respectively.

Finally, it will be discussed the intelligent reuse options of this product by assessing the eco-efficiency of the proposed strategies

**Keywords:** *Ecoefficiency; Reuse; Replacement; Household appliances*

## **REUTILIZACIÓN INTELIGENTE EN PRODUCTOS BASADA EN LA ECOEFICIENCIA. APLICACIÓN A UNA LAVADORA ELÉCTRICA**

Cuando un producto alcanza la duración prevista para su vida útil, se plantean dos estrategias alternativas, la sustitución por un producto de nueva generación o la reutilización del mismo prolongando su uso. La reutilización del producto, a menudo no conlleva un ahorro económico y ecológico a largo plazo, debido a diversos factores internos y externos al producto.

Por ello, en el presente trabajo, se propone un análisis de la viabilidad económica y ecológica de estas dos estrategias, adoptando como caso de estudio las lavadoras eléctricas, analizando comparativamente diferentes aparatos, con distinto año de fabricación, con el fin de hallar la rentabilidad de la sustitución del aparato antiguo por un nuevo, considerando varios escenarios de uso y utilizando las herramientas Life Cycle Costing (LCC) y el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), para los estudios económico y ecológico respectivamente.

Finalmente se discutirá las opciones de reutilización inteligente de este producto, mediante la evaluación de la ecoeficiencia de las estrategias planteadas.

**Palabras clave:** *Ecoeficiencia; Reutilización; Sustitución; Electrodoméstico*

## 1. Introducción y objetivos

Cuando un producto cumple su vida útil, es posible prolongar la duración de su fase de uso, a base de reparaciones cuando sea necesario. De esta forma se conseguiría un ahorro económico para el usuario, ya que evitaría la compra de uno nuevo, y así mismo se eliminaría el consiguiente consumo de materias primas. Pero muchas veces este hecho sólo significa un ahorro a corto plazo, ya que debido a factores como los siguientes, se podría llegar a un desembolso económico mayor a lo largo del tiempo:

- La introducción en el mercado de nuevos productos con una mejor eficiencia y con unas mejores cualidades como consumo de energía y de consumibles,
- La pérdida de eficiencia energética de los electrodomésticos con el tiempo y el aumento de los fallos en el funcionamiento del mismo. (Devolvere, 2006)
- El progresivo aumento del precio de la electricidad, del agua y de otros recursos.

Por lo tanto, la decisión de alargar la vida de un producto lo máximo posible, o por el contrario, de renovarlo por un modelo con mejores características, se debe basar en una decisión de 'reutilización inteligente', analizando los factores que influyen en el coste económico del producto.

Por otra parte, la conciencia ecológica está formándose y aumentando en la sociedad, debido a razones como la difusión en los medios sobre el calentamiento global, el aumento de la publicidad 'eco' por parte de empresas, gobiernos y ONG's, la entrada en vigor de nuevas normativas europeas, etc.

En el presente artículo se considerarán ambos factores, el económico y el ecológico, como aspectos decisivos en la 'reutilización inteligente' de productos, es decir, la base de esta decisión será la ecoeficiencia.

Desde el punto de vista económico, existen diversas metodologías para poder calcular el coste global asociado al ciclo de vida de un producto, que se basan en las características de los productos que afectan en el gasto económico; y desde el punto de vista ecológico, dependiendo de la tipología del producto a estudio, es decir, en qué medida se reparte el impacto ambiental en cada una de las fases del ciclo de vida del mismo, se recomendará una u otra estrategia a seguir para poder reducir el impacto ambiental lo máximo posible.

### 1.1. Objetivos

En esta comunicación se pretende realizar un caso de estudio sobre las lavadoras eléctricas, analizando las características del producto que influyen, tanto sobre el coste económico como en el ambiental. Se realizará una comparativa de diferentes modelos, con distintos años de fabricación, con la finalidad de que, aplicando las metodologías económica y ecológica, hallar el momento en el que los modelos antiguos equilibran su coste total y su impacto medioambiental con un modelo actual.

## 2. Estado del arte

Según el Consejo Mundial de Empresas para el Desarrollo Sostenible (WCSO, 1991), la ecoeficiencia se obtiene por medio del suministro de bienes y servicios competitivos, que satisfacen las necesidades humanas y dan calidad de vida, al tiempo que reducen progresivamente los impactos ecológicos y la intensidad de uso de los recursos a lo largo de su ciclo de vida, a un nivel por lo menos acorde con la capacidad de carga estimada de la tierra.

En un producto, se podría decir, que se consigue, dando el mejor servicio para el que fue diseñado, cuanto menor es su impacto ambiental y mayor su rendimiento económico. Se

puede observar que el prefijo 'eco' se refiere tanto a la eficiencia ecológica como a la económica. Bastante et al. (2005) propone una clasificación de los factores con mayor influencia en la ecoeficiencia de un producto, desde el punto de vista funcional, económico y medioambiental.

Son interesantes diversos estudios relacionados con el consumo energético de un producto y las posibles estrategias fin de vida del mismo, como el de SCORE (2008), donde se propone un modelo de stock simple, con el cual, se discuten los efectos de las distintas estrategias de reutilización y de sustitución de un aparato doméstico.

La estrategia de hacer factible la reutilización y la reparación los productos de segunda mano que propone el trabajo anterior ha sido objetivo de varios investigadores, como Ruy et al (2010), que propone dos posibles políticas de mantenimiento para los productos reutilizados, con el objetivo de disminuir el ratio de fallo de los productos de segunda mano; y Devoldere et al (2006), que analizan los centros de reutilización y la viabilidad de reparación de lavadoras en función de su vida útil restante.

Otra de las vertientes interesantes de artículos de investigación existentes son aquellos que se centran en el impacto en el ciclo de vida de un producto, como el de Collado et al (2008) cuyo objetivo era el de identificar los principales impactos generados por la impresora a lo largo de su vida útil y hallar posibles mejoras medioambientales. Rose (2000) desarrolla un método para poder conocer, desde la fase de diseño del producto, la mejor estrategia fin de vida para el producto, lo cual es muy interesante para poder hallar mejoras medioambientales. Desarrolla una herramienta informática que define la mejor estrategia fin de vida según la tipología del producto, únicamente con conocer ciertas características simples del producto.

### **3. Presentación del producto del caso de estudio**

El producto elegido para el caso de estudio es una lavadora, que es un electrodoméstico de gama blanca. Según el estudio '*Consumer panel*' realizado por GfK (2007) la vida media de una lavadora es de 12,6 años, aunque esto depende mucho del dueño de la misma, del número de ciclos de la misma, etc.; y según Rose (2000) el ciclo tecnológico de una lavadora es de aproximadamente 5 años, en lo que una nueva tecnología entra al mercado, dejando menos deseable el producto u obsoleto.

La elección de este producto para el caso de estudio es debido a que:

- Es un electrodoméstico de necesidad básica, está en el 99.1 % de los hogares españoles según la encuesta del INE (2008) de hogares y medio ambiente.
- Es una de las familias prioritarias para la Comisión Europea, y tiene la valoración máxima en el baremo que realizó la agencia IHOBE (2010a), donde se tenía en cuenta el nivel de prioridad para la Comisión Europea.
- Es el electrodoméstico de gama blanca con un mayor porcentaje de ventas en 2007, seguido del frigorífico y del lavavajillas. (Quota, 2007)
- Supone el 11,8% del consumo energético de los electrodomésticos del hogar, que son el 21,7% del consumo global del hogar medio español. (IDEA, 2011)
- El coste global de la fase de uso del 61%, ya que consume electricidad, agua y detergente, por lo que es un producto ideal para el tipo de análisis que se va a realizar. (BSH, 2010)

### **4. Metodología utilizada**

La metodología utilizada se divide en dos partes, el estudio del impacto ambiental y el estudio económico. Realizando una comparativa de los resultados de los estudios, se analizará la medida de la ecoeficiencia de las diferentes opciones.

El caso de estudio consiste en la comparativa de diferentes modelos de lavadoras, de distintos años de fabricación, para encontrar el momento en el que la sustitución del modelo por un modelo actual, sea beneficioso tanto económicamente, para el usuario; como ecológicamente, para el medio ambiente.

#### 4.1. Metodología para el análisis del impacto ambiental

Para el cálculo del impacto ambiental utilizamos la herramienta, de valorización subjetiva, del Análisis de Ciclo de Vida. Se va a realizar con la ayuda del Eco-indicador '99 y 'el manual práctico de Ecoindicador '99' (IHOBE, 2010b)

Para el caso de la lavadora, casi todo el impacto ambiental recae sobre las fases de uso, en mayor medida, y la de fabricación. Por lo tanto el impacto ambiental global quedaría expresado en la expresión 1:

$$IA_{\text{lavadora}} = IA_{\text{fabricación}} + IA_{\text{distribución}} + IA_{\text{uso}} + IA_{\text{fin de vida}} \quad (1)$$

El impacto ambiental de la fase de uso depende del número de ciclos de lavado al año, del consumo de agua y de electricidad por ciclo y de la vida útil del producto. El impacto de distribución y el de fin de vida, suponen únicamente el 1,8 y el 1,2% del impacto global de la lavadora según IHOBE (2010a), y el estudio de los mismos es tan difícil de hacer que no se tendrá en cuenta para el cálculo comparativo.

Se realizarán comparativas entre modelos de años de fabricación antiguos con un modelo actual y se representarán gráficamente, para poder ver visualmente en qué punto del tiempo se igualan los impactos ambientales. Se toma la decisión de no computar el impacto de fabricación para los modelos antiguos debido a que es un impacto ambiental que se produjo anteriormente al momento de tomar la decisión y no afecta al momento de tomar la decisión. Para el cálculo de las gráficas se utilizarán las fórmulas 2 y 3:

$$IA_{\text{lavadora nueva}}(t) = IA_{\text{fabricación}} + IA_{\text{uso anual}}(t) \quad (2)$$

$$IA_{\text{lavadora antigua}}(t) = IA_{\text{uso anual}}(t) \quad (3)$$

El escenario exterior de vida útil donde se va a realizar el estudio es en España, por lo que se tomarán esos valores para el estudio.

#### 4.2. Metodología para el análisis económico

Según Quota (2007) el factor decisivo de compra de un modelo de electrodoméstico u otro es el precio del mismo. Este factor decisivo se refiere al precio que se va a pagar por la adquisición del mismo, pero no es el único gasto que se va a realizar. En el caso de la lavadora, aproximadamente sólo el 39% del coste global del ciclo de vida de una lavadora, se refiere al coste de compra (BSH, 2010). Existen otro tipo de gastos como el de reparación, de energía eléctrica, de consumibles, agua, etc. que hay que tener en cuenta.

La metodología que se va a utilizar es 'Life-cycle costing' o LCC, que es 'un proceso para determinar la suma de todos los costes asociados con un activo o parte del mismo, incluyendo la adquisición, instalación, operación, mantenimiento, renovación y eliminación.' (New South Wales Treasury', 2004). Para la estimación del total del LCC se requiere que haya un desglose de los costes del producto o activo, a través del tiempo. El nivel de desglose dependerá del alcance del estudio y requiere que se fijen:

- El precio de adquisición del producto.
- La frecuencia de uso del producto y el tiempo durante el cual se va a utilizar.

- Las categorías de gastos de los recursos que utiliza tales como mano de obra, materiales, combustible, energía, transporte, eliminación y similares.

En el caso de la lavadora, los costes asociados al producto son los siguientes: coste de adquisición, coste de transporte, coste de uso de energía eléctrica, coste de agua, coste de detergente y suavizante, posibles costes de reparación y mantenimiento y el coste de eliminación del producto.

En la comparativa realizada en este trabajo, se utilizan dos escenarios, en el primero de ellos, no se tiene en cuenta un gasto de mantenimiento, bastante difícil de predecir, y en el mismo, se supone una sensibilidad en la evolución del precio de la electricidad del 1%, 2% y 5% al año; y en el segundo escenario, se supondrá un mantenimiento de 100 euros cada 10 años, para ver el efecto del mismo sobre la comparativa, únicamente en el supuesto de que la electricidad suba un 5% cada año.

Únicamente se supone un incremento de las tarifas de la electricidad, debido a que en los datos publicados por el Ministerio de Industria, se puede observar una clara tendencia ascendente en el precio del kWh, de un 69,9% entre 2006 y 2011, y sin embargo en el del agua depende de la ciudad y el año, y no tiene siempre una tendencia ascendente.

A continuación se realiza un desglose de todos los costes que se tienen en cuenta en el caso de estudio:

- Dentro del precio de compra del producto se incluye el precio de adquisición de la lavadora, el transporte al hogar y el coste de eliminación del producto. Este último debido a la Directiva Europea 2002/96/CE, que obliga a los productores a hacerse cargo de la eliminación del producto al final de su vida útil.
- Coste de la energía eléctrica y del agua, depende del consumo de la lavadora por cada ciclo de lavado, esto depende de la temperatura de lavado (únicamente para la energía eléctrica), el número de ciclos de lavado al año, y de la vida útil de la lavadora
- El coste de detergente y suavizante, depende del tipo de usuario y de detergente que se utilice, y no se tendrá en cuenta ya que suponemos que el usuario utilizará la misma cantidad de detergente y suavizante independientemente de la lavadora.
- El coste de reparación y mantenimiento, sólo para el segundo escenario.

Para la realización de la comparativa, se procederá a un cálculo en el que concretar en qué momento del tiempo es más rentable económicamente la compra de una lavadora nueva, incluyendo el precio de compra de la misma, a seguir utilizando una antigua, debido a que los consumos de electricidad y agua de la antigua son mucho mayores.

Es por ello que, tanto para la lavadora nueva como para la antigua, para este estudio la fórmula del coste del uso de la lavadora al año será el de la fórmula 4:

$$\text{Coste uso/año} = \text{Coste electricidad/año} + \text{Coste agua/año} \quad (4)$$

Al modelo nuevo, se le añadirá de entrada el coste de adquisición del producto. Sin embargo el precio de adquisición de la lavadora antigua no se tiene en cuenta, debido a que fue un gasto que se produjo anteriormente al momento de tomar la decisión de sustituir o no la lavadora.

Para el cálculo de las gráficas se utilizarán las fórmulas 5 y 6, para el modelo nuevo y el antiguo, respetivamente:

$$C_{\text{modelo nuevo}}(t) = \text{Coste adquisición} + \text{Coste uso/año}(t) \quad (5)$$

$$C_{\text{modelo antiguo}}(t) = \text{Coste uso/año}(t) \quad (6)$$

Se realizará el estudio con varias lavadoras de distintos años de fabricación.

### 4.3. Metodología para el cálculo de la ecoeficiencia

El objetivo de este trabajo de investigación consistía en estudiar la reutilización o sustitución de un producto, basado en la ecoeficiencia. La eficiencia se obtiene cuanto más valor funcional tenga un producto, y menor sea el impacto económico y su coste económico (Bastante et al., 2005). La definición de ecoeficiencia, una de las tantas que existe, está regulada por la expresión 7.

$$\text{Ecoeficiencia} = \frac{\text{Valor funcional}}{\text{Coste económico} + \text{Impacto ambiental}} \quad (7)$$

En este estudio, suponemos que el valor de los diferentes modelos implicados en el estudio tiene el mismo valor, ya que todos cumplen la misma función. Por lo que la ecoeficiencia quedaría determinada por la fórmula 8.

$$\text{Ecoeficiencia} = \frac{\text{Coste económico}}{\text{Impacto ambiental}} \quad (8)$$

Para el estudio de la ecoeficiencia, se utilizarán los resultados obtenidos en el análisis económico y en el ecológico, y se realizará con uno de los supuestos de estudio únicamente, una comparativa de ambas variables, a los 5,10,15 y 20 años del momento del cambio del electrodoméstico.

## 5. Desarrollo del caso de estudio

Primeramente al desarrollo del caso de estudio, se hallan los datos de consumo de cada una de los modelos de las lavadoras, sabiendo el consumo de cada una de ellas, para poder realizar posteriormente los análisis de impacto ambiental y económico.

### 5.1. Datos de consumo al año de los diferentes modelos de estudio

Para realizar estudio, se utilizan 5 modelos diferentes de lavadoras, de diferentes años de fabricación, 1990, 1995, 2000, 2005 y 2012, todas ellas con una capacidad de 7kg. Los datos de consumo de las cuatro primeras se obtienen de un estudio previo realizado por Devolvere et al. (2006), y los datos del modelo nuevo, Siemens modelo Wi 12S140GB, de la página web de la empresa, cuyo precio inicial es de 733 euros.

Los datos de consumo de potencia eléctrica y de agua, por modelo de fabricación y por temperatura de lavado son los mostrados en la tabla 1.

	1990	1995	2000	2005	2012
<b>Consumo energía (kWh/kg)</b>					
30°C	0,09	0,08	0,07	0,07	0,03
40°C	0,15	0,13	0,12	0,11	0,1
60°C	0,27	0,23	0,22	0,2	0,1
90°C	0,44	0,38	0,36	0,32	0,31
<b>Consumo de agua (l/kg)</b>					
Todas las temperaturas	21,2	15,8	12,1	9,7	7

**Tabla 1. Consumos de los diferentes modelos de lavadoras**

Para el estudio, se supone de un uso anual de 220 ciclos, y la distribución de ellos según temperaturas de ciclo es la expuesta en la tabla 2, del estudio de Devolverte et al (2006)

Tª de lavado	Ciclos/año (%)	Ciclos/año
30°C	21%	46
40°C	36%	79
60°C	34%	75
90°C	9%	20

**Tabla 2. Distribución de ciclos de lavado por temperatura**

Con estos datos se puede calcular el consumo eléctrico y el consumo de agua, para cada modelo, según las fórmulas 9 y 10, respectivamente.

$$\text{Consumo potencia } n/\text{año} = (\text{Pot } 30^{\circ}\text{-n} \times \text{N}^{\circ} \text{ ciclos/año } 30^{\circ}\text{C} + \text{Pot } 40^{\circ}\text{-n} \times \text{N}^{\circ} \text{ ciclos/año } 40^{\circ}\text{C} + \text{Pot } 60^{\circ}\text{-n} \times \text{N}^{\circ} \text{ ciclos/año } 60^{\circ}\text{C} + \text{Pot } 90^{\circ}\text{-n} \times \text{N}^{\circ} \text{ ciclos/año } 90^{\circ}\text{C}) \times \text{Capacidad lavadora} \quad (9)$$

$$\text{Consumo agua/año} - n = \text{Consumo agua/ciclo} - n \times \text{N}^{\circ} \text{ ciclos/año} \times \text{Capacidad lavadora} \quad (10)$$

Por lo que los consumos globales de los diferentes modelos, quedan reflejados en la tabla 3, y son los que se utilizarán para los estudios posteriores.

	1990	1995	2000	2005	2012
Consumo energía (kWh/año)	315,28	271,6	254,8	233,17	160,86
Consumo de agua (l/año)	32648	24332	18634	14938	10780

**Tabla 3. Consumos anuales de los diferentes modelos de lavadoras**

## 5.2. Estudio del impacto ambiental

Se calcula primero el impacto del modelo de 2012, según la fórmula 2, con la ayuda del Ecoindicador '99. El impacto de fabricación se puede ver el desglosado en la tabla 4.

IMPACTOS					
MATERIALES					
Material	Cantidad	Unidades	Ecoindicador	Unidades	Ecoindicador
Hormigón	15,8	kg	28	mPt/kg	442,4
Acero inoxidable	12,55	kg	910	mPt/kg	11420,5
Hierro	9,71	kg	240	mPt/kg	2330,4
PP	6,89	kg	330	mPt/kg	2273,7
Acero galvanizado	5,82	kg	110	mPt/kg	640,2
Vidrio	1,54	kg	58	mPt/kg	89,32
Papel	1,46	kg	96	mPt/kg	140,16
LDPE	1,45	kg	360	mPt/kg	522
Aluminio	1,31	kg	780	mPt/kg	1021,8
Cable cobre	1,14	kg	1400	mPt/kg	1596
ABS	0,99	kg	400	mPt/kg	396
PVC	0,19	kg	270	mPt/kg	51,3
PC	0,16	kg	510	mPt/kg	81,6
				TOTAL	21005,38
ENERGÍA FABRICACIÓN					
Energía bruta	783	MJ	11	mPt/MJ	8613

Electricidad	127,78	kWh	46	mPt/kWh	5877,88
				TOTAL	14490,88
				<b>TOTAL</b>	<b>35496,26</b>

**Tabla 4. Impacto ambiental por fabricación del modelo**

Los impactos ambientales debido al uso anual de los diferentes modelos, se calculan en la tabla 5.

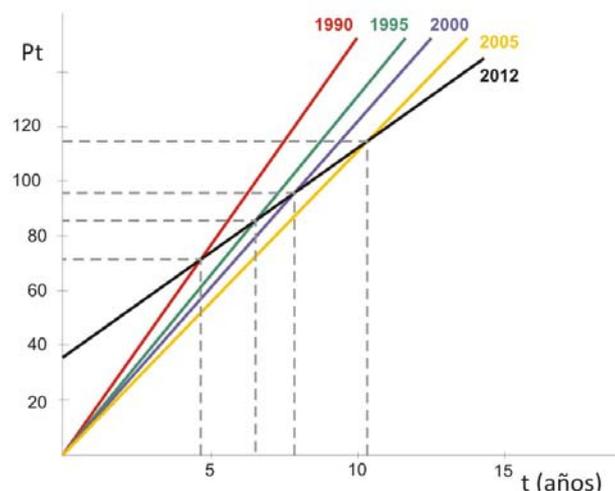
Año	Uso/año	Cantidad/año	Unidades	Ecoindicador	Unidades	Ecoindicador
1990	Electricidad	315,28	kWh	46	mPt/kWh	14502,88
	Agua	32648	kg	0,026	mPt/kg	848,848
					<b>TOTAL</b>	<b>15351,728</b>
1995	Electricidad	271,6	kWh	46	mPt/kWh	12493,6
	Agua	24332	kg	0,026	mPt/kg	632,632
					<b>TOTAL</b>	<b>13126,232</b>
2000	Electricidad	254,8	kWh	46	mPt/kWh	11720,8
	Agua	18634	kg	0,026	mPt/kg	484,484
					<b>TOTAL</b>	<b>12205,284</b>
2005	Electricidad	233,17	kWh	46	mPt/kWh	10725,82
	Agua	14938	kg	0,026	mPt/kg	388,338
					<b>TOTAL</b>	<b>11114,208</b>
2012	Electricidad	160,86	kWh	46	mPt/kWh	7399,56
	Agua	10780	kg	0,026	mPt/kg	280,28
					<b>TOTAL</b>	<b>7679,84</b>

**Tabla 5. Calculo de los impactos ambientales por uso de los diferentes modelos**

Con estos datos y aplicando las fórmulas 2 y 3, podemos calcular la rentabilidad del cambio para cada comparación de un modelo antiguo con el modelo nuevo.

Es rentable ecológicamente cambiar el modelo del 1990 por el modelo del 2012 pasados 4,62 años; el modelo de 1995 por el del 2012 pasados 6,51 años; el modelo del 2000 por el del 2012 pasados 7,84 años; y el modelo del 2005 por el del 2012 pasados 10,33 años.

Se puede observar el resultado de la comparativa gráficamente en la grafica 1.



**Gráfico 1. Comparativa ambiental de los diferentes modelos**

### 5.3. Estudio económico

En el primer escenario a analizar, se suponen un aumento del precio del kWh del 1%, 2% y 5% al año. Para calcular el precio del kWh en el año  $n$  utilizaremos la fórmula 11.

$$\text{Precio}_{\text{kWh}-n} = \text{Precio inicial} \times (1+r)^t \quad (11)$$

En la que  $r$  es el tanto por ciento que ha incrementado el precio del kWh al año, y  $t$  es el número de años que han pasado desde el año en el que se realiza el cálculo.

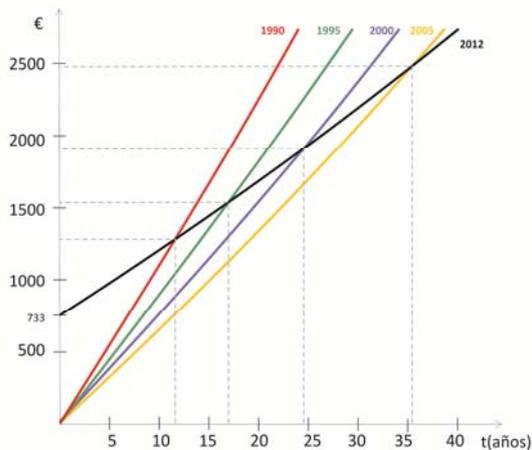
Utilizaremos las fórmulas 5 y 6, para calcular la rentabilidad económica de cada una de las comparativas

- En el caso de que el precio del kWh suba un 1% cada año, la rentabilidad económica, de sustituir un modelo antiguo por uno del 2012, se alcanzará, en el caso de que el modelo sea el del 1990, se conseguirá pasados 11,17 años; en el modelo de 1995, se conseguirá pasados 16,84 años; en el modelo de 2000, se conseguirá pasados 23,95 años; y con el modelo del 2005, se conseguirá pasados 35,36 años. Se pueden observar los resultados gráficamente en el gráfico 2.
- En el caso de que el precio del kWh suba un 2% cada año, la rentabilidad económica, de sustituir un modelo antiguo por uno del 2012, se alcanzará, en el caso de que el modelo sea el del 1990, se conseguirá pasados 10,97 años; en el modelo de 1995, se conseguirá pasados 16,31 años; en el modelo de 2000, se conseguirá pasados 22,65 años; y con el modelo del 2005, se conseguirá pasados 32,15 años. Se pueden observar los resultados gráficamente en el gráfico 3.
- En el caso de que el precio del kWh suba un 5% cada año, la rentabilidad económica, de sustituir un modelo antiguo por uno del 2012, se alcanzará, en el caso de que el modelo sea el del 1990, se conseguirá pasados 10,38 años; en el modelo de 1995, se conseguirá pasados 14,87 años; en el modelo de 2000, se conseguirá pasados 19,46 años; y con el modelo del 2005, se conseguirá pasados 25,49 años. Se pueden observar los resultados gráficamente en el gráfico 4.

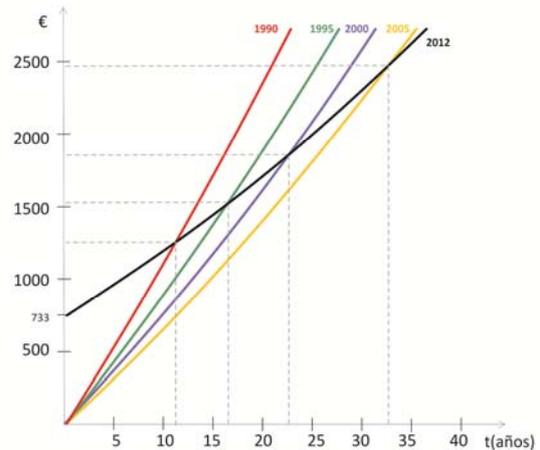
En el segundo escenario a analizar suponemos un mantenimiento periódico cada 10 años con una cuantía económica de 100 euros, es decir por la sustitución de alguna pieza, y se computarán al final de esos 10 años. El gasto de mantenimiento si se incluye un gasto global del gasto de una lavadora, es decir, el modelo del 1990, en el año 2012 habrá tenido dos reparaciones y la siguiente será en dos años, por lo que llevaría gastado 200 euros.

Para este escenario sólo supondremos un aumento del precio del kWh del 5% anual, debido a que es el caso más realista, y se realiza para ver el efecto que tendría el mantenimiento sobre la decisión de elegir estrategia fin de vida para la lavadora. Al incluir este gasto de mantenimiento las fórmulas quedarían como funciones a trozos, donde cada año que se produce mantenimiento, habrá que añadirle el coste económico del mismo.

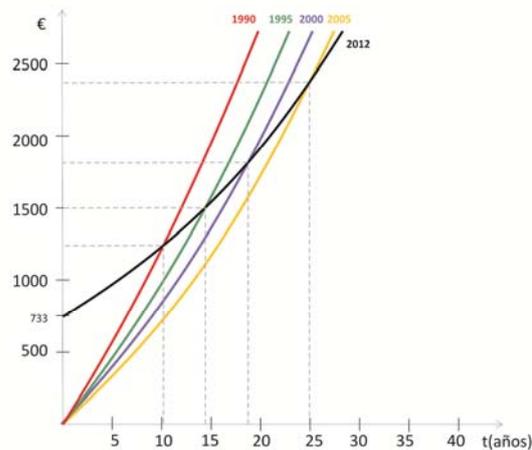
La rentabilidad económica, de sustituir un modelo antiguo por uno del 2012, se alcanzará en el caso de que el modelo sea el del 1990, se conseguirá pasados 7,6 años; en el modelo de 1995, se conseguirá pasados 11,9 años; en el modelo de 2000, se conseguirá pasados 15,1 años; y con el modelo del 2005, se conseguirá pasados 18,1 años. Se pueden observar los resultados gráficamente en el gráfico 5.



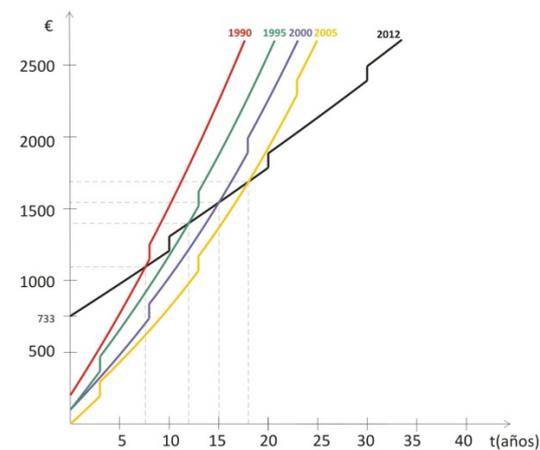
**Gráfica 2. Comparativa modelos con un 1% de subida de precios.**



**Gráfica 3. Comparativa modelos con un 2% de subida de precios.**



**Gráfica 4. Comparativa modelos con un 5% de subida de precios.**



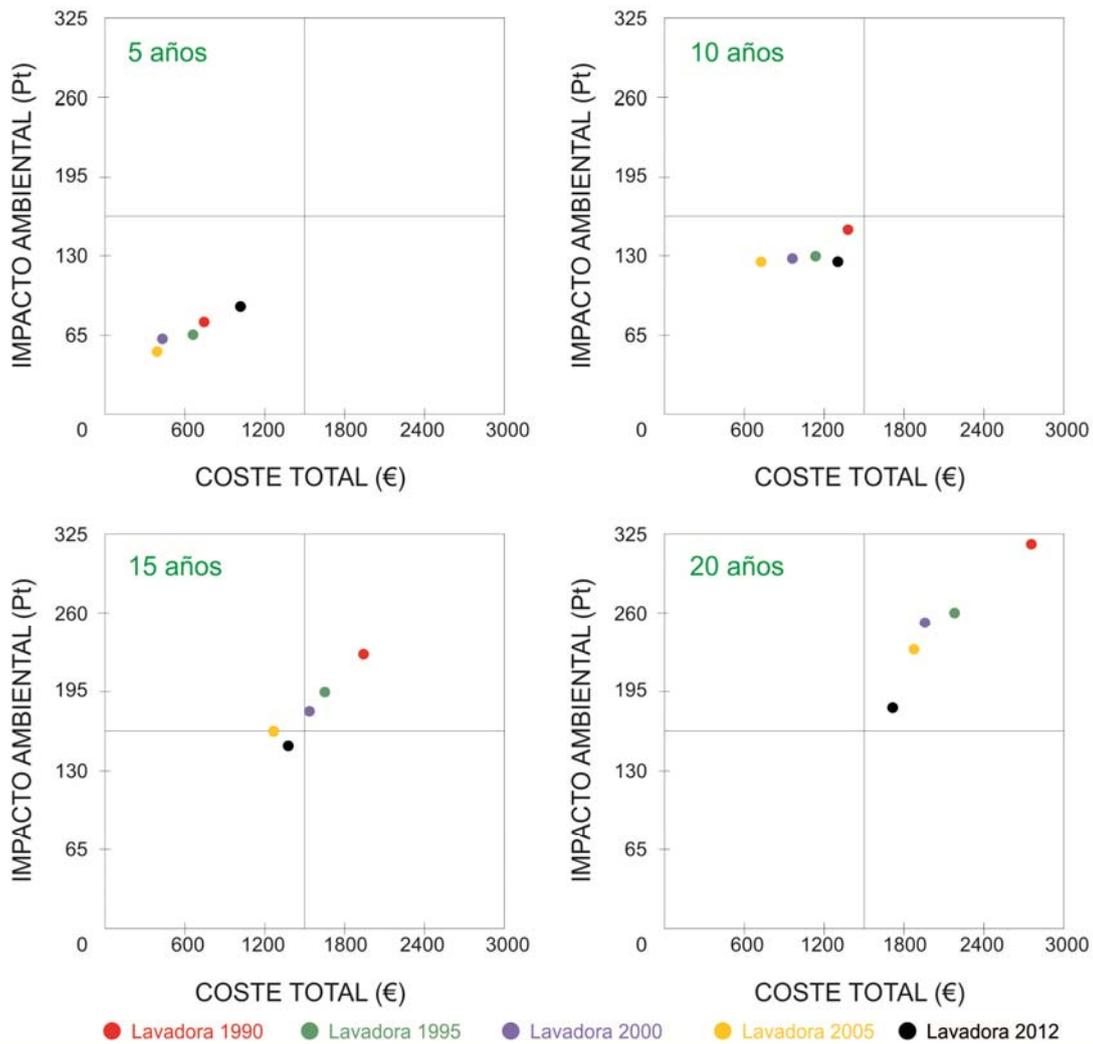
**Gráfica 5. Comparativa modelos con un 5% de subida de precios y mantenimiento**

#### 5.4. Estudio ecoeficiencia

Para comparar la ecoeficiencia de las lavadoras, se realiza de manera gráfica, donde se enfrentan el impacto ambiental con el coste económico en diferentes años. Se realizará con el caso de estudio con un 5% de subida del precio del kWh y con mantenimiento periódico. Se estudiará la ecoeficiencia a los 5,10,15 y 20 años del año en el que se realiza el estudio. Los resultados se pueden observar en el gráfico 6.

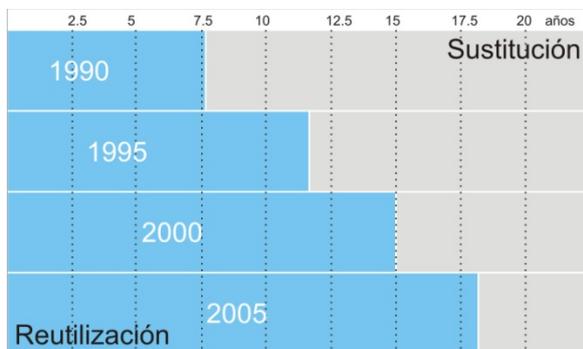
### 6. Conclusiones

Desde el punto de vista económico, en cada una de las comparativas, al tener que haber un desembolso inicial muy grande por la adquisición del modelo nuevo, la rentabilidad tarda bastante tiempo en conseguirse, aunque es menor ese tiempo cuanto más antiguo sea el modelo. Con el incremento de la variación en las tarifas de agua, el tiempo que tiene que transcurrir para obtener la rentabilidad es cada vez menor; y es menor todavía cuando existe un mantenimiento, el caso que más se ajusta a la realidad. Está representado en la gráfica 7.



**Gráfica 6. Estudio de la ecoeficiencia de los diferentes modelos a lo largo del tiempo**

Desde el punto de vista ecológico, la rentabilidad ecológica de sustituir un modelo antiguo por un modelo actual se produce mucho antes que desde el punto de vista económico. Esto es debido a que la diferencia de los impactos ambientales de los diferentes modelos durante el uso es bastante considerable, por lo que enseguida se amortiza la sustitución frente a ampliar el uso del modelo antiguo. Se puede observar este hecho en la gráfica 8.



**Gráfica 7. Comparación económica reutilización frente a sustitución**



**Gráfica 8. Comparación ecológica reutilización frente a sustitución**

Unificando estas dos visiones, se puede observar en el gráfico 6, que a los 15 años, el modelo nuevo es el más ecoeficiente de todo y que cuanto más antiguo es el modelo, menos lo es. De todos los casos evaluados, el más realista, y el que nos muestra la importancia de la reutilización inteligente, es en el que la tarifa de la luz sube un 5% al año, y con mantenimiento periódico.

Aunque no pueda darse una estrategia global frente a la decisión de sustitución o reutilización, se pueden ver cómo afectan las variables del producto en el coste económico y ambiental, siendo las más importantes el consumo de electricidad, mayor cuanto más antiguo es el modelo, la variación de las tarifas eléctricas, el mantenimiento y el consumo de agua. La decisión deberá ser estudiada detenidamente, ya que la rentabilidad, tanto económica como ecológica, es a largo plazo, y depende de las necesidades del propio usuario.

## 7. Referencias

- Bastante Ceca, M.J.; Guilloux, G.; López García, R.; Vivancos Bono J.L.; Capuz Rizo, S. (2005). '*Factores influyentes en la medida de la ecoeficiencia de un producto*'.
- BSH (2010) '*Visión de la empresa y plan de acción en Ecodiseño*'. IV Encuentro de empresas en Ecoinnovación. Bilbao, 2010
- Collado, D.; Bastante, M.J.; Jordá, S.; Ferrer, P.; Capuz, S. (2008). '*Análisis de ciclo de vida de una impresora multifuncional*'.
- Devoldere, T.; Dewulf, W.; Willems, B.; Dufloy, J. (2006). '*The eco-efficiency of reuse centres critically explored - The washing machine case*'.
- GFK Consumer Panel (2007). '*Average age by product divisions*'
- IDAE (2011). '*Guía práctica de la energía. Consumo eficiente y responsable*'. Proyecto para el Ministerio de industria, turismo y comercio.
- INE (2008). '*Encuesta de medioambiente y hogares 2008*' [www.ine.es](http://www.ine.es)
- IHOBE (2010a). '*Guías sectoriales de ecodiseño eléctrico-electrónico*'. Bilbao, España
- IHOBE (2010b). '*Manual práctico del Eco-indicador 99*'. Bilbao, España
- New south wales treasury. (2004). '*Life Cycle Costing, Guideline*'
- Quota research, S.A. (2007). '*Comercialización de electrodomésticos en España*'. Ministerio de industria, turismo y comercio, Dirección General de Política Comercial, Subdirección General de Estudios y Modernización del Comercio Interior. España.
- Rose, C. (2000). '*Design for Enviroment: a method for formulating product end-of-life strategies*'
- Ruey Huei, R.; Hui-Chiung, L.; Reoh.Yun, Y. (2010). '*A study of maintenance policies for second-hand products*'.
- Sáiz, C. (2012). '*Estudio de la reutilización inteligente de productos basada en la ecoeficiencia. Caso práctico de estudio con una lavadora eléctrica*'. Tesina fin de Máster.
- SCORE (2008). '*Sustainable Consumption and Production: Framework for Action*'. Second Conference of the Sustainable Consumption Research Exchange (SCORE!)
- WBCSD (1991). '*Consejo mundial de empresas para el desarrollo sostenible*'