

CARGA RESIDUAL DE LAS PILAS DEPOSITADAS EN LOS CONTENEDORES DE RECOGIDA SELECTIVA. CASI LA MITAD SON TODAVÍA UTILIZABLES

José Manuel Barrueco Andrade (Área de Educación Ambiental, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Comunidad de Madrid), Belén Jiménez Rivera, Marta Ester Elena Portillo y Ana Barrueco García (Colegio San Viator de Madrid).

RESUMEN - ABSTRACT

Estudiamos más de 8.000 pilas obtenidas en contenedores de recogida selectiva de la Reserva de la Biosfera de la Sierra del Rincón, la ciudad de Madrid y su área metropolitana. Sus voltajes y curvas de descarga y la comparación con las de otras nuevas muestran que cerca de la mitad son todavía útiles, de acuerdo con las necesidades de los principales aparatos que funcionan con ellas. Analizamos las causas más probables de esta situación y proponemos algunas soluciones.

We study more than 8,000 batteries picked up in selective gathering containers of the Sierra del Rincón Biosphere Reserve, Madrid and its metropolitan area. Their voltages and discharge curves and the comparison with new ones, show that nearly half are useful yet according to the needs of the principal devices that work with them. We analyse the most probable reasons why this happens and we propose solutions to this situation.

PALABRAS CLAVE - KEY WORDS

Pilas; recogida selectiva; Reserva de la Biosfera de la Sierra del Rincón; Colegio San Viator.

Batteries; Selective Gathering; Sierra del Rincón Biosphere Reserve; San Viator School.

INTRODUCCIÓN

La **Sierra del Rincón** es un territorio de media montaña entre Somosierra y Ayllón, al noreste de la Comunidad de Madrid. Apartada de los lugares de paso entre las mesetas, su abrupta orografía y escaso suelo cultivable no permitieron el asentamiento de grandes núcleos de población. Los usos tradicionales, forestales y ganaderos extensivos, se complementan hoy con actividades turísticas, de ocio y educativas.

En 2005 los cinco municipios que la integran fueron declarados **Reserva de la Biosfera**. Ese reconocimiento implica un **compromiso de ejemplaridad** porque las Reservas no son, estrictamente hablando, espacios protegidos sino "*territorios cuyo objetivo es armonizar la conservación de la diversidad biológica y cultural y el desarrollo económico y social*", **laboratorios de desarrollo** que deberían convertirse en "**modelos para la sostenibilidad**" (ANÓNIMO, 2017a). En 2017 una de sus dos zonas núcleo¹, el Hayedo de Montejo, se integró como parte del Bien Serial **Patrimonio Natural de la Humanidad** «Hayedos primarios de los Cárpatos y viejos de Europa».

Desde que en 1997 se creó la **Red de Centros de educación ambiental de la Comunidad de Madrid**, se desarrolla allí un programa en el que de forma asidua ha participado el **colegio San Viator de Madrid**. Preparando una de las actividades de la Red observamos que un alto porcentaje de pilas depositadas en el contenedor del Ayuntamiento de Montejo de la Sierra mantenía una diferencia de potencial que no se

correspondía con los valores esperados si realmente estuvieran gastadas. Como pilas y baterías forman parte del currículo de segundo curso de Bachillerato, tres alumnas de ese centro propuso estudiar esta anomalía dentro de sus actividades lectivas, centrándose especialmente en dos puntos:

- 1º.- Investigar si esa situación es generalizable a otros lugares.
- 2º.- Comprobar si el voltaje de la pila en vacío (no conectada a un circuito) es un indicador fiable y significativo de la energía disponible en ella.

Así, de confirmarse ambos, deberíamos analizar las causas que provocan esa situación y, de ser posible, plantear las medidas que pudiesen evitarla.

El problema que supone la acumulación de residuos (especialmente los peligrosos) y la necesidad de darles un tratamiento adecuado no necesita ya muchas explicaciones. Refiriéndonos a nuestro trabajo, *“el Real Decreto 106/2008, de 1 de febrero, sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos¹, pretende **prevenir la generación de residuos de pilas y acumuladores, facilitar su recogida selectiva y su correcto tratamiento y reciclaje, con la finalidad de reducir al mínimo su peligrosidad y de evitar la eliminación de las pilas, acumuladores y baterías usados en el flujo de residuos urbanos no seleccionados**”* (ANÓNIMO, 2017b).

En esa época, 2005, el depósito en los puntos de recogida selectiva solo alcanzó el 15 % de las más de mil millones de pilas consumidas al año en España; en 2010 apenas llegó al 18 % (FUNDACIÓN VIDA SOSTENIBLE, 2010). Ya en 2015, se trataron en la Comunidad de Madrid 184.345,17 toneladas de residuos peligrosos, de las que el 11,42 % (21.048,90) correspondieron a *“valorización de baterías”*. Refiriéndonos a las pilas «portátiles»², durante 2014 se pusieron en el mercado más de 1.730 toneladas, de las que únicamente 602 se llegaron a recoger (COMUNIDAD DE MADRID, 2016).

A pesar de esa mejora, cualquier revisión bibliográfica pone de manifiesto que, más allá de consejos para su retirada ordenada, hay una **ausencia casi total de criterios o instrucciones para lograr un completo aprovechamiento de la energía almacenada en ellas**, de forma que se **alcance su descarga completa y sea efectiva esa prevención buscada** (las excepciones son algunos *blogs* como CANALES, 2012). De hecho hemos encontrado solo una alusión a la **presencia de pilas no gastadas en los contenedores** de recogida selectiva (ALEHOPIO, 2007), ya antigua y sin otra referencia que informe del origen de los datos:

“Todo esto es algo no muy conocido por la gente y por eso en los contenedores de pilas usadas suelen encontrarse una media del 5% de pilas nuevas, 20% de pilas seminuevas, 30% de pilas casi gastadas y 55% de pilas gastadas. Es decir, que se tiran un porcentaje elevado de pilas que podrían ser usadas.”

Aunque estos valores no coinciden exactamente con nuestros resultados (especialmente en lo que se refiere a las nuevas, que encontramos en porcentaje muy superior a ese 5 %), sí se aproximan a lo que hemos encontrado. Creemos por ello que, a pesar de ser una fuente a sustituir por otras más eficientes y menos contaminantes para la mayor parte de usos domésticos, es una situación que debe estudiarse y corregirse.

En cualquier caso queremos dejar claro desde el principio que no hemos pretendido verificar la duración de pilas de diferentes marcas ni compararlas teniendo en cuenta su precio. Esos estudios se han realizado ya con frecuencia y pueden encontrarse con facilidad (por ejemplo, LABORATORIO PROFECO, sin fecha, para el

primer caso, o ANÓNIMO, 2011, para el segundo; también, de manera conjunta, ANÓNIMO, 2003).

MATERIAL Y MÉTODOS

De **enero a septiembre de 2017** recogimos **diecisiete muestras de pilas usadas en once puntos** que incluyen los cinco municipios de la **Reserva de la Biosfera de la Sierra del Rincón** y varias grandes superficies y supermercados de la ciudad de **Madrid y su área metropolitana**. Las fechas y lugares concretos fueron los siguientes:

RESERVA DE LA BIOSFERA DE LA SIERRA DEL RINCÓN			
Montejo de la Sierra	Montejo 1	Ayuntamiento	24 de enero
Prádena del Rincón	Prádena 1	Ayuntamiento	24 de enero
Horcajuelo de la Sierra	Horcajuelo	Ayuntamiento	24 de enero
La Hiruela	Hiruela	Ayuntamiento	21 de febrero
Puebla de la Sierra	Puebla	Ayuntamiento	21 de febrero
Montejo de la Sierra	Montejo 2	Ayuntamiento	31 de marzo
Prádena del Rincón	Prádena 2	Ayuntamiento	31 de marzo
Montejo de la Sierra	Montejo 3	Ayuntamiento	1 de junio
Montejo de la Sierra	Montejo 4	Ayuntamiento	7 de septiembre

MADRID Y ZONA METROPOLITANA (GETAFE)			
Consejería de Medio Ambiente, Com. Madrid	Consejería 1	Calle de Alcalá, 16	1 de febrero
Simply	Simply	Calle de Embajadores, 220	3 de febrero
AhorraMás C. C. Getafe II	AhorraMás	Avenida de las Ciudades con calle de Sánchez Morate	6 de febrero
AhorraMás	AhorraMás	Calle de la Antracita, 12	13 de febrero
Consejería de Medio Ambiente, Com. Madrid	Consejería 2	Calle de Alcalá, 16	3 de abril
AhorraMás	AhorraMás	Calle de Silvano, 131	8 de abril
Consejería de Medio Ambiente, Com. Madrid	Consejería 3	Calle de Alcalá, 16	6 de septiembre
Lidl	Lidl	Calle de Antonio López, 232	4 de octubre

Identificamos todas las pilas con un número, independiente para cada muestra y tipo (AA o AAA). Así, al guardarlas por separado, podíamos identificarlas y recuperarlas en cualquier momento para pruebas posteriores. Ese código (incluyendo lugar y número) es el que utilizaremos en adelante para referirnos a cada una de ellas.

Medimos el voltaje con un multímetro digital *Powerfix, PDM 250 A1*. Aseguramos la exactitud y fiabilidad de sus datos comparándolos con otro digital (*Xindar Q5*) y uno analógico (*DT-830 B*). Para ello elegimos doce pilas de entre las recuperadas, seis de la marca *Varta* y otras seis *Carrefour*, con los voltajes en vacío más próximos a las décimas de voltio entre 1 y 1,5. En el anexo 1 se incluyen todos los datos.

Puede determinarse el verdadero estado de una pila obteniendo su **curva de descarga** (representando la pérdida de tensión con el paso del tiempo en unas

condiciones determinadas). Obligados a seleccionar una escala con la que trabajar de las tres posibles (*Batt 1,5 V*, 2000 mV y 20 V) y una resistencia a la que conectarlas (probamos combinando dos unidades de 7 Ω y cinco de 1 Ω), el tiempo requerido para cada descarga debía ser suficientemente amplio para poder detectar las diferencias existentes entre ellas sin que, por otro lado, se alargara tanto la toma de datos como para hacerlo inviable. Descartada la de 20 V (al no indicar las milésimas de voltio, precisión que queríamos alcanzar) y realizadas algunas pruebas con las otras dos, decidimos finalmente emplear la escala *Batt 1,5 V* y un único elemento de 7 Ω .

Con pilas de voltajes ya conocidos (medidas en vacío, en esa escala *Batt 1,5 V*) verificamos las **necesidades de algunos aparatos** que funcionan con ellas. En el anexo 2 están esos resultados, que nos permitieron establecer en 1 V el voltaje con el que considerar ya inservible a una pila y en 0,9 V el final de la toma de datos para elaborar las curvas de descarga. Con la resistencia de 7 Ω y esos valores límite necesitamos entre 9 y 11 horas para agotar las pilas salinas nuevas AA y unas 4 para las AAA.

Pasamos entonces a medir el **voltaje en vacío de todas las pilas recuperadas** en los contenedores. Así encontramos que, además de los valores fijos esperados (incluido cero, el de la descarga total), cuando la medida inicial era menor de 1 V casi nunca conseguíamos un dato fijo, disminuyendo el valor reflejado en la pantalla con mucha rapidez sin llegar a estabilizarse en un tiempo prudencial. Esa situación la hemos reflejado en todas nuestras tablas como “B” (refiriéndonos a «bajando»).

Para comparar estas pilas desechadas y otras nuevas, seleccionamos **diez marcas y modelos** de las que, además de comprarlas, pudimos reunir seis usadas con voltajes próximos otra vez a esas décimas de voltio. Eran, con mucho, las más frecuentes en los contenedores: de las alcalinas, cuatro marcas blancas de grandes superficies (*Aerocell* de *Lidl*, *Alkalisk* de *Ikea*, *Lanta* de *AhorraMás* y *Premio* de *Mercadona*) y cinco comerciales (*Duracell*, *Energizer*, *Maxell*, *Panasonic* y *Varta*); salinas, una (*ExtraStar*) muy común en «todo a 100». Los puntos de compra y sus precios fueron los siguientes:

Marca y tipo		Lugar de compra	Pilas AA y AAA	
			Precio/unidades	Precio/unidad
AEROCELL	Alcalina	Lidl	1,69 € / 8 pilas	0,2125 € / pila
ALKALISK	Alcalina	Ikea	1,99 € / 10 pilas	0,1990 € / pila
DURACELL	Alcalina	Todo a 100	3,50 € / 4 pilas	0,8750 € / pila
ENERGIZER	Alcalina	Día	3,30 € / 4 pilas	0,8250 € / pila
LANTA	Alcalina	AhorraMás	0,70 € / 4 pilas	0,1750 € / pila
MAXELL	Alcalina	Todo a 100	1,99 € / 4 pilas	0,4975 € / pila
PANASONIC	Alcalina	Todo a 100	3,50 € / 4 pilas	0,8750 € / pila
PREMIO	Alcalina	Mercadona	1,80 € / 8 pilas	0,2250 € / pila
VARTA	Alcalina	Día	2,99 € / 4 pilas	0,7475 € / pila
EXTRASTAR	Salina	Todo a 100	0,70 € / 4 pilas	0,1875 € / pila

De todas ellas obtuvimos las **curvas de descarga, hasta los 0,9 V**, siempre en las condiciones indicadas anteriormente.

Con pilas nuevas realizamos dos veces esa operación. En la primera hicimos una descarga completa que repetimos después de esperar el tiempo necesario para que se estabilizase de nuevo su voltaje en vacío (entre cuatro y seis días, según las

marcas). Con la segunda la descarga inicial fue solo parcial, de tres horas con las AA y una con las AAA para las alcalinas y una hora y veinte minutos respectivamente con la salina (es, aproximadamente, la cuarta parte del tiempo empleado en la primera para alcanzar los 0,9 V). Después dejamos pasar diez días (tiempo con el que todas las medidas se estabilizaron de nuevo) y repetimos el procedimiento anterior (es decir, descarga completa hasta 0,9 V, recuperación para alcanzar un voltaje constante y nuevo uso hasta esos 0,9 V).

Con todo esto queríamos obtener información relativa al efecto que pudiera tener cualquier empleo anterior dado a las pilas depositadas en los contenedores, tanto si fuese completo como solo parcial. Buscábamos eliminar cualquier duda relativa a la validez de usar la medida del voltaje en vacío para valorar la vida útil que les restaba.

RESULTADOS

En el anexo 3 presentamos los cuadros con los **voltajes de todas las muestras recogidas**. Los datos totales son los siguientes.

Voltaje	Pilas AAA		Pilas AA		Total	
	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje
> 1,5 V	23	0,73	57	1,14	80	0,98
1,450 – 1,499	158	5,03	272	5,42	430	5,27
1,400 – 1,449	240	7,63	284	5,66	524	6,42
1,350 – 1,399	203	6,46	280	5,58	483	5,91
1,300 – 1,349	119	3,78	207	4,12	326	3,99
1,250 – 1,299	181	5,76	361	7,19	542	6,64
1,200 – 1,249	156	4,96	219	4,36	375	4,59
1,150 – 1,199	112	3,56	201	4,00	313	3,83
1,100 – 1,149	122	3,88	270	5,38	392	4,80
1,050 – 1,099	145	4,61	183	3,64	328	4,02
1,000 – 1,049	54	1,72	150	2,99	204	2,50
Hasta 0,999	69	2,19	66	1,31	135	1,65
B	1018	32,38	1643	32,72	2661	32,59
0	544	17,30	829	16,51	1373	16,81
TOTAL	3144	100,00	5022	100,00	8166	100,00

Finalmente en el anexo 4 incluimos la prueba fundamental de nuestro trabajo: **las curvas de descarga de las marcas con las que trabajamos**, primero las de tamaño AA y luego las AAA. Las páginas iniciales reflejan la doble descarga de pilas

nuevas. Las siguientes, esa misma doble descarga de pilas nuevas tras el uso parcial previo. Para terminar, las pilas recuperadas en los contenedores de recogida selectiva (incluyendo, como comparación, las dos curvas de las pilas nuevas).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Antes de seguir adelante, debemos indicar un punto débil de este trabajo del que somos perfectamente conscientes: haber utilizado una única pila, sin repeticiones. Sin embargo, creemos que la constancia de los resultados para cada marca y las del conjunto en general confirman suficientemente nuestras conclusiones.

Como esperábamos (según se indica, por ejemplo, en ANÓNIMO, 2015), y con independencia de marcas y voltajes, **las curvas de descarga siguen** siempre un modelo común en el que se pueden diferenciar **tres fases o etapas**:

- Una inicial, relativamente corta, en la que se produce un descenso rápido y pronunciado del voltaje medido.
- La segunda (y principal en cuanto a duración) en la que se mantiene muy estable. Es el periodo fundamental de uso de la pila.
- En la última, con ella ya casi inutilizada, vuelve a bajar rápidamente. En nuestro caso, al detener el estudio con 0,9 V esta fase solo está iniciada.

En cuanto a los voltajes de las pilas recuperadas, **destaca la constancia en los porcentajes de cada intervalo de 0,05 V** respecto al total en cada muestra. Esto nos hace sospechar que nos encontramos ante una situación generalizada y no, como podíamos pensar al principio, con casos aislados originados por características propias de un grupo de personas determinado o de un territorio (como ser zona rural o urbana).

Con las pruebas de descarga total se observa que son muy pocas las marcas que quedan prácticamente agotadas (como por ejemplo *Lanta*, tanto en AA como AAA). En la mayoría **la energía restante tras unos días de recuperación es aún importante**, lo que no deja de ser un inconveniente para alcanzar un uso responsable de los recursos (al depender su aprovechamiento completo de una segunda utilización).

En todos los casos, la descarga después de recuperarse se ajusta perfectamente a la **curva modelo**, una vez transcurrida la fase inicial de rápido descenso. Sí merece destacarse una pequeña variación en el tiempo total de vida útil de las pilas respecto al uso continuado sin interrupción: en las pilas AA varía, según marcas, entre un incremento de 20 minutos y una disminución de 30. En todo caso son diferencias relativamente poco importantes que demuestran la escasa influencia que tiene un uso ininterrumpido de la pila o varios separados en el tiempo.

En todo caso no encontramos ninguna razón por la que este efecto pueda justificar los elevados porcentajes de pilas encontrados con voltajes altos, muy superiores a los que corresponderían de ser debidos a este segundo uso.

Con las pilas recuperadas en los contenedores queda claro que, tras los minutos correspondientes otra vez a esa etapa inicial, con todos los voltajes **se obtienen curvas asimilables a las conseguidas con las nuevas**. Tomar como punto común de su trazado los 0,9 V que hemos considerado como de pila a desechar permite una más fácil comparación, independientemente de su carga inicial.

De esta forma también se demuestra que **el voltaje obtenido en vacío proporciona una estimación significativa de la energía aún disponible en ellas**, en la escala *BATT 1,5 V* o con cualquier otra.

Todos estos valores, las curvas de descarga y los voltajes a los que funcionan los aparatos eléctricos que hemos probado confirman nuestra hipótesis inicial: la **elevada proporción de pilas desechadas que podrían aún utilizarse**. Las catorce categorías que hemos considerado (0, B, menos de 1 V y desde ese valor hasta 1,5 V en intervalos de 0,05) podrían reducirse así, desde un punto de vista práctico, a cuatro principales:

- Las que no llegan a 1 V (incluidas las B), total o prácticamente gastadas.
- De 1 a 1,2 V, aprovechables aún en los aparatos de menores exigencias.
- Entre 1,2 y 1,35 V mantienen todavía una elevada carga. Son utilizables por todos los instrumentos a pilas salvo los de grandes necesidades (especialmente las cámaras fotográficas).
- Con más de 1,35 V podemos considerarlas como prácticamente nuevas.

Si aplicamos estos valores al total de pilas que hemos recuperado en los contenedores, veremos que los porcentajes que corresponden a cada uno de estos intervalos son los siguientes:

	Voltaje en vacío y posición BATT 1,5 V	Porcentaje		
		Pilas AAA	Pilas AA	Total
Gastadas	< 1 V	51,87 %	50,54 %	51,05 %
Aprovechables	1 a 1,2 V	13,77 %	16,01 %	15,15 %
Cargadas	1,2 a 1,35 V	14,51 %	15,67 %	15,22 %
Nuevas	> 1,35 V	19,85 %	17,78 %	18,58 %

De aplicar estos datos a todas las pilas comercializadas en la Comunidad de Madrid (lo que no parece aventurado dado el número que hemos valorado y la constancia de los datos obtenidos), podría hacerse un cálculo aproximado del despilfarro en que caemos al tirarlas.

Según las memorias publicadas, en Madrid se vendieron en 2016 más de 1.730 toneladas de pilas (COMUNIDAD DE MADRID, 2016). De ser acertados los supuestos realizados en el anexo 5, las pilas AA y AAA (excluidas las recargables) supondrían algo más del 80 % en peso de los materiales depositados, superando así los **10,5 millones de euros** el valor anual aproximado de la energía que se desaprovecha únicamente en esta comunidad (algo más de dos euros por madrileño). A esta cantidad tendría que sumarse el coste de su transporte, reciclaje y almacenamiento una vez desechadas.

Finalmente, solo nos faltaría **buscar una explicación** a todo esto que hemos comprobado, punto de partida necesario para el objetivo fundamental que desde el principio nos habíamos propuesto: encontrar la forma de evitarlo.

Las **causas** que intuimos son de dos tipos: unas directamente **achacables al diseño o a las características del producto** y otras debidas, sin duda, **a nosotros mismos**, los consumidores, y al uso que hacemos de ellas.

Entre las primeras destacamos la **comercialización de las pilas en una presentación** que, a menudo, no hace fácil guardarlas en orden. Son

fundamentalmente las que combinan plástico y cartón que, al abrirse para utilizar la primera, no permiten conservar dentro las restantes. Sin embargo, en el mercado hay otras que sí lo hacen: en el anexo 6 incluimos ejemplos de ambos tipos. Este es un caso evidente de diseño comercial inadecuado que provoca el derroche de materiales o energía y que por tanto, de modificarse, favorecería una reducción de los desechos que producimos.

La **mezcla de pilas de diferentes voltajes** que esto provoca tiene efectos muy importantes, siendo posiblemente una de las principales causas de la presencia de pilas cargadas en los contenedores. Los ensayos recogidos en ese mismo anexo 6 demuestran que:

- El voltaje de varias pilas conectadas en serie es siempre igual (o casi exactamente igual) a la suma de los voltajes individuales, como en teoría debe suceder.
- Una pila descargada junto a otras nuevas disminuye lo suficiente el voltaje conjunto como para que el aparato correspondiente deje de funcionar.

Tampoco los **aparatos eléctricos** están siempre correctamente planteados. Unos precisan **voltajes demasiado elevados** para este tipo de pilas (como las cámaras fotográficas digitales), obligándonos a cambiarlas cuando aún tienen cargas elevadas. Otros están directamente **mal diseñados**.

Especialmente interesantes fueron los resultados obtenidos con los instrumentos que realizan dos funciones conjuntas: un reloj despertador (alimentado cada uso con pilas distintas), el grabador DYMO (con pantalla y escritura en la cinta plástica) y la calculadora con impresión en papel (además de la habitual pantalla). El diferente voltaje con el que pueden realizar cada uno nos ha dado una información muy relevante: en general, al dejar de ser útiles las pilas para una de ellas se cambiarían con cargas más o menos importantes pero siempre suficientes para la menos exigente de las tareas que en estos casos, además, es la principal.

En el caso del reloj-despertador la situación es aún peor. De las tres pilas AA que utiliza, una es para las manecillas (que, al ser de gasto continuo, pierde voltaje con más rapidez) y las otras dos para el despertador (que, al menos en nuestro caso, se gastan mucho más lentamente al usarse esporádicamente). Así, de no darnos cuenta, al agotarse la primera sería normal que se desecharan también las otras dos, posiblemente con casi toda su carga.

Es difícil que como consumidores podamos evitar estas situaciones. Si queremos favorecer los principios de la economía circular (especialmente en lo referente al rediseño de los aparatos disponibles en el mercado) sería necesario que los instrumentos a pilas contasen con una **etiqueta energética** (similar a la que ya tienen, por ejemplo, los electrodomésticos) que indicase no solo la duración de una pila determinada sino también el voltaje con el que ésta sería desechada.

Lo que no encontramos fue ningún caso en el que se cumpliera el efecto indicado en esta cita de *Internet* (ALEHOPIO, 2007):

“Normalmente los pequeños aparatos que funcionan con varias pilas suelen consumir del todo algunas y dejar las otras a medio consumo.”

Las medidas que realizamos siempre mostraron pilas de voltajes muy similares, con diferencias de apenas milésimas de voltio.

Pero todo esto no debe hacernos olvidar que **también nosotros tenemos una parte importante de responsabilidad**, por desconocimiento, descuido o desinterés. El caso más llamativo es el de las pilas *Duracell* con comprobador de carga que, a pesar de todo, hemos encontrado en los contenedores con voltajes que, en ocasiones, eran muy importantes. Un efecto similar se puede conseguir con otros instrumentos muy sencillos, de los que teníamos en casa uno antiguo que, sin medir realmente la carga, permite identificar las pilas que pueden seguir utilizándose según el brillo de una bombilla que se enciende al conectarla con los dos polos.

En definitiva, creemos que **para la “gestión de pilas eléctricas” existe un principio, el de que cada instrumento precisa de un voltaje determinado, y una única solución, el orden**. Aunque se deberían evitar siempre los aparatos de muy altas exigencias, una vez que seamos conscientes de que pilas rechazadas como gastadas para unos usos son utilizables en otros, podríamos “*etiquetarlas y agruparlas para nuestras necesidades*” en recipientes separados o, mejor aún, marcándolos con rotuladores indelebles o etiquetas adhesivas. Así, si “*la cámara llora diciendo que las cambie, no las tiro, pues aún les queda un montón de carga útil para objetos menos exigentes*” (CANALES, 2012). Es más, en algunos juegos, pequeños relojes y linternas, radios y mandos a distancia **nunca deberíamos usar pilas nuevas**: las retiradas de esos otros aparatos llegan a durar en ellos varios meses.

Pensamos, en fin, que deberían realizarse todos los esfuerzos necesarios para que **disminuyese el uso de este tipo de pilas y baterías** hasta, si fuese posible, su desaparición. Mientras tanto, sería preciso que las administraciones y organismos involucrados en la gestión de residuos (especialmente estos peligrosos), además de continuar con los habituales programas para promocionar el reciclaje, prestaran mayor atención en sus estrategias a las otras dos R: la **reutilización** y, fundamentalmente, la **reducción** del consumo de todo tipo de materiales¹ proporcionando a los consumidores **información y reglas de uso y comportamiento** que evitasen estas situaciones detectadas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no habría podido realizarse sin la ayuda y colaboración de los profesores del Colegio San Viator, de los equipos de la Reserva de la Biosfera, del resto de programas de la Red de Centros de educación ambiental de la Comunidad de Madrid y del Área de Educación Ambiental de la Comunidad de Madrid y

BIBLIOGRAFÍA²

ALEHOPIO. 2007. *Comprobar las pilas antes de tirarlas es ahorrar*. Disponible el 21 de junio de 2017 en:

<http://www.forocoches.com/foro/showthread.php?t=734421>

ANÓNIMO. 2003. *Pilas: salinas y alcalinas. Cada una cumple su función*. Disponible el 8 de septiembre de 2017 en:

<http://revista.consumer.es/web/es/20030201/pdf/analisis-2.pdf>

ANÓNIMO. 2011. *¿Cuánto dura tu pila?* Disponible el 8 de septiembre de 2017 en:

<http://revistadelconsumidor.gob.mx/wp-content/uploads/2011/11/pilas.pdf>

ANÓNIMO. 2015. *Baterías*. Dpto. de electrónica, I. E. S. Emérita Augusta, Mérida (Badajoz). Disponible el 25 de noviembre de 2017 en:

<http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/baterias.htm>

ANÓNIMO. 2017a. *Red española de Reservas de la Biosfera*. Disponible el 25 de noviembre de 2017 en:

<http://www.rerb.oapn.es/red-espanola-de-reservas-de-la-biosfera/que-es-la-rerb>

ANÓNIMO. 2017b. *Residuos con características especiales*. Disponible el 8 de septiembre de 2017 en:

http://www.madrid.org/cs/Satellite?c=CM_InfPractica_FA&cid=1114179113325&idTema=1109265600727&language=es&pagename=ComunidadMadrid%2FEstructura&pid=1273078188154&pv=1142492675284

CANALES, Juan. 2012. *Cómo comprobar la carga de una pila y sobrevivir*. Disponible el 21 de junio de 2017 en:

<http://astropuerto.com/como-comprobar-la-carga-de-una-pila-y-sobrevivir/>

COMUNIDAD DE MADRID. 2016. *Diagnóstico ambiental 2016*. Consejería de Medio Ambiente, Administración Local y Ordenación del Territorio. Madrid. 351 páginas.

FUNDACIÓN VIDA SOSTENIBLE. 2010. *Gestión de pilas, baterías y acumuladores*. Disponible el 18 de septiembre de 2017 en:

<http://www.vidasostenible.org/informes/gestion-de-pilas-baterias-y-acumuladores/>

LABORATORIO PROFECO. Sin fecha. *Pilas Alcalinas*. Disponible el 18 de febrero de 2017 en:

<http://www.artilec.cl/documentos/datasheet/08055.pdf>

MARÍN-ROIG RAMÓN, José. 2011. *Multímetro digital. Comprobación de pilas*. Universitat Politècnica de València – UPV. Vídeo disponible el 5 de diciembre de 2017 en:

<https://www.youtube.com/watch?v=QZMBwPtvLNk>

ANEXO 1

Para comprobar la exactitud y fiabilidad de las medidas que íbamos a realizar, empezamos tomando el voltaje de seis pilas alcalinas de las marcas *Carrefour* y *Varta*¹ con los tres multímetros de los que disponíamos:

- Digital *Powerfix*, modelo *PDM 250* (abreviado como PDM).
- Digital *Xindar Q5* (XQ5).
- Analógico *DT-830 B* (DT).

Utilizamos las tres escalas posibles atendiendo a los valores suministrados por las pilas AA y AAA: *BATT 1,5 V* (no disponible en el analógico), 2000 mV y 20 V. Los resultados que obtuvimos fueron los siguientes:

VARTA - AA								
ESCALA	BATT 1,5 V		2000 mV			20 V		
MULTÍMETRO	PDM	XQ5	PDM	XQ5	DT	PDM	XQ5	DT
38 – Prádena 1	B	1,09	1,166	1,165	1,162	1,16	1,15	1,15
53 – Ahorra Madrid	1,120	1,16	1,241	1,241	1,240	1,23	1,23	1,24
231 – Ahorra Madrid	1,195	1,24	1,315	1,316	1,314	1,31	1,30	1,31
24 – Montejo 3	1,299	1,36	1,393	1,395	1,392	1,39	1,38	1,39
124 – Ahorra Madrid	1,402	1,48	1,498	1,500	1,498	1,49	1,49	1,49
227 – Montejo 1	1,474	1,54	1,592	1,593	1,590	1,59	1,58	1,59

CARREFOUR - AA								
ESCALA	BATT 1,5 V		2000 mV			20 V		
MULTÍMETRO	PDM	XQ5	PDM	XQ5	DT	PDM	XQ5	DT
211 – Simply	B	1,07	1,137	1,137	1,135	1,11	1,12	1,13
112 – Consejería 1	1,109	1,16	1,235	1,235	1,234	1,23	1,22	1,23
287 – Montejo 1	1,198	1,25	1,314	1,313	1,313	1,31	1,30	1,31
171 – Montejo 1	1,321	1,38	1,424	1,425	1,423	1,42	1,41	1,42
146 – Consejería 1	1,401	1,46	1,513	1,514	1,512	1,51	1,50	1,51
288 – Consejería 1	1,496	1,57	1,595	1,595	1,594	1,59	1,58	1,59

Es evidente la constancia de todos los valores obtenidos en las dos últimas posiciones (2000 mV y 20 V): las diferencias, si existen, son de pocas milésimas.

En cambio, en la escala específica para medir pilas de los voltímetros digitales, esa similitud no existe. Para justificar esta discrepancia debemos acudir a la explicación que incluye el manual de instrucciones de la marca *Powerfix*:

“En las gamas de medición de BATT 1,5 V y BATT 9 V, la pila medida se carga con una resistencia interna que permite obtener información precisa sobre el estado y la capacidad de funcionamiento de la pila comprobada.”

Esta «resistencia interna» (de la que no se da más información) debe ser diferente en cada instrumento provocando, así, esos valores distintos. Es la misma explicación que está disponible en *internet* (MARÍN-ROIG RAMÓN, 2011).

ANEXO 2

Disponiendo de suficientes pilas de voltaje conocido (y usando siempre las mismas, de una única marca y modelo), probamos todos los aparatos que conseguimos para ver cuál era el valor mínimo con el que seguían funcionando (considerando los mismos intervalos de 0,05 V). Indicamos los resultados en las tablas siguientes:

APARATOS QUE FUNCIONAN CON PILAS AA												
	Nº pilas	>1,5	1,45 1,50	1,40 1,45	1,35 1,40	1,30 1,35	1,25 1,30	1,20 1,25	1,15 1,20	1,10 1,15	1,05 1,10	1,00 1,05
Cámara	2	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO						
Reloj comedor	1	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO						
Cepillo dientes	2	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	NO	NO
Calculadora	1	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	NO
Teclado	6	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO
Mando TV	1	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Radio	4	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Reloj cocina	1	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Juego ajedrez	4	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Ratón	1	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ

APARATOS QUE FUNCIONAN CON PILAS AAA												
	Nº pilas	>1,5	1,45 1,50	1,40 1,45	1,35 1,40	1,30 1,35	1,25 1,30	1,20 1,25	1,15 1,20	1,10 1,15	1,05 1,10	1,00 1,05
Tensiómetro	2	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO						
Báscula cocina	2	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO
Linterna	3	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Frontal	3	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Radio	2	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Termómetro	2	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ

Especialmente destacables son los resultados de tres instrumentos con doble función: un reloj-despertador, una calculadora-impresora y un grabador DYMO.

APARATOS QUE FUNCIONAN CON PILAS AA											
		Nº pilas	Hasta 1,35	1,30 1,35	1,25 1,30	1,20 1,25	1,15 1,20	1,10 1,15	1,05 1,10	1,00 1,05	
Reloj-despertador	Despertador	2	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO ¹	NO	NO	
	Reloj	1	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	
Calculadora-impresora	Impresión	4	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	NO	NO	
	Pantalla		SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	
Grabador DYMO	Escritura	5	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	NO	NO	NO ²	
	Pantalla		SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	

El primero necesita dos pilas para el despertador y otra, independiente, para las manecillas del reloj; los otros dos funcionan con cuatro y cinco para hacer lucir la pantalla y escribir, respectivamente, en la cinta plástica y el rollo de papel.

Salvo algunas excepciones, los aparatos que provocan movimiento necesitan voltajes más altos (la cámara fotográfica con el obturador, el tensiómetro al comprimir el aire, el cepillo de dientes o las impresiones en la calculadora o el aparato DYMO). En cambio las pantallas digitales de relojes o calculadoras, la generación de luz (linternas) o de sonido (radio) funcionan con valores mucho menores. Los relojes tradicionales de manecillas son los que tienen un comportamiento más dispar.

Otro caso especial es el mando a distancia del televisor, el instrumento que consiguió funcionar con menor voltaje de todos los que analizamos (por debajo incluso de 1 V). Con él comprobamos no solo si su señal llegaba a la pantalla sino también si al pulsarlo hacía que el piloto LED luciera¹.

	VOLTAJE DE LA PILA	RESULTADO	
		En la televisión	Luz
Mando a distancia de la televisión	0,776	No funciona	No funciona
	0,861	No funciona	Funciona
	0,938	No funciona	Funciona
	0,966	No funciona	Funciona
	0,988	Funciona	Funciona
	0,991	Funciona	Funciona

Todos estos resultados nos han servido, como veremos, tanto para entender alguna de las razones que pueden explicar la presencia de pilas cargadas en los contenedores como para proponer posibles soluciones.

ANEXO 3

Estos son los datos concretos que hemos obtenido en cada una de las muestras recogidas:

	MONTEJO DE LA SIERRA 1		PRÁDENA DEL RINCÓN 1		HORCAJ. DE LA SIERRA		LA HIRUELA		PUEBLA DE LA SIERRA		MONTEJO DE LA SIERRA 2		PRÁDENA DEL RINCÓN 2		MONTEJO DE LA SIERRA 3		MONTEJO DE LA SIERRA 4	
	24 enero 2017		24 enero 2017		24 enero 2017		21 febrero 2017		21 febrero 2017		31 marzo 2017		31 marzo 2017		1 junio 2017		7 septiembre 2017	
Voltaje	Pilas AAA		Pilas AAA		Pilas AAA		Pilas AAA		Pilas AAA		Pilas AAA		Pilas AAA		Pilas AAA		Pilas AAA	
	Nº	Porc.	Nº	Porc.	Nº	Porc.	Nº	Porc.	Nº	Porc.	Nº	Porc.	Nº	Porc.	Nº	Porc.	Nº	Porc.
> 1,5 V	0	0,00	8	8,42	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	1,03	0	0,00	2	0,81	3	2,27
1,450 – 1,499	14	9,52	8	8,42	2	16,67	0	0,00	14	5,62	11	5,64	1	1,85	12	4,88	20	15,15
1,400 – 1,449	10	6,80	1	1,05	1	8,33	0	0,00	19	7,63	15	7,69	2	3,70	30	12,20	17	12,88
1,350 – 1,399	17	11,56	7	7,37	2	16,67	0	0,00	17	6,83	15	7,69	3	5,56	14	5,69	11	8,33
1,300 – 1,349	8	5,44	3	3,16	1	8,33	2	16,67	10	4,02	7	3,59	1	1,85	8	3,25	4	3,03
1,250 – 1,299	7	4,76	5	5,26	0	0,00	0	0,00	15	6,02	11	5,64	4	7,41	25	10,16	4	3,03
1,200 – 1,249	7	4,76	0	0,00	0	0,00	0	0,00	13	5,22	13	6,67	1	1,85	17	6,91	5	3,79
1,150 – 1,199	5	3,40	3	3,16	0	0,00	0	0,00	7	2,81	5	2,56	0	0,00	4	1,63	2	1,52
1,100 – 1,149	7	4,76	2	2,11	0	0,00	0	0,00	8	3,21	3	1,54	1	1,85	7	2,85	4	3,03
1,050 – 1,099	5	3,40	3	3,16	0	0,00	0	0,00	8	3,21	7	3,59	2	3,70	7	2,85	1	0,76
1,000 – 1,049	1	0,68	3	3,16	0	0,00	0	0,00	1	0,40	4	2,05	0	0,00	1	0,41	1	0,76
Hasta 0,999	5	3,40	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	3	1,54	0	0,00	0	0,00	0	0,00
B	37	25,17	37	38,95	3	25,00	8	66,67	81	32,53	59	30,26	31	57,41	65	26,42	35	26,52
0	24	16,33	15	15,79	3	25,00	2	16,67	56	22,49	40	20,51	8	14,81	54	21,95	25	18,94
TOTAL	147	100	95	100	12	100	12	100	249	100	195	100	54	100	246	100	132	100

	CONSEJ. MEDIO AMBIENTE 1		SIMPLY		AHORRA MÁS GETAFE		AHORRA MÁS MADRID		CONSEJ. MEDIO AMBIENTE 2		AHORRA MÁS PEDROÑER.		CONSEJ. MEDIO AMBIENTE 3		LIDL	
	1 febrero 2017		3 febrero 2017		6 febrero 2017		13 febrero 2017		3 abril 2017		8 abril 2017		6 septiembre 2017		4 octubre 2017	
Voltaje	Pilas AAA		Pilas AAA		Pilas AAA		Pilas AAA		Pilas AAA		Pilas AAA		Pilas AAA		Pilas AAA	
	Nº	Porc.	Nº	Porc.	Nº	Porc.	Nº	Porc.	Nº	Porc.	Nº	Porc.	Nº	Porc.	Nº	Porc.
> 1,5 V	1	0,38	0	0,00	0	0,00	1	0,50	2	0,42	0	0,00	4	0,85	0	0,00
1,450 – 1,499	8	3,02	7	5,93	12	9,84	7	3,48	13	2,70	0	0,00	23	4,90	6	2,38
1,400 – 1,449	20	7,55	12	10,17	3	2,46	18	8,96	44	9,15	5	5,32	21	4,48	22	8,73
1,350 – 1,399	19	7,17	11	9,32	2	1,64	15	7,46	26	5,41	6	6,38	30	6,40	8	3,17
1,300 – 1,349	7	2,64	4	3,39	1	0,82	1	0,50	20	4,16	7	7,45	23	4,90	12	4,76
1,250 – 1,299	13	4,91	2	1,69	7	5,74	11	5,47	31	6,44	1	1,06	15	3,20	30	11,90
1,200 – 1,249	17	6,42	5	4,24	12	9,84	10	4,98	24	4,99	5	5,32	20	4,26	7	2,78
1,150 – 1,199	6	2,26	7	5,93	4	3,28	5	2,49	22	4,57	8	8,51	26	5,54	8	3,17
1,100 – 1,149	6	2,26	3	2,54	6	4,92	6	2,99	23	4,78	9	9,57	15	3,20	22	8,73
1,050 – 1,099	18	6,79	10	8,47	4	3,28	10	4,98	23	4,78	6	6,38	23	4,90	18	7,14
1,000 – 1,049	6	2,26	2	1,69	5	4,10	1	0,50	5	1,04	2	2,13	17	3,62	5	1,98
Hasta 0,999	28	10,57	6	5,08	8	6,56	12	5,97	0	0,00	1	1,06	5	1,07	1	0,40
B	85	32,08	33	27,97	44	36,07	74	36,82	181	37,63	33	35,11	146	31,13	66	26,19
0	31	11,70	16	13,56	14	11,48	30	14,93	67	13,93	11	11,70	101	21,54	47	18,65
TOTAL	265	100	118	100	122	100	201	100	481	100	94	100	469	100	252	100

	MONTEJO DE LA SIERRA 1		PRÁDENA DEL RINCÓN 1		HORCAJ. DE LA SIERRA		LA HIRUELA		PUEBLA DE LA SIERRA		MONTEJO DE LA SIERRA 2		PRÁDENA DEL RINCÓN 2		MONTEJO DE LA SIERRA 3		MONTEJO DE LA SIERRA 4	
	24 enero 2017		24 enero 2017		24 enero 2017		21 febrero 2017		21 febrero 2017		31 marzo 2017		31 marzo 2017		1 junio 2017		7 septiembre 2017	
Voltaje	Pilas AA		Pilas AA		Pilas AA		Pilas AA		Pilas AA		Pilas AA		Pilas AA		Pilas AA		Pilas AA	
	Nº	Porc.	Nº	Porc.	Nº	Porc.	Nº	Porc.	Nº	Porc.	Nº	Porc.	Nº	Porc.	Nº	Porc.	Nº	Porc.
> 1,5 V	5	1,45	1	0,69	1	1,35	0	0,00	7	1,51	2	0,46	1	1,54	7	2,30	4	1,40
1,450 – 1,499	10	2,90	3	2,08	5	6,76	0	0,00	48	10,32	36	8,35	4	6,15	17	5,57	15	5,24
1,400 – 1,449	31	8,99	11	7,64	4	5,41	0	0,00	26	5,59	15	3,48	7	10,77	20	6,56	17	5,94
1,350 – 1,399	19	5,51	18	12,50	5	6,76	1	2,94	27	5,81	27	6,26	7	10,77	15	4,92	14	4,90
1,300 – 1,349	16	4,64	8	5,56	1	1,35	4	11,76	20	4,30	13	3,02	3	4,62	13	4,26	8	2,80
1,250 – 1,299	29	8,41	11	7,64	12	16,22	3	8,82	44	9,46	43	9,98	10	15,38	17	5,57	30	10,49
1,200 – 1,249	19	5,51	7	4,86	0	0,00	2	5,88	21	4,52	17	3,94	2	3,08	17	5,57	5	1,75
1,150 – 1,199	14	4,06	4	2,78	11	14,86	2	5,88	13	2,80	11	2,55	4	6,15	15	4,92	12	4,20
1,100 – 1,149	24	6,96	6	4,17	9	12,16	2	5,88	28	6,02	19	4,41	6	9,23	20	6,56	6	2,10
1,050 – 1,099	9	2,61	2	1,39	3	4,05	3	8,82	8	1,72	14	3,25	2	3,08	5	1,64	9	3,15
1,000 – 1,049	13	3,77	4	2,78	1	1,35	1	2,94	1	0,22	7	1,62	0	0,00	2	0,66	0	0,00
Hasta 0,999	5	1,45	1	0,69	0	0,00	0	0,00	0	0,00	9	2,09	1	1,54	1	0,33	0	0,00
B	93	26,96	41	28,47	18	24,32	14	41,18	117	25,16	128	29,70	10	15,38	72	23,61	101	35,31
0	58	16,81	27	18,75	4	5,41	2	5,88	105	22,58	90	20,88	8	12,31	84	27,54	65	22,73
TOTAL	345	100	144	100	74	100	34	100	465	100	431	100	65	100	305	100	286	100

	CONSEJ. MEDIO AMBIENTE 1		SIMPLY		AHORRA MÁS GETAFE		AHORRA MÁS MADRID		CONSEJ. MEDIO AMBIENTE 2		AHORRA MÁS PEDROÑER.		CONSEJ. MEDIO AMBIENTE 3		LIDL	
	1 febrero 2017		3 febrero 2017		6 febrero 2017		13 febrero 2017		3 abril 2017		8 abril 2017		6 septiembre 2017		4 octubre 2017	
Voltaje	Pilas AA		Pilas AA		Pilas AA		Pilas AA		Pilas AA		Pilas AA		Pilas AA		Pilas AA	
	Nº	Porc.	Nº	Porc.	Nº	Porc.	Nº	Porc.	Nº	Porc.	Nº	Porc.	Nº	Porc.	Nº	Porc.
> 1,5 V	7	1,65	1	0,39	3	1,67	2	0,71	2	0,35	2	0,89	8	1,48	4	1,01
1,450 – 1,499	11	2,59	10	3,89	9	5,00	12	4,26	21	3,72	5	2,22	26	4,80	40	10,05
1,400 – 1,449	24	5,66	7	2,72	9	5,00	21	7,45	24	4,25	8	3,56	26	4,80	34	8,54
1,350 – 1,399	33	7,78	12	4,67	11	6,11	16	5,67	25	4,42	6	2,67	17	3,14	27	6,78
1,300 – 1,349	19	4,48	13	5,06	10	5,56	10	3,55	14	2,48	6	2,67	22	4,06	27	6,78
1,250 – 1,299	27	6,37	14	5,45	8	4,44	15	5,32	28	4,96	16	7,11	25	4,61	29	7,29
1,200 – 1,249	17	4,01	13	5,06	14	7,78	8	2,84	18	3,19	14	6,22	24	4,43	21	5,28
1,150 – 1,199	17	4,01	14	5,45	19	10,56	12	4,26	16	2,83	4	1,78	17	3,14	16	4,02
1,100 – 1,149	18	4,25	17	6,61	4	2,22	20	7,09	44	7,79	2	0,89	25	4,61	20	5,03
1,050 – 1,099	15	3,54	14	5,45	7	3,89	16	5,67	28	4,96	7	3,11	21	3,87	20	5,03
1,000 – 1,049	15	3,54	13	5,06	8	4,44	19	6,74	25	4,42	17	7,56	17	3,14	7	1,76
Hasta 0,999	18	4,25	11	4,28	4	2,22	7	2,48	1	0,18	2	0,89	6	1,11	0	0,00
B	155	36,56	91	35,41	53	29,44	92	32,62	235	41,59	101	44,89	221	40,77	101	25,38
0	48	11,32	27	10,51	21	11,67	32	11,35	84	14,87	35	15,56	87	16,05	52	13,07
TOTAL	424	100	257	100	180	100	282	100	565	100	225	100	542	100	398	100

ANEXO 4

En este anexo incluimos todas las curvas de descarga que hemos obtenido. Son las siguientes:

PILA NUEVA AA - ALCALINA - DOBLE DESCARGA

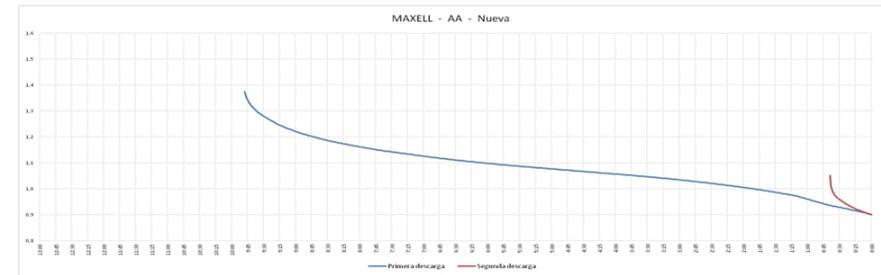
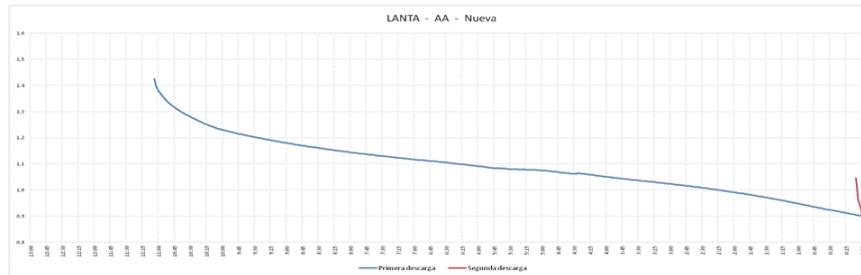
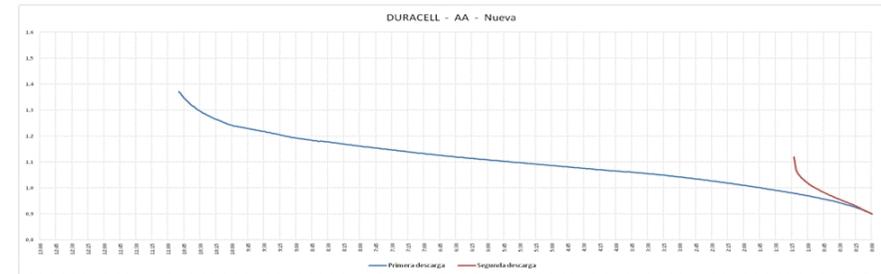
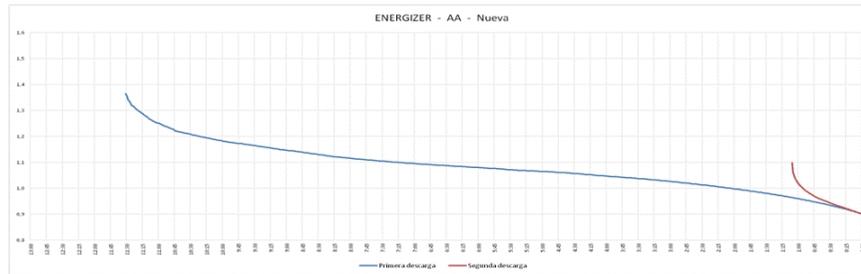
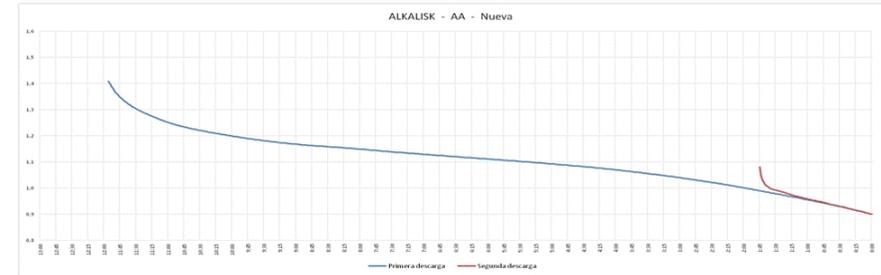
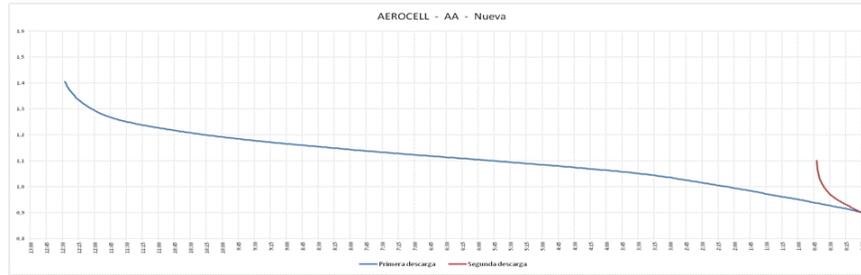
RUMBO 20.30.



26
NOV

29
NOV

CONAMA 2018
CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE



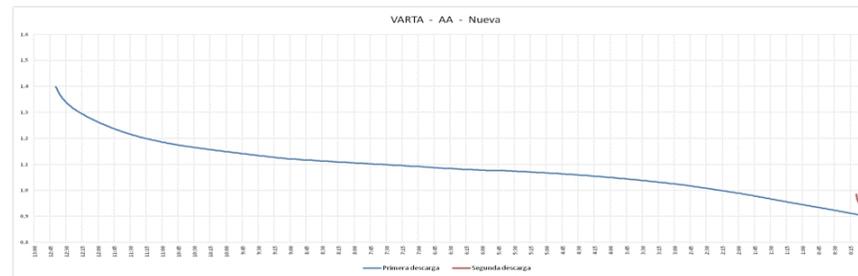
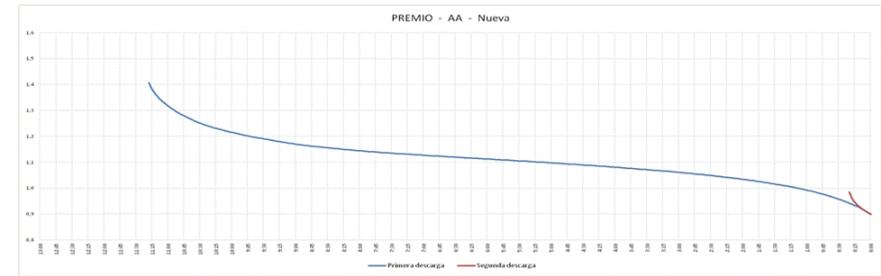
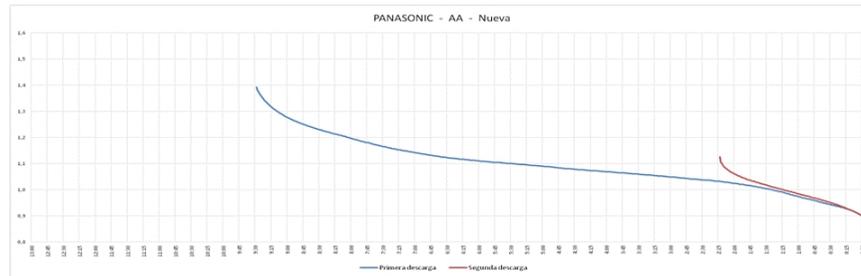
RUMBO 20.30.



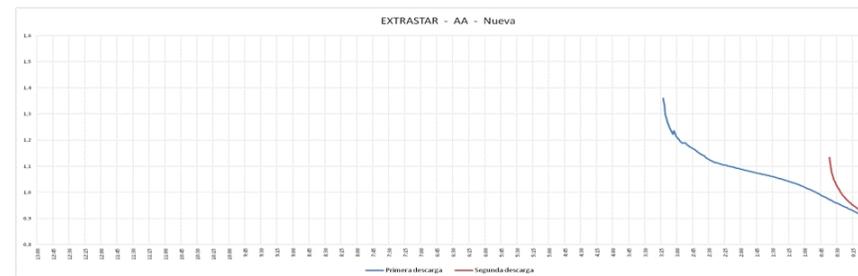
26
NOV

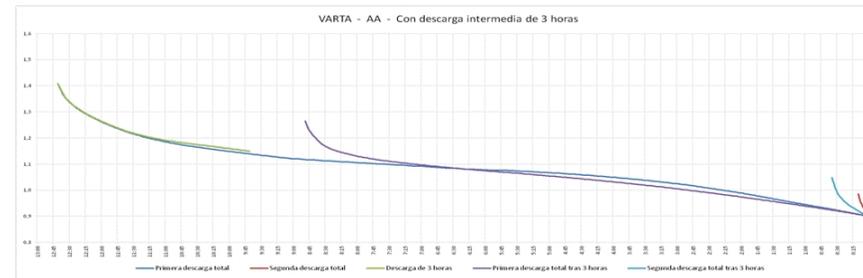
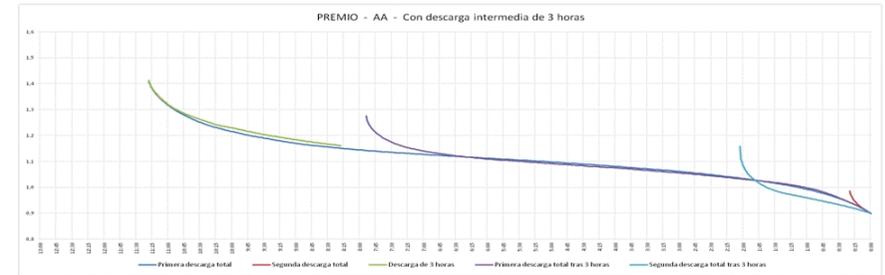
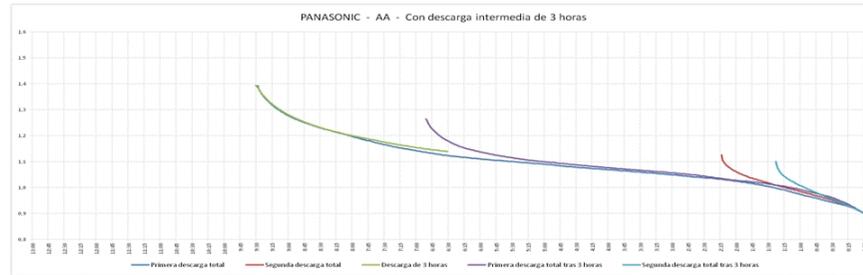
29
NOV

CONAMA 2018
CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE



PILA NUEVA AA - SALINA - DOBLE DESCARGA





PILA NUEVA AA - SALINA - DOBLE DESCARGA CON USO PREVIO DE 1 HORA



RUMBO 20.30.



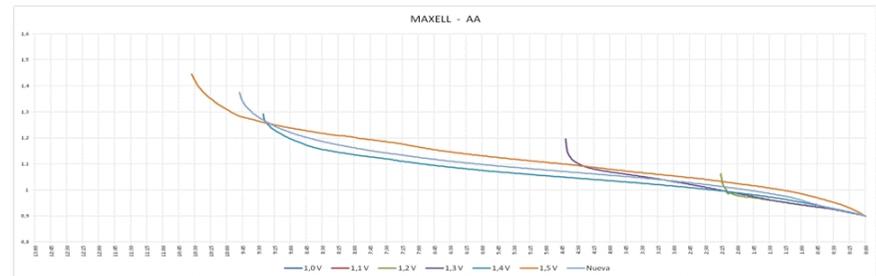
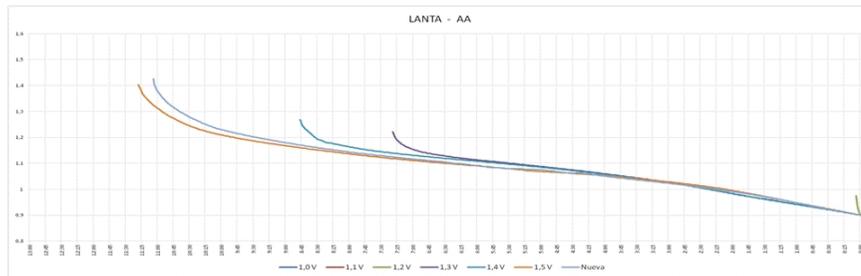
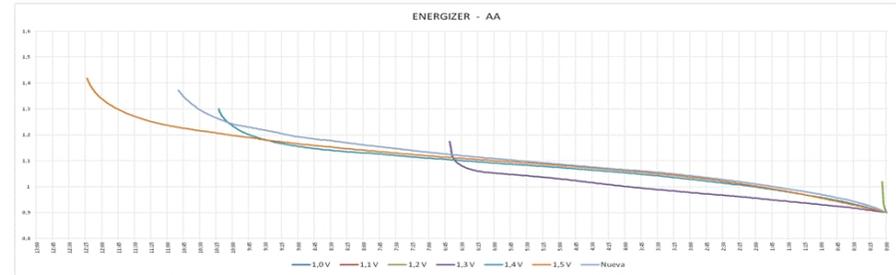
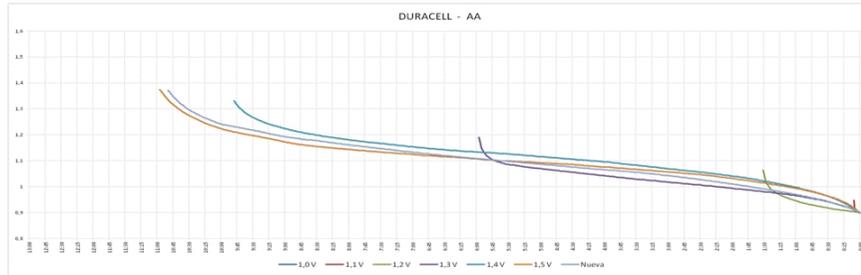
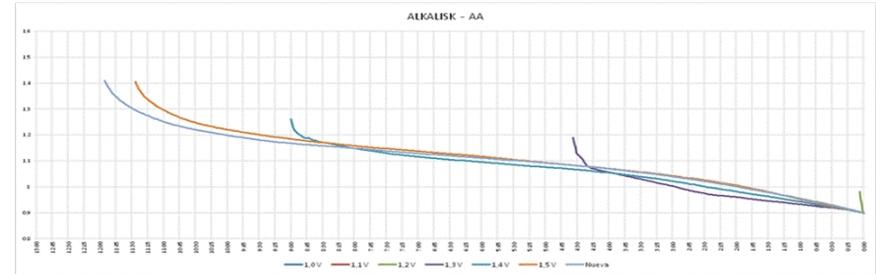
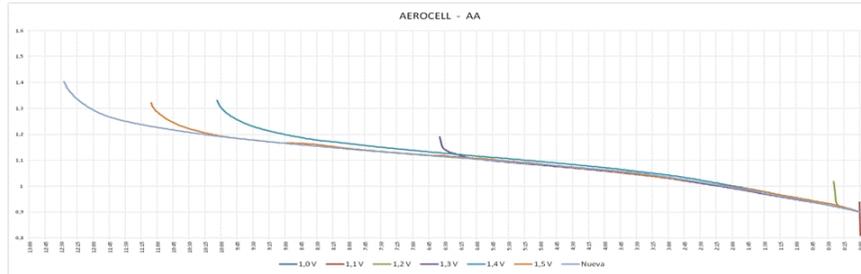
26
NOV

29
NOV

CONAMA 2018
CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE



PILAS USADAS AA - ALCALINA - DESCARGAS CON DIFERENTES VOLTAJES INICIALES



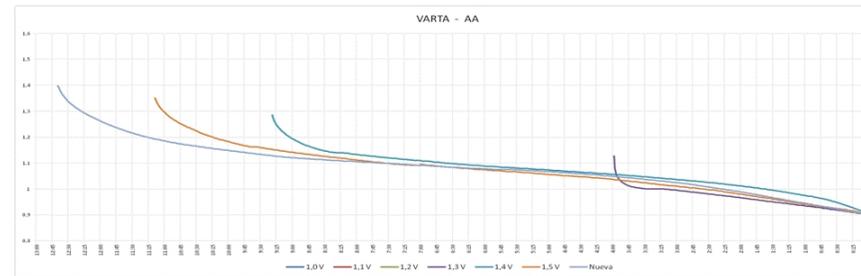
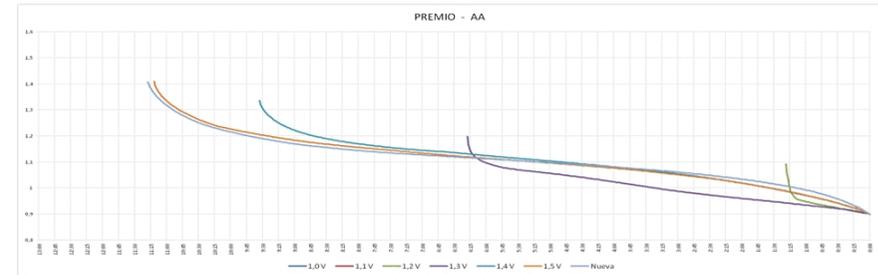
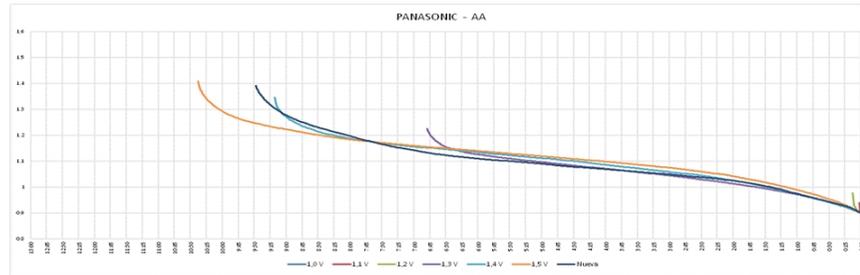
RUMBO 20.30.



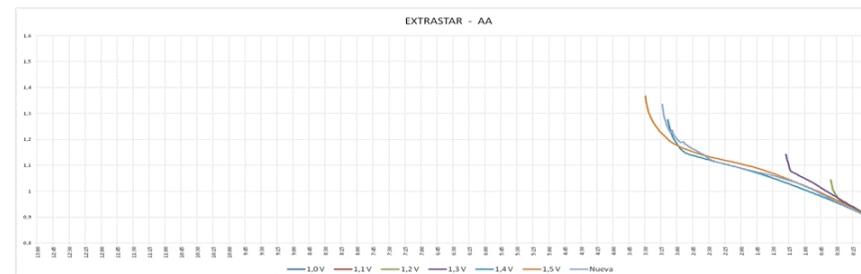
26
NOV

29
NOV

CONAMA 2018
CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE



PILAS USADAS AA - SALINA - DESCARGAS CON DIFERENTES VOLTAJES INICIALES



RUMBO 20.30.

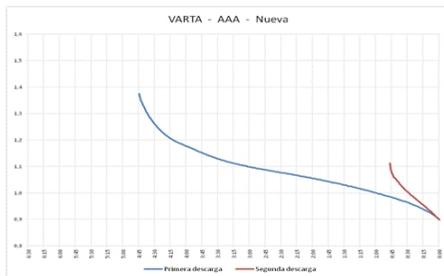
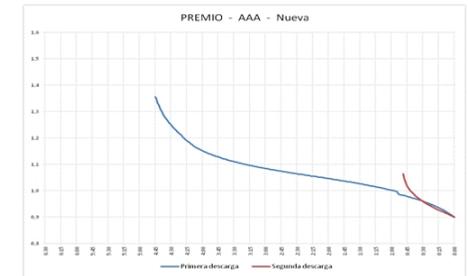
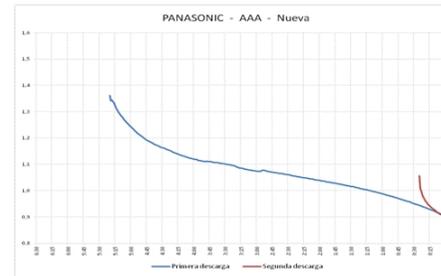
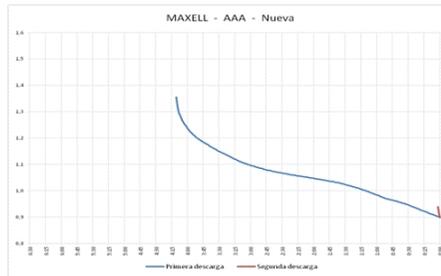
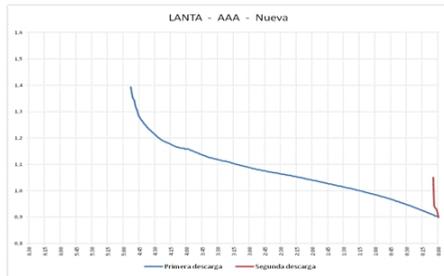
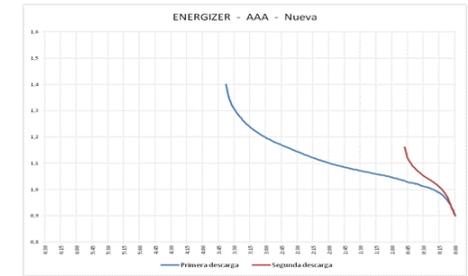
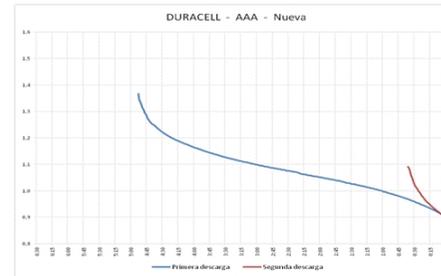
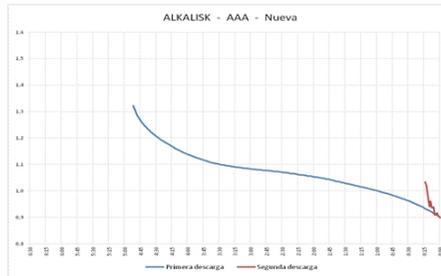
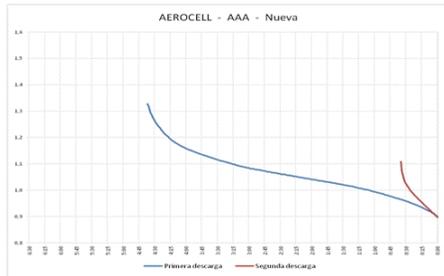


26
NOV

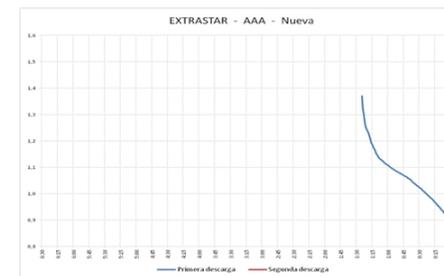
29
NOV

CONAMA 2018
CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

PILA NUEVA AAA - ALCALINA - DOBLE DESCARGA

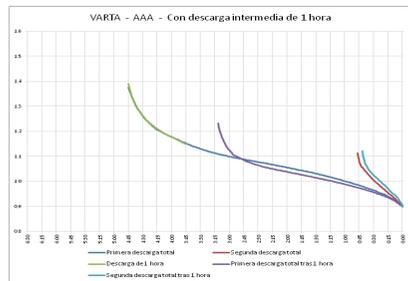
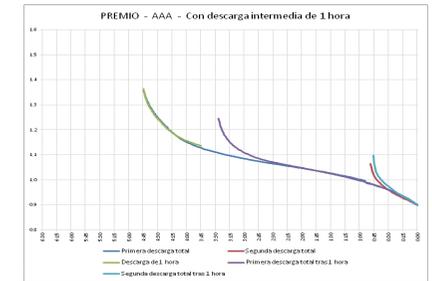
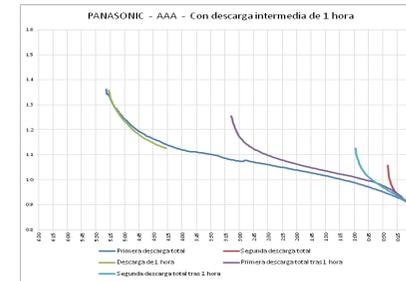
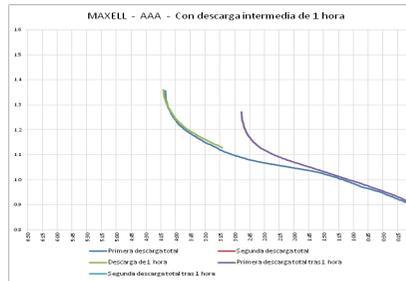
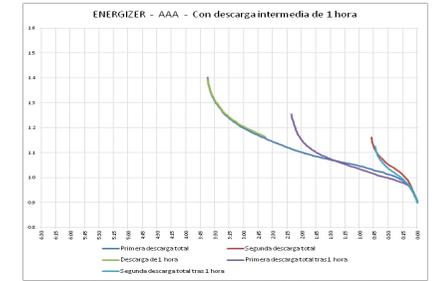
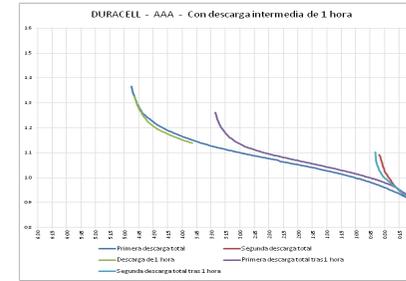
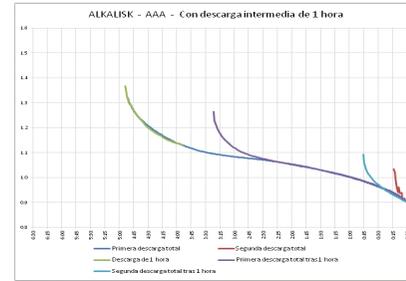
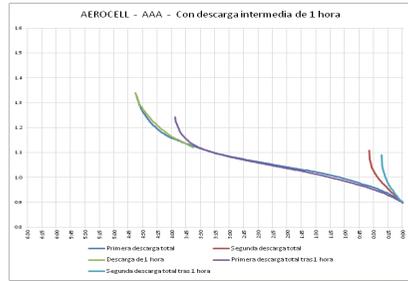


PILA NUEVA AAA - SALINA DOBLE DESCARGA





PILA NUEVA AAA - ALCALINA - DOBLE DESCARGA CON USO PREVIO DE 1 HORA



PILA NUEVA AAA - SALINA DOBLE DESCARGA CON USO PREVIO DE 20 MINUTOS



RUMBO 20.30.



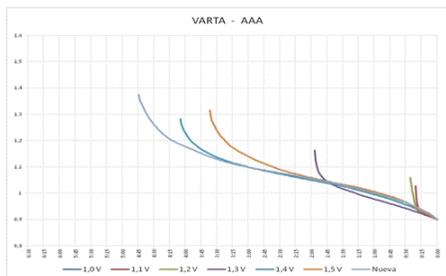
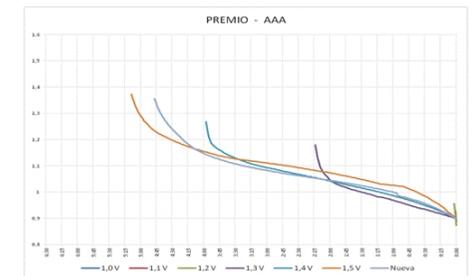
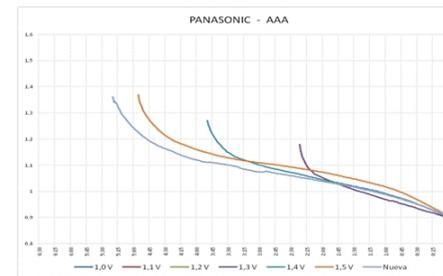
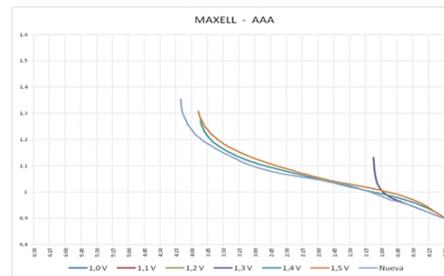
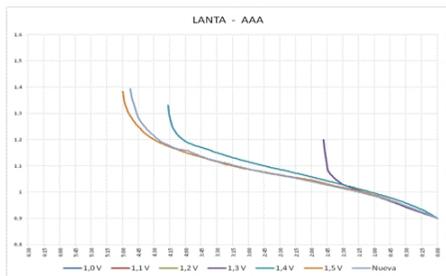
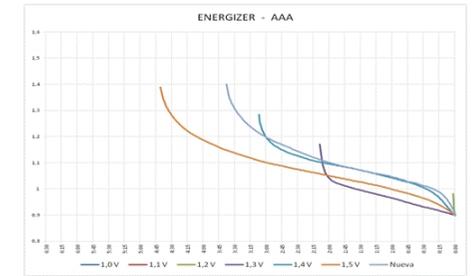
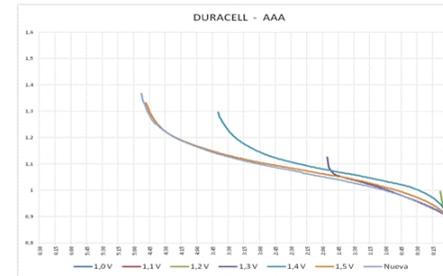
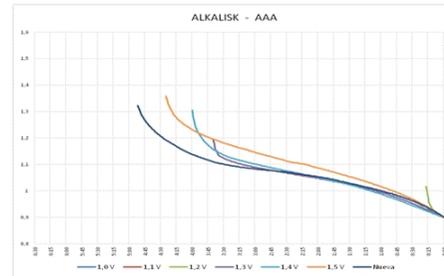
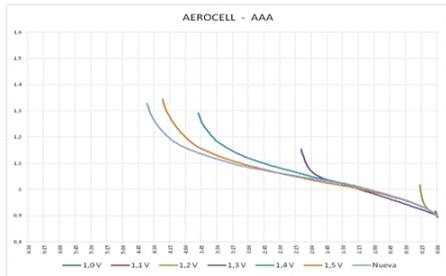
26
NOV

29
NOV

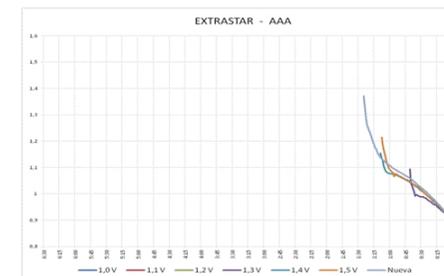
CONAMA 2018
CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE



PILAS USADAS AAA - ALCALINA - DESCARGAS CON DIFERENTES VOLTAJES INICIALES



PILAS USADAS AAA - SALINA DESCARGAS CON DIFERENTES VOLTAJES INICIALES



ANEXO 5

Para estimar la **trascendencia económica** que tiene nuestro comportamiento al tirar pilas AA y AAA sin estar gastadas totalmente necesitábamos determinar la proporción que suponen en el peso total de lo recuperado en los contenedores de recogida selectiva. Los de la Sierra del Rincón no nos servían al tener un depósito para pilas botón que no recogimos; los de los supermercados tampoco, al no llegar a vaciarlos completamente (siendo conscientes de que las pilas botón, más pequeñas, habrían caído hasta el fondo y por ello la muestra tomada no sería completa ni representativa). Nos quedaba entonces utilizar los datos de las muestras número 2 y 3 de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid (realizadas respectivamente el 3 de abril y 6 de septiembre de 2017), que sí suponen el total de lo depositado en siete meses (desde el 1 de febrero de 2017, fecha en que lo vaciamos por primera vez). Los pesos obtenidos para cada tipo de residuo fueron:

		Peso (g)	Porcentaje
Restos orgánicos		5	0,011
Papel		50	0,115
Plástico		18	0,041
Pilas	Acumuladores y otras baterías	905	2,074
	Pilas botón	325	0,745
	Pilas AA	24.732	56,688
	Pilas AA recargables	210	0,481
	Pilas AAA	10.338	23,696
	Pilas AAA recargables	57	0,131
	Otras pilas	6.893	15,800
Otros residuos peligrosos	Móviles	61 (1)	0,140
	Inyector de impresora	34 (1)	0,078
TOTAL		43.628	100

Hemos resaltado en negrita los datos necesarios para nuestro trabajo: los porcentajes (en peso) de los dos tipos de pilas con los que hemos trabajado (AA y AAA), excluidas las recargables. Eso querría decir que de las 620 T recogidas en 2015 en los contenedores de Madrid (COMUNIDAD DE MADRID, 2016), más de 350 serían de pilas AA y otras de 145 de AAA.

Las pilas recuperadas en las muestras “Consejería 2” y “Consejería 3” fueron:

Pilas AA	Total	Gastadas	Con carga (utilizables)		Proporción alcalinas/salinas
			Salinas	Alcalinas	
Consejería 2	466	219	28	219	7,75/1
Consejería 3	542	309	43	190	4,5/1
Total	1008	528	71	409	5,75/1

Pilas AAA	Total	Gastadas	Con carga (utilizables)		Proporción alcalinas/salinas
			Salinas	Alcalinas	
Consejería 2	481	248	52	181	3,5/1
Consejería 3	469	247	37	185	5/1

RUMBO 20.30.



26
NOV

29
NOV

CONAMA 2018
CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Total	950	495	89	366	4/1
-------	-----	-----	----	-----	-----

Como las marcas blancas vienen a ser aproximadamente dos tercios del total en ambas clases, el precio y peso medios a considerar serían:

	Proporción alcalinas/salinas	Precio medio pilas salinas	Precio medio pilas alcalinas	Precio ponderado
Pilas AA	1/5,75	0,175 €	0,432 €	0,394 €
Pilas AAA	1/4	0,175 €	0,432 €	0,381 €

	Proporción alcalinas/salinas	Peso medio de las pilas salinas	Peso medio de las pilas alcalinas	Peso ponderado
Pilas AA	1/5,75	0,016 Kg	0,023 Kg	0,022 Kg
Pilas AAA	1/4	0,0085 Kg	0,0115 Kg	0,011 Kg

Con todos estos datos podemos llegar así a esa estimación económica que buscamos:

	Porcentaje sobre los depósitos (%)	Peso sobre 620 T (T)	Voltajes (V)	Porcentaje (%)	Peso sobre 620 T (T)	Peso unitario ponderado (Kg)	Pilas (millones)	Porcentaje no aprovechado (%)	Precio unitario ponderado (€)	Valor (€)
Pilas AA	56,69	351,478	< 1	50,54	177,637	0,022	8,074	0	0,394	0
			1 a 1,2	16,01	56,272		2,558	33,33		335.917
			1,2 a 1,35	15,67	55,076		2,503	66,66		657.388,90
			> 1,35	17,78	62,493		2,841	100		1.119.354
Pilas AAA	23,69	146,878	< 1	51,87	76,186	0,011	6,926	0	0,381	0
			1 a 1,2	13,77	20,225		1,839	33,33		233.529,60
			1,2 a 1,35	14,51	21,312		1,937	66,66		491.948,80
			> 1,35	19,85	29,155		2,650	100		1.009.650
TOTAL										3.847.788,30

Si ampliásemos estas consideraciones a las 1730 T que se pusieron en el mercado en la Comunidad de Madrid durante 2015, el valor total tendría que multiplicarse casi por tres superando así, ampliamente, los **10,5 millones de euros**.

ANEXO 6

Incluimos aquí fotografías de algunos embalajes que hemos encontrado. Los más adecuados para una gestión correcta de nuestras pilas caseras permiten usarlas una a una, manteniendo el resto ordenadas: son la caja de *Alkalisk* (que facilita su reciclaje al ser solo cartón el material empleado) o los compartimentos individuales de *Varta*.



Otros, en cambio, convierten este intento en algo prácticamente imposible: los envoltorios de plástico de *Dayron* (también *Pairdeer*), la presentación en cartón de dos en dos de *Duracell* o las más habituales combinando plástico y cartón en un único compartimento (de *ExtraStar*, *Lanta*, *Maxell*, *Panasonic*, *Premio* o *Energizer*).



Estos últimos paquetes, una vez abiertos, hacen que si no se tiene mucho cuidado la mezcla de pilas sea inevitable. Las consecuencias son entonces muy graves.

PILAS AA - Batt 9 V - LIDL			Suma	En serie
92 1,60 V	289 1,51 V		3,11 V	3,10 V
92 1,60 V	215 1,33 V		2,93 V	2,92 V
92 1,60 V	266 1,15 V		2,75 V	2,74 V
92 1,60 V	61 0 V		1,60 V	1,40 V

PILAS AA - Batt 9 V - LIDL				Suma	En serie
92 1,60 V	175 1,59 V			3,19 V	3,18 V
92 1,60 V	175 1,59 V	289 1,51 V		4,70 V	4,69 V
92 1,60 V	175 1,59 V	215 1,33 V		4,52 V	4,50 V
92 1,60 V	175 1,59 V	266 1,15 V		4,34 V	4,32 V
92	175	61		3,19 V	2,95 V

1,60 V	1,59 V	0 V			
--------	--------	-----	--	--	--

PILAS AA - Batt 9 V - LIDL					Suma	En serie
92 1,60 V	175 1,59 V	186 1,57 V			4,76 V	4,75 V
92 1,60 V	175 1,59 V	186 1,57 V	289 1,51 V		6,27 V	6,26 V
92 1,60 V	175 1,59 V	186 1,57 V	215 1,33 V		6,09 V	6,08 V
92 1,60 V	175 1,59 V	186 1,57 V	266 1,15 V		5,91 V	5,88 V
92 1,60 V	175 1,59 V	186 1,57 V	61 0 V		4,76 V	4,50 V

PILAS AA - Batt 9 V - LIDL					Suma	En serie
92 1,60 V	175 1,59 V	186 1,57 V	355 1,59 V		6,35 V	6,34 V
92 1,60 V	175 1,59 V	186 1,57 V	355 1,59 V	289 1,51 V	7,86 V	7,85 V
92 1,60 V	175 1,59 V	186 1,57 V	355 1,59 V	215 1,33 V	7,68 V	7,67 V
92 1,60 V	175 1,59 V	186 1,57 V	355 1,59 V	266 1,15 V	7,50 V	7,48 V
92 1,60 V	175 1,59 V	186 1,57 V	355 1,59 V	61 0 V	6,35 V	6,06 V

Como en las últimas pruebas (con cinco pilas) alcanzamos los 8 V, hemos empleado siempre la escala *BATT 9 V* para tener siempre valores comparables. Con ella el multímetro que utilizamos proporciona medidas con solo dos decimales.

Todos los resultados de estos ensayos son concluyentes en cuanto al efecto que llega a tener la conexión en serie de pilas de diferentes voltajes, especialmente si están gastadas:

- El valor de las pilas nuevas en serie resultó casi exactamente el que en teoría les correspondería: la suma de sus valores individuales. La diferencia fue de apenas una décima de voltio.
- La inclusión de una pila con carga menor (incluso de 1,1 V) no influyó en la tensión del conjunto conectado en serie: lógicamente redujo el voltaje equivalente total, pero manteniendo esa décima de diferencia con la suma de los valores individuales.
- En cambio el uso de una pila sin carga fue trascendental: no solo no aportó tensión, lógicamente, sino que redujo la suma total del resto entre un 5 y un 10 % (en porcentaje mayor cuanto menor es el número de pilas).

En todos los casos resulta evidente así que incluir en una conexión en serie una pila gastada o de menor voltaje disminuye el del conjunto hasta dejarlo muy lejos del que sería necesario para hacer funcionar cualquier aparato que se conectase a ellas. Eso provocaría que el usuario las desechase todas, terminando varias pilas todavía cargadas en el contenedor de recogida selectiva.