



GRAVICAP

Carpeta Técnica

GraviCap

7mo 1ra Comisión A

Año 2024

**Alvarez Mollo, Fausto
Bianqui Kronemberger, Mariano Joaquín
Calleja, Tomás Joaquín
Donatti, Augusto
Felizia, Tatiana Milena
Sofía, Gabriel Jerónimo Takashi**



Índice

1	Preámbulo	2
1.1	¿Quiénes somos?	2
1.2	Contacto	3
1.3	Docentes a cargo	3
1.4	Información adicional	4
1.4.1	Tiempo total de realización	4
1.4.2	Lenguajes de programación utilizados	4
1.4.3	Programas utilizados	4
1.5	Agradecimientos	4
2	Introducción	5
2.1	GraviCap , ¿Qué es?	5
2.2	Beneficios	5
2.3	¿Por qué GraviCap ?	5
2.3.1	Almacenamiento de Energías Renovables	5
2.3.2	¿Por qué es necesario?	5
2.3.3	Beneficios del almacenamiento	5
2.3.4	Contaminación de Baterías	6
2.4	Estado del Arte	8
3	Cargador MPPT	10
3.1	¿Qué es MPPT?	10
3.2	Principio de funcionamiento	10
3.2.1	Convertidor DC-DC	10
3.2.2	Sistema de Control	10
3.3	Circuito	10
3.3.1	Esquemático	10
3.3.2	Resultado Final	10

1. Preámbulo

1.1. ¿Quiénes somos?

Fausto Alvarez Mollo

DNI: 46635570



Mail: faustoalvarezmollo@gmail.com



Desarrollo de electrónica y documentación.

Mariano Joaquín Bianqui Kronemberger

DNI: 47337141



Mail: marianobianqui@gmail.com



Desarrollo de Página Web.

Tomás Joaquín Calleja

DNI: 47031210



Mail: tomascalleja918@gmail.com



Desarrollo de Aplicación Móvil.

Augusto Donatti

DNI: 47057413



Mail: adonatti2005@gmail.com



Desarrollo de la Estructura.

Tatiana Milena Felizia

DNI: 47144482



Mail: tatianafelizia@gmail.com



Desarrollo de Software e Interfaz.

Gabriel Jerónimo Takashi Sofía

DNI: 46904826



Mail: gabrielsofia19@gmail.com



Desarrollo de Marketing.

1.2. Contacto

Mail de Contacto: gravicap.arg@gmail.com

Cuenta de Instagram: [@gravicap](https://www.instagram.com/gravicap)

1.3. Docentes a cargo

- Diego Palmieri
- Sergio Medina
- Fabrizio Carlassara
- Gabriel Argüello

1.4. Información adicional

1.4.1. Tiempo total de realización

- Día de Inicio:
- Total de Semanas para la finalización:
- Tiempo individual por semana: 8 horas.
- Tiempo de realización en horas:

1.4.2. Lenguajes de programación utilizados

- \LaTeX
- C#
- HTLM
- CSS
- Vue.js

1.4.3. Programas utilizados

- Overleaf
- Visual Studio Code
- Canva
- MarvelApp
- Photoshop
- KiCad

1.5. Agradecimientos

Agradecemos a la Asociación Cooperadora del [IMPA](#).

Agradecemos a [INVAP](#) y al Ingeniero Marcelo Leo.

Agradecemos al personal docente y no docente de la institución por el apoyo inmenso que nos dieron.

2. Introducción

2.1. GraviCap, ¿Qué es?

GraviCap consiste en un condensador de energía gravitatoria junto a un sistema de control de consumo.

Un condensador de energía gravitatoria, o batería de gravedad es una estructura que eleva una carga consumiendo energía eléctrica, para luego almacenarla en forma de energía potencial gravitatoria. El sistema de control de consumo, revisa constantemente el consumo de energía de la red, eligiendo el momento indicado para soltar la carga, que generará la energía cinética que, luego, será transformada en energía eléctrica por un generador.

2.2. Beneficios

GraviCap es un proyecto ideado para acompañar a los distintos generadores de energías renovables, adaptándose a las dimensiones que desee utilizar su consumidor acorde a la capacidad de su red eléctrica. Procura resguardar su huella de carbono al estar conformado por piezas simples sin requerimientos técnicos en demasía. Gracias a esto, pueden estar fabricadas por materiales reutilizados, derivados de materias primas locales o biomateriales. Permite prescindir aquellos materiales que perjudican al ambiente durante su producción o con su posterior desecho, ya que no hay materiales peligrosos para proteger.

Almacenar energía gravitatoria nos permite ser también sustentables, ya que depende únicamente de un peso y la altura. El almacenamiento de energía es una problemática cada vez mayor, y con un planeta con crecientes problemas ambientales surgen problemas si estos son contaminantes.

2.3. ¿Por qué GraviCap?

Siempre que se presenta un producto innovador surge una problemática, ¿Por qué usarlo y no usar un método más convencional? En este caso, ¿Por qué usar **GraviCap** y no una batería convencional?

2.3.1. Almacenamiento de Energías Renovables

Con la cada vez más creciente demanda y utilización de las energías renovables, como la eólica y la solar, nos encontramos con el principal problema que conllevan. Al depender de fenómenos meteorológicos para producir energía, se vuelven impredecibles y variables, cuando la red eléctrica exige una entrega constante.

Para rectificar su entrega, la solución predilecta es acompañar al generador de una batería que almacene el excedente producido en momentos de superávit energético, y entregue en los momentos de déficit.

Así surge una situación compleja: ¿Cómo almacenamos energía? Se presentan dos principales escenarios:

- Almacenar de forma eficiente el exceso: Cuando las condiciones son tan favorables que se produce más de lo que se demanda.
- Recuperar el exceso: Cuando las condiciones no son favorables, la energía producida no es suficiente para cubrir la demanda.

2.3.2. ¿Por qué es necesario?

El almacenamiento de energía representa una excelente oportunidad para la integración de fuentes renovables en el sistema eléctrico. No solo implica una mejora en la flexibilidad y seguridad del sistema, sino también un aumento en su eficiencia global.

Desde la perspectiva de las empresas de servicios públicos, la estrategia de almacenamiento ofrece una manera efectiva de reducir los costos de generación eléctrica. Almacenar la electricidad durante las horas valle, es decir, durante la noche cuando la demanda es baja, y luego descargarla durante las horas punta del día, cuando la demanda alcanza su pico máximo, se traduce en beneficios sustanciales. Cuanto mayor sea la disparidad entre la demanda en las horas punta y valle, mayores serán los beneficios derivados del almacenamiento de energía.

Además de los beneficios económicos, esta práctica también conduce a una generación más uniforme de energía, lo que a su vez mejora la eficiencia general del sistema. La capacidad de suavizar las fluctuaciones en la generación de energía contribuye a una operación más estable y confiable del sistema eléctrico en su conjunto. En resumen, el almacenamiento de energía no solo ofrece ventajas económicas, sino que también promueve una operación más eficiente y sostenible del sistema eléctrico.

2.3.3. Beneficios del almacenamiento

Para el transporte y la distribución energética:

- Aumentar la eficiencia de la red, cuando hay congestión en la red no hay tiempo para satisfacer la demanda y el almacenamiento ayuda a liberar esta congestión.
- Aumentar la capacidad efectiva de transporte y distribución debido a las posibilidades de carga y descarga a alta velocidad.

- Incrementar la capacidad de distribuir energía cerca del consumo, reduciendo las pérdidas técnicas y la congestión.

Para el consumidor:

- Continuidad de suministro, si se producen fallos en las redes el almacenamiento ayudará a mantener constante el suministro.
- Reducción de costes, las empresas eléctricas pueden fijar precios variables en el tiempo (menor precio por la noche y mayor por el día) para dar un incentivo a los consumidores; al aplanar la curva de la demanda.

Para la generación de energía:

- Incrementar la fiabilidad del sistema, cuando la generación es mediante una fuente de energía renovable, sol o viento, con el almacenamiento se asegura el suministro, aunque no brille el sol o no haya viento.
- Arbitraje de energía en tiempo real.
- Regulación de tensión y corriente.

2.3.4. Contaminación de Baterías

En el panorama actual, el uso de baterías ha experimentado un crecimiento exponencial, impulsado por avances tecnológicos, la creciente demanda de dispositivos electrónicos portátiles y la transición hacia vehículos eléctricos. Este aumento en la adopción de baterías como fuente de energía móvil ha generado una preocupación creciente sobre la gestión adecuada de los residuos resultantes de su desecho.

Las baterías, en su variedad de formas y tipos, contienen una combinación de elementos que pueden ser perjudiciales para el medio ambiente y la salud humana. Entre estos componentes se encuentran el mercurio (Hg), el cadmio (Cd), el plomo (Pb), el níquel (Ni), el manganeso (Mn) y el zinc (Zn), sustancias que, si no se manejan adecuadamente, pueden contaminar el suelo y el agua, y representar un riesgo para la vida silvestre y los ecosistemas.

Según el tipo de electrolito que contienen, las baterías pueden ser clasificadas en secas o húmedas. Las baterías de uso doméstico típicamente tienen electrolito seco, el cual puede ser alcalino o ácido, como se detalla en la tabla 1. En algunos casos particulares, el electrolito ácido puede estar contenido en un gel, el cual está cubierto por un material permeable o de fibra de vidrio para su seguridad y manejo adecuado.

La duración y el tipo de manejo requerido también son factores determinantes en la clasificación de las baterías, agrupándolas en primarias o desechables, y secundarias o recargables. Por lo general, para propósitos comerciales y técnicos, las baterías son tipificadas según sus componentes, lo cual puede observarse en las tablas 1 y 2.

Tipos de Pila	Componentes Principales
Carbono-Zinc (C-Zn)	Zinc 17 % (Anódo) Dióxido de Manganeso 29 % (Cátodo) Carbón 7 % Mercurio 0,01 % (Anódo, Cátodo y Electrolito) Cadmio 0,08 % Cloruro de Amonio (Electrolito) Plástico y Lámina 26 %
Alcalinas	Zinc 14 % (Anódo) Dióxido de Manganeso 22 % (Cátodo) Carbón 2 % Mercurio 0,5 % a 1 % (Anódo) Hidróxido de Potasio (Electrolito) Plástico y Lámina 42 %
Óxido de Mercurio (HgO)	Óxido de Mercurio (33 % Hg) (Cátodo) Zinc 11 % (Anódo) Hidróxido de Potasio o Hidróxido de Sodio (Electrolito) Plástico y Lámina 29 %
Zinc-Aire (Zn-Aire)	Zinc 30 % (Anódo) Óxigeno (Del Aire, Cátodo) Mercurio 1 % Plata 1 % Plástico y Lámina 67 % Cloruro de Sodio o Hidróxido de Sodio (Electrolito)
Óxido de Plata (AgO2)	Zinc 10 % (Anódo) Óxido de Plata 27 % (Cátodo) Mercurio 1 % Cloruro de Sodio o Hidróxido de Sodio (Electrolito) Plástico y Lámina 29 %
Litio (Li)	Litio 10 % a 30 % Dióxido de Manganeso (Cátodo) Plástico y Lámina 29 %

Tabla 1: Componentes principales de las pilas primarias (Desechables) [1]

Níquel-Cadmio (Ni-Cd)	Cadmio (Cd) 18 % Níquel (Ni) 20 % Hidróxido de Potasio o de Sodio
Níquel-Metal Hidruro (Ni-MH)	Níquel (Ni) 25 % Hidróxido de Potasio
Ión-Litio (Ión-Li)	Óxido de Litio-Cobalto (Cátodo) Carbón altamente cristalizado (Anódo) Solvente orgánico (Electrolito)
Plomo (Pb)	Plomo Ácido Sulfúrico

Tabla 2: Componentes principales de las pilas secundarias (Recargables) [1]

Las pilas de C-Zn, utilizadas en los dispositivos electrónicos más comunes, son propensas a quemarse por sobrecalentamiento. Una vez quemadas liberan altas cantidades de metales pesados al ambiente en una reacción exotérmica incontrolable. Existen estudios que indican que el 35 % de la contaminación de mercurio producida es a causa de la quema de baterías de C-Zn junto con la basura común.

También, estudios médicos han demostrado que un alto nivel de mercurio en la sangre provoca cambios de personalidad, pérdida de visión, sordera, problemas en los riñones y pulmones. Es altamente peligroso para las mujeres embarazadas. La vía principal de exposición al mercurio elemental es por inhalación de sus vapores. Cerca del 80 % de los vapores inhalados es absorbida por los tejidos pulmonares. Este vapor también penetra con facilidad la barrera de sangre del cerebro y su neurotoxicidad está bien documentada.

La absorción intestinal de mercurio elemental es baja. El mercurio elemental puede oxidarse en los tejidos corporales a la forma divalente inorgánica.

Se han observado trastornos neurológicos y de comportamiento en seres humanos tras inhalación de vapor de mercurio elemental. Algunos de los síntomas son: temblores, labilidad emocional, insomnio, pérdida de la memoria, cambios en el sistema neuromuscular y dolores de cabeza. Se han observado asimismo efectos en el riñón y la tiroides. Las exposiciones altas también han ocasionado mortalidad.

La mayoría de las pilas y baterías recargables, actualmente carecen de mercurio.

Sin embargo contienen hasta un 15 % níquel y cadmio, dos metales pesados tóxicos. El cadmio emitido al ambiente se disuelve parcialmente en el agua pero no se degrada, por lo que las plantas y animales asimilan este metal, permaneciendo en el organismo durante largo tiempo.

El cadmio es calificado como cancerígeno, causante de trastornos en el aparato digestivo, produce lesiones en los pulmones. Al ingerirse se acumula en los riñones. El efecto adverso más común de exposición al níquel es una reacción alérgica, algunas personas podrían sufrir ataques de asma luego de períodos de exposición. Ciertos compuestos del níquel son posiblemente carcinógenos para los seres humanos. La exposición a niveles de manganeso muy altos durante largo tiempo ocasiona perturbaciones mentales y emocionales, y provoca movimientos lentos y faltos de coordinación.

Dado que el mayor volumen consumido de pilas son alcalinas y de carbón-zinc (aproximadamente el 76 % del consumo total), el óxido de manganeso contenido en ellas es el contaminante que en mayor volumen se ha liberado al medio ambiente.

Las pilas tardan más de 1000 años en degradarse, sus componentes son altamente contaminantes y no se degradan, pueden empezar a separarse luego de 50 años al aire libre. Los metales de mayor preocupación, presentes en las pilas de uso doméstico son el Hg, Cd, Mn, Ni, y Zn.

Aunque el litio en sí mismo no es considerado como un contaminante, es importante tener en cuenta que muchos de los componentes empleados en las baterías que contienen litio pueden ser altamente perjudiciales para el medio ambiente y la salud humana. Por ejemplo, el cobalto, un metal comúnmente utilizado en este tipo de baterías, es altamente tóxico. La exposición al cobalto puede provocar una serie de efectos adversos para la salud, como vómitos, náuseas, problemas de visión, trastornos cardíacos y daños en la tiroides. Esta información destaca la importancia de no solo considerar el impacto ambiental directo de las baterías, sino también los efectos secundarios asociados con los materiales utilizados en su fabricación.

2.4. Estado del Arte

Actualmente, en el ámbito global, existe únicamente una empresa que se dedica a la construcción de Baterías de Gravedad conocida como **Energy Vault** con sede en Suiza. La empresa ha logrado construir baterías en el mundo como **una batería en China** o **un proyecto en Australia**.



Figura 1: Proyecto de Construcción en Zhangye, China

Energy Vault no se dedica a la comercialización directa de estas, sino que se construyen a pedido del usuario.

En GraviCap, nuestro enfoque es totalmente opuesto. Nos esforzamos por empoderar al usuario brindándole el conocimiento necesario para construir su propio sistema y proporcionándole una guía detallada sobre los materiales adecuados para llevar a cabo el proyecto.

3. Cargador MPPT

3.1. ¿Qué es MPPT?

Maximum Power Point Tracking es una técnica utilizada en cargadores para obtener la máxima potencia posible cuando las condiciones de alimentación son inestables.

En los sistemas que utilizan, por ejemplo, energía solar la energía entregada depende de factores como la cantidad de luz, sombra, temperatura de los paneles, entre otras cosas. Cuando las condiciones son inestables, la impedancia característica que establece el punto de transferencia de potencia varía. Así, el sistema es optimizado cuando las condiciones de la carga varían. A esto se le llama **MPP** (*Maximum Power Point*) y al proceso **MPPT**

3.2. Principio de funcionamiento

3.2.1. Convertidor DC-DC

Para convertir de un voltaje de continua de entrada mayor a uno menor, existen una infinidad de opciones. Se podría realizar un divisor resistivo, el cual disipa la potencia que no querremos, que sería poco eficiente. Para ocasiones en las que se busca conservar la máxima eficiencia posible con la mínima pérdida de potencia posible.

3.2.2. Sistema de Control

Si uno logra variar la frecuencia con la que ese switch se abre y se cierra, y al mismo tiempo medir la corriente y la tensión recibida en la carga, se puede diseñar un sistema de control que, teniendo en cuenta esas variables, varíe esa frecuencia del interruptor con esas mediciones como realimentación, controlando una o la otra.

El sistema de control que utilizamos es un control proporcional integral, o PI, siendo la aplicación de un control proporcional y uno integral al mismo tiempo.

La parte proporcional de un control es el producto entre la señal de error ($e(t)$) y la constante proporcional (K_p). Variando (K_p) se cambia la velocidad del control. Pero solo con un control proporcional se tiene error en régimen permanente, ya que este tipo de control requiere de error para entregar señal de control. La fórmula matemática que responde a esto es:

$$P_{sal} = K_p \times e(t) \quad (1)$$

3.3. Circuito

3.3.1. Esquemático

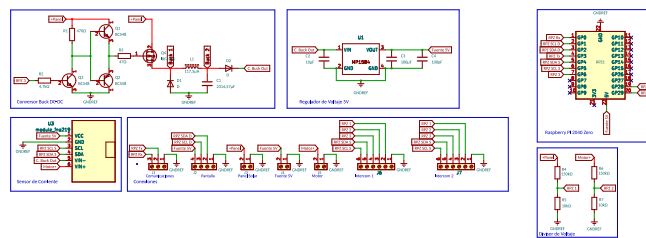


Figura 2: Esquemático del MPPT de GraviCap

3.3.2. Resultado Final