

**ANEXO No. 1 DEL CONTRATO DE SUBSIDIO ECONÓMICO No. \_\_\_\_\_**

**PLAN DE TRABAJO**

De conformidad con lo establecido en el artículo 48 de la Resolución de Junta Directiva de la **SENACYT**, No. 01 de 13 de enero de 2022, se agrega el Anexo No. 1 del presente Contrato de Subsidio Económico, que contiene el Plan de Trabajo adecuado del Proyecto “**Desarrollo de dispositivos de almacenamiento de energía con materiales y métodos sostenibles**”, beneficiado dentro de la **Convocatoria Pública de Fomento a I+D (FID) 2022**, de conformidad con las siguientes cláusulas:

**CLÁUSULA PRIMERA:**

**DATOS DEL BENEFICIARIO**

**Nombre Completo** Centro de Estudios Multidisciplinarios en Ciencias, Ingeniería y Tecnología (CEMCIT-AIP)  
**Representante Legal** Héctor M. Montemayor Á.  
**Número de cédula** 9-68-267  
**Fecha de nacimiento** 19 de junio de 1941  
**Lugar de nacimiento** Veraguas, Las Palmas  
**Nacionalidad** Panameña  
**Dirección postal** 0819-07289  
**Teléfonos** 560-3759 / 3178  
**Correo electrónico** [hmontemayor@cemcit.org.pa](mailto:hmontemayor@cemcit.org.pa)

**DATOS DEL INVESTIGADOR PRINCIPAL**

**Nombre Completo** Elida I. de Obaldia  
**Número de cédula** 4-138-2260  
**Fecha de nacimiento** 2 de marzo de 1960  
**Lugar de nacimiento** Chiriquí, David  
**Nacionalidad** Panameña  
**Teléfono (fijo y móvil)** 560-3757/6576 1821  
**Correo electrónico** [elida.deobaldia@utp.ac.pa](mailto:elida.deobaldia@utp.ac.pa)

**TIEMPO TOTAL DE EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA:** 24 meses

**MONTO TOTAL DEL PROYECTO:** B/. 200,000.00

## 1. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

De acuerdo con el New York Times, [1] los científicos concuerdan que para evitar los efectos más catastróficos del cambio climático, los países deben, de forma prioritaria e inmediata alejarse de la energía sucia como lo son el carbón, el petróleo y el gas y es su lugar recurrir a fuentes de energía renovables como la energía eólica, solar o nuclear. Según el reporte del Consejo para la Energía Mundial (World Energy Counsel), [2] Panamá califica alto en la sostenibilidad ambiental, porque posee los recursos naturales renovables en abundancia, así mismo califica alto en la equidad de energía por su infraestructura y el bajo costo de los insumos. Sin embargo, califica bajo en la seguridad energética por su bajo nivel de diversificación, la falta de almacenamiento energético y la dependencia a la importación. El plan energético de Panamá propone que para el 2050, el 77% de la energía en Panamá proveerá de una combinación entre hidroeléctrica y energías renovables. [3]

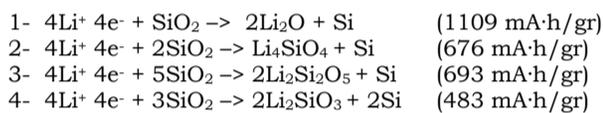
El desafío de los “Objetivos de Desarrollo Sostenible” (ODS), especialmente el 7 y 9, de garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos y construir infraestructuras resilientes, promoviendo la industrialización inclusiva y sostenible y fomentando la innovación encaja directamente con los objetivos de esta propuesta. Esta propuesta se enfoca en encontrar soluciones a la cuestión de dispositivos disponibles para el almacenamiento energético en un país como Panamá, tomando en cuenta el abanico de opciones, así como las necesidades y retos del país utilizando materiales y métodos sostenibles.

El estudio de baterías desde sus inicios ha causado gran interés debido a la gran cantidad de aplicaciones que ofrece el almacenamiento de la energía eléctrica utilizando las características electroquímicas de los materiales. Las baterías han jugado y siguen jugando un papel importante en nuevos avances tecnológicos. El estudio teórico y empírico de las propiedades químicas, físicas y estructurales ayudan a determinar el potencial para la creación de baterías. El número de combinaciones posible de elementos, compuestos, nanoestructuras tomando en cuenta las propiedades electroquímicas de estos materiales y su afinidad para provocar reacciones de oxidación y reducción han aportado a mantener esta área del conocimiento activa, (Scopus tiene más de 250,000 artículos relacionados a baterías en los últimos 8 años). Nuevos materiales, especialmente nanomateriales tienen el potencial de almacenar energía no sólo por sus propiedades electroquímicas sino también por sus propiedades estructurales en la nano-escala. La importancia de estudiar nuevos nanomateriales con vistas a aplicaciones en baterías y otros dispositivos podría resultar en nuevas tecnologías. El mapa conceptual de baterías de capacidad vs. densidad determina el tipo de aplicaciones. Litio (Li), por su gran potencial electroquímico junto a su baja densidad [15], continúa siendo el elemento esencial para el funcionamiento de baterías para dispositivos móviles. Por otro lado, baterías o supercondensadores que se puedan utilizar para el almacenamiento de energías en lugares remotos, tienen otro perfil, por ejemplo, el uso de baterías de bajo rendimiento, pero con materiales accesibles a la comunidad que se puedan utilizar para almacenar energías renovables como las baterías comerciales de ácido de plomo [16] y más recientemente el uso de la reacción de reducción de oxígeno en sistemas de metal-aire con electrolito acuoso [17]. Es nuestro interés explorar el espectro de posibilidades en la búsqueda de soluciones sostenibles a mediano plazo.

Materiales sostenibles son aquellos que están disponible a bajo costo por su abundancia en la naturaleza, o que son desechos de otros procesos, o los que pueden ser reciclables o reutilizados. Igualmente, los procesos sostenibles son procesos que son de fácil implementación y que no producen contaminación adversa.

Entre los materiales sostenibles, contamos con fósiles de diatomeas que se encuentran en la tierra de diatomeas, un compuesto que mantiene su estructura fosilizada y cuya composición es alrededor de 90% silicio amorfo ( $\text{SiO}_2$ ), 7% alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), 2% óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) y trazas de otros elementos. Este material se ha

utilizado para almacenar energía térmica en materiales de construcción [21] así como material de estructura para electrodos anódicos para LIBs, supercapacitores y celdas solares. [22] La principal propiedad de este material es su estructura micro y nano espacial como se puede apreciar en la Figura 2 (a). Blanco et al [23] han demostrado que se puede utilizar el SiO<sub>2</sub> que se encuentra en la estructura directamente como el material activo para la reacción electroquímica que produce la energía eléctrica. Esta reacción ha sido estudiada previamente en forma empírica [24] y teóricamente [25], en la cual se determina que la litación del SiO<sub>2</sub> ocurre espontáneamente (Energía libre de Gibbs < 0), y puede ocurrir por algunas de las siguientes reacciones dependiendo de la estructura del cristalina del SiO<sub>2</sub>, la temperatura y la presencia de oxígeno e hidrógeno:



Las capacidades teóricas por cada reacción al lado de cada reacción demuestra que un electrodo de Silica tiene mayor capacidad que uno de grafito, actualmente utilizado. Se realizará un estudio comparativo del tamaño de las diatomeas.

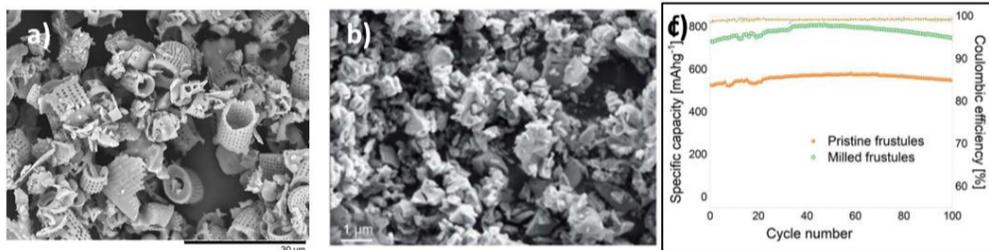


Figura 1- Imágenes de diatomeas fosilizadas a) pristinas, b) después de ser pulverizadas y c) Capacidad específica y eficiencia columbica de electrodos utilizando diatomeas.[23]

El mayor problema de un electrodo de silicio primordialmente, y silicia secundariamente es el problema de expansión volumétrica debido al cambio de estructura. Es por ello que se han buscado soluciones donde se incrementa el área superficial del material activo, como el uso de diatomeas. La investigación en los electrodos de diatomeas también puede generar conocimiento en la factibilidad de utilizar este material como electrodos para supercapacitores. [26].

El grupo de la proponente (Dra. Elida de Obaldía) ya cuenta con experiencia en el desarrollo de sistemas de almacenamiento de energía. Los resultados preliminares obtenidos durante la ejecución de la propuesta FDI17-18 (de la misma proponente) muestran que hay litación en los granos de frontera de las películas de N-UNCD. Estos resultados no fueron publicados, porque de ser factible, pueden ser acreedores de una patente. La figura 1 muestra los resultados de una media celda construida con un electrodo de cobre, con una capa de 40 nm de Tungsteno (W) para crecer la película de N-UNCD. El espectro Raman en la Figura 1 (a) muestra la característica estructura química demostrada previamente para películas de N-UNCD. La Figure 1 (b) muestra curvas de descarga, donde se estaría litando la película de N-UNCD, que sospechamos ocurre en las fronteras de grano, donde existe enlaces incompletos [18] que podrían servir para la formación de Li<sub>x</sub>C<sub>6-x</sub>, o LiH o inclusive LiN. El estudio y desarrollo de diamante policristalino para aplicaciones energéticas no se ha agotado como se infiere de la Figura 1(c). [19]

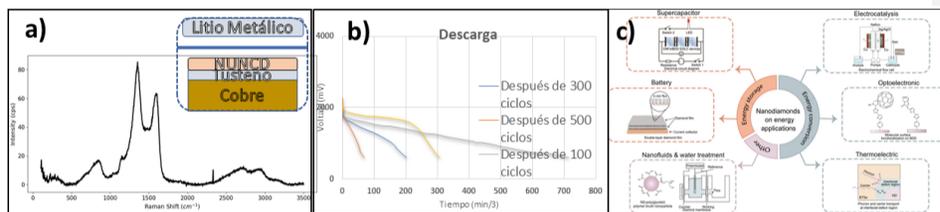


Figura 2- a) Espectro de Raman de N-UNCD crecida sobre ánodo de W (40 nm)/Cu; b) Curvas de descarga de una batería de media celda construída con ánodo / N-UNCD/W (40 nm)/Cu y cátodo de Li; c) el rol de diamante en el abanico de aplicaciones para el almacenamiento energético [20]

Los materiales basados en nano-diamantes ofrecen un abanico de aplicaciones para el desarrollo de dispositivos para el almacenamiento energético. [20], como se puede apreciar en la figura 1c. En particular los nanodiamantes pueden servir como supercapacitores electroquímicos, propiedad que se puede medir utilizando una celda electrolytica.

Las investigaciones propuestas en este trabajo son en parte la continuación del trabajo de investigación en baterías, resultados de proyecto de SENACYT (FDI17-18) que se realizó enfocado en optimizar el desarrollo de películas de N-UNCD para recubrimiento de ánodos de LIBs. Entre los resultados del proyecto se puede destacar: el desarrollo tecnológico de un material transformativo, grafito recubierto de una película de N-UNCD (que se utilizó para la fabricación de baterías de iones de Litio. Se logró la data para la confección de 3 artículos con 2 artículos en etapa de manuscrito. Además de los logros tecnológicos, se logró la formación de tres estudiantes de pregrado, quienes participaron en la Jornada de Iniciación Científica con data obtenidos durante la realización de este proyecto. El joven asistente de laboratorio, Magister Daniel Villarreal, adquirió aceptación y una beca doctoral de Senacyt para continuar sus estudios en la Universidad de Texas en Dallas. Se adquirió un analizador de baterías y una estación de electroquímica, la cual reside hoy en día en el laboratorio Pierre Marie Curie. Los conocimientos adquiridos en la etapa anterior acoplado con la nueva colaboración internacional con el Dr. Enrique Quiroga, profesor investigador del Instituto de Física de la **BUAP** y representante de la **Red de Almacenamiento de Energía de México** [5]–[9], [9]–[13] con amplio conocimiento en el área de dispositivos para el almacenamiento energético permiten que el grupo amplíe el área de investigación de la siguiente manera:

1. Estudio preliminar del estado de los dispositivos para el almacenamiento energético (DAEs) en Panamá y las necesidades de estos que sirvan para marco de la generación de soluciones en el taller de innovación
2. Realización de un taller *de innovación y creación de patentes* con el simple propósito de crear una lista de ideas factibles para la elaboración de dispositivos para el almacenamiento energético. Estos talleres han resultado exitosos, de tal forma que en el 2018 Panamá se convirtió en el país con más aplicaciones de patentes en la región, llegando a ser reconocido en el puesto 70 a nivel mundial.[14]
3. Estudio de la litación de las fronteras de grano en UNCD y N-UNCD como electrodo para baterías de Iones de Litio. Data preliminar de películas de N-UNCD/W crecidas sobre Cu ó UNCD/W crecidas sobre Cu sugiere que puede ocurrir un grado de litación. Esta tecnología no ha sido publicada, y de ser cierta la hipótesis resultaría en una patente.
4. Estudio de materiales y métodos sostenibles para elaborar, desarrollar y caracterizar electrodos para baterías y supercapacitores en el caso específico de la tierra de diatomeas cuya estructura y composición prometen resultados alentadores.

## **2. JUSTIFICACIÓN Y PROBLEMA A INVESTIGAR**

En la visión de águila, un gran desafío que afronta Panamá es la falta de industria basada en nuevos desarrollos tecnológicos con nuevas innovaciones que sean eventualmente generadores de empleo. Acoplado al subdesarrollo tecnológico, se encuentra la necesidad de producir y almacenar energía renovables en el país [3]. Además, los desafíos de los “Objetivos de Desarrollo Sostenible” (ODS), especialmente el 7 y 9, de garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos y construir infraestructuras resilientes, promoviendo la industrialización inclusiva y sostenible y fomentando la innovación, encaja directamente con los objetivos de esta propuesta. Esta propuesta busca fomentar los fundamentos para a largo plazo encontrar soluciones a la cuestión de dispositivos disponibles para el almacenamiento energético en un país como Panamá, tomando en cuenta el abanico de opciones, así como las necesidades y retos del país utilizando materiales y métodos sostenibles.

Esta propuesta continua la visión de ser un centro de conocimientos en el área de dispositivos para el almacenamiento de energía. Si bien la visión del país es tener un 77% de su energía producida por energía renovables para el 2050, es indispensable adquirir conocimientos por medio de la investigación y desarrollo y la transferencia de conocimiento de este tipo de dispositivos. Esta propuesta cuenta con alianzas internacionales importantes como es la participación activa del Dr. Enrique Quiroga de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla quien es el representante de la Red Mexicana de Almacenamiento de Energía. La continua alianza con el Dr. Orlando Auciello de la Universidad de Texas en Dallas, es también una forma importante de continuar el estudio del desarrollo de LIBS basado en las fronteras de grano de las películas de UNCD or N-UNCD, que produjeron resultados preliminares interesantes. Se estará investigado las estructuras 3 dimensionales (3D) de las diatomeas como electrodo anódico con características superiores para LIBS [23], así como la utilización de estos electrodos para supercapacitores [22]. Parte importante de los resultados de la propuesta es la innovación, utilizando la metodología exitosa del CAF, que llevó a Panamá a ser el país de la región con más aplicaciones de patentes [14], para generar ideas patentables, en el marco de este proyecto, y desarrollar una lista de ideas que se puedan investigar y desarrollar posteriormente.

## **3. PERTINENCIA EN RELACIÓN CON EL PLAN ESTRATÉGICO NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (PENCIYT) 2019-2024 y/u otros planes nacionales**

El desafío de los “Objetivos de Desarrollo Sostenible” (ODS), especialmente el 7 y 9, de garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos y construir infraestructuras resilientes, promoviendo la industrialización inclusiva y sostenible y fomentando la innovación, encaja directamente con los objetivos de esta propuesta utilizando el recurso humano altamente calificado que existe en la Universidad Tecnológica y las necesidades energéticas del país. No podemos saltar de la necesidad a la innovación sin tener una base del conocimiento básico y aplicado del tema.

En el Capítulo 3 del PENCIYT [27] queda claro que uno de los pilares de del plan estratégico de Panamá es el “apoyo a la transformación universitaria como piedra angular para dar un salto de calidad en materia de recursos humanos de alto nivel que acerque al país a una economía de conocimiento”. Uno de los objetivos es de dotar al país con el desarrollo de capacidades propias. Existen varios ejemplos de países que invirtieron en CTI como camino a una nueva economía con resultados positivos [28]. Inclusive en Panamá hay evidencias de que la inversión en investigación e innovación contribuyen al desarrollo del país [27][29]. Para alcanzar las metas hacia el 2040 del Escenario D “Creyendo en Nuestra Ciencias”, encaminados hacia el Escenario A, “Cambio estructural con igualdad”,

deben existir grupos de investigación con trayectoria, definidos y relevantes. Estos grupos se van formando cuando hay masa crítica del conocimiento, problemas de investigación interesantes y relevantes. Nuestra propuesta de investigación es un eslabón en la formación de un laboratorio dedicado al estudio de dispositivos de almacenamiento energético. Esta línea de investigación es indispensable si Panamá piensa lograr su objetivo de llegar a casi un 80% de proporcionar energías renovables para el 2050 [3]. Si bien se ha comenzado con el estudio de las baterías de iones de litio por ser las más relevantes [15], esperamos incluir ideas innovadoras en todo el espectro de densidad de la energía volumétrica vs. la densidad gravimétrica así como otros sistemas de almacenamiento energético como lo son los supercapacitores. Hoy en día, y gracias al aporte de Senacyt (FDI17-18) ver resultados [15], [18], [30][31], [32], se cuenta con recursos, personal capacitado y una fuerte colaboración internacional para el desarrollo de esta tecnología. Tenemos la visión que el laboratorio de almacenamiento energético servirá como punto focal de investigación, no sólo el uso eficiente de baterías existentes, su caracterización y su reciclaje, pero también en la elaboración de baterías y supercapacitores a partir de nuevos materiales, nuevas ideas basadas en intuición empírica y en amplia búsqueda bibliográfica. La realización de un taller de innovación, dedicado al tema de los dispositivos para el almacenamiento energético, promete llegar a tener una lista de ideas patentables y la hoja de ruta para nuevas innovaciones. La fuente de colaboración internacional con Dr. Enrique Quiroga, profesor investigador del Instituto de Física de la **BUAP** y representante de la **Red de Almacenamiento de Energía de México** [5]-[9], [9]-[13] con amplio conocimiento en el área de dispositivos para el almacenamiento energético, lo hace un aliado estratégico en la transferencia del conocimiento específico y la participación para el desarrollo de nuevas innovaciones en el tema. La colaboración del Dr. Auciello de la Universidad de Texas en Dallas, continúa siendo un aliado indispensable por la facilidad de los recursos disponibles para la elaboración y la caracterización de películas delgadas de UNCD and N-UNCD, así como su extenso conocimiento de materiales.

El fortalecimiento del conocimiento de la elaboración y caracterización de dispositivos para almacenamiento energético con materiales y métodos sostenibles, y de tener vínculos internacionales con laboratorios de excelencia, abren un área de investigación en el país, que puede llegar convertirse en parte de uno de los proyectos de cooperación internacional referenciados en el sector energía, agua y medio ambiente

#### **4. BENEFICIOS Y PRINCIPALES BENEFICIARIOS**

Los primeros beneficiarios de la propuesta son los dos estudiantes de la maestría científica asociados a esta propuesta, ya que tendrán los medios de generar los datos y el recurso de expertos colaboradores internacionales para guiarlos en la interpretación de los datos. Estos les permitirá completar exitosamente su educación superior. Similar, los asistentes de laboratorio tendrán la oportunidad de capacitarse en el área de almacenamiento energético.

#### **5. IMPACTO ESPERADO**

A corto plazo, el desarrollo de capital humano, al menos 2 estudiantes de maestría y 2 estudiantes de pregrado estarán capacitados en el área de almacenamiento energético. A mediano plazo, un estudio sistemático del estado del arte de los dispositivos utilizados en Panamá para almacenamiento energético podría apoyar a la toma de decisiones en el área de energía. Y a largo plazo el desarrollo de nuevos electros podría ser parte de la solución del ahorro energético beneficiando el país en general así como la creación de nuevas industrias.

#### **6. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

##### **Objetivo general**

Elaborar y caracterizar electrodos para baterías y supercapacitores utilizando materiales y métodos sostenibles que aporten al desarrollo de dispositivos para el almacenamiento energético.

### Objetivos específicos

1. Determinar el estado de arte del uso de DAE en Panamá
2. Determinar la ciencia y tecnología de baterías de iones de litio con ánodos basado en la intercalación de litio en las fronteras de granos de películas de N-UNCD
3. Desarrollar, elaborar y caracterizar dispositivos para el almacenamiento energético (celdas y supercapacitores) utilizando materiales y metodologías sostenibles.
4. Generar una lista de productos innovadores utilizando metodologías y materiales sostenible.
5. Desarrollar material didáctico sobre almacenamiento energético.
6. Crear las competencias, metodología e infraestructura para el estudio y la elaboración de dispositivos para el almacenamiento energético.

Commented [DS1]: Rec1. Atendido

Commented [DOE2R1]: Ok

### 7. COLABORADORES DEL PROYECTO

#### Investigador principal (IP): Dra. Elida de Obaldía - UTP – Investigadora invitada UTD

1. Coordinar las actividades del proyecto
2. Emplear estudiante de pregrado tiempo parcial como asistente de investigación.
3. Garantizar el uso adecuado del equipo adquirido.
4. Establecer la coordinación entre los grupos de UTP, BUAP y UTD.
5. Asesorar a los estudiantes del proyecto.
6. Mantener un sitio virtual para la comunicación entre equipo.
7. Apoyar a la Dra. Zoila en el planeamiento del taller de innovación en Panamá sobre almacenamiento de energía.
8. Llevar el estado financiero del proyecto.
9. Elaborar, desarrollar y caracterizar electrodos y dispositivos para el almacenamiento energético.
10. Elaborar y presentar los avances de la investigación a Senacyt.
11. Realizar las gestiones de propiedad intelectual con las instituciones participantes del proyecto, que permitan asegurar que la UTP participe en la propuesta de patentes que se generen de esta investigación.
12. Participar en la divulgación de los resultados de la investigación. La Dra. De Obaldía pasa de 5 a 6 meses en UTD como investigadora invitada y tiene acceso a los equipos de deposición y caracterización de láminas de UNCD y N-UNCD así como la fabricación y mediciones de la LIBs.

Dedicación mensual: 25 %.

Commented [DS3]: Validar si el % puede ser cumplido, originalmente era otro

Commented [DOE4R3]: Se cambió a 25%

#### Co-investigador 1 (Co-IP 1): Dra. Vanessa Quintero – UTP

1. Determinar los procesos de mediciones de los dispositivos de almacenamiento energéticos.
2. Participar en el taller de innovación.
3. Servir de mentor a los estudiantes de maestría trabajando en el proyecto.
4. Contribuir en la divulgación de los resultados del proyecto incluyendo un taller de dispositivos de almacenamiento de energía.
5. Dedicación mensual: 2 %

#### Co-investigador 2 (Co-IP 2): Dr. Enrique Quiroga - Benemérita Universidad Autónoma de Puebla - México.

1. Asesoramiento y mentoría a los integrantes del proyecto sobre la ciencias y tecnología de DAEs .
2. Participar en el taller de innovación en Panamá.
3. Analizar periódicamente los resultados del proyecto y determinar curso a seguir.
4. Darle seguimiento a cualquier patente o licencia que se logre de este proyecto
5. Aceptar uno o más estudiantes como pasantes por periodos cortos de ser requerido.
6. Dedicación mensual: 5 %.

**Co-investigador 3 (Co-IP 3): Dr. Orlando Auciello - Universidad de Texas en Dallas.**

1. Dirección y coordinación de las actividades de crecimiento de láminas de UNCD/ N-UNCD y caracterización de los electrodos y las celdas de LIBs en UTD.
2. Servir de mentor a los integrantes del proyecto.
3. Analizar periódicamente los resultados del proyecto y determinar curso a seguir.
4. Darle seguimiento a cualquier patente o licencia que se logre de este proyecto
5. Aceptar uno o más estudiantes como pasantes por períodos cortos de ser necesario.
6. Dedicación mensual: **5 %**.

**Co-investigador 4 (Co-IP 4): Dr. Michael Stanimirov - CINEMI-UTP**

1. Desarrollo de metodología para la colectar e interpretación de la data electroquímica de los DAEs.
2. Estudio Preliminar de DAEs en Panamá.
3. Servir de mentor a los integrantes del proyecto.
4. Analizar periódicamente los resultados del proyecto y determinar curso a seguir.
5. Participar en el taller de innovación en Panamá.
6. Dedicación mensual: **10 %**.

**Otros miembros del equipo de investigación:**

**1 Asistente de laboratorio ó personal de la UTP- 75% de tiempo dedicado – por contratar**

1. Elaborar y caracterizar los DAE en el LPMC.
2. Asistir al PI con el manejo del programa.
3. Instalar y entrenarse en el equipo de ensamblaje adquirido por esta convocatoria
4. Garantizar el uso adecuado del equipo adquirido.
5. Llevar un diario detallado de las mediciones.
6. Participar en el taller del CAF
7. Participar en la divulgación de resultados

**Mabony Sanchez – Estudiante de Maestría en Física –**

1. Instalar y entrenarse en el equipo de ensamblaje adquirido por esta convocatoria
  2. Garantizar el uso adecuado del equipo adquirido.
  3. Llevar un diario detallado de las mediciones.
  4. Participar en una pasantía en UTD y ó BUAP de ser necesario para adquirir datos experimentales.
  5. Participar del taller de innovación de DAE
  6. Participar en la divulgación de resultados
- Dedicación mensual: **30 %**.

Commented [DS5]: ¿Realizará tesis?

Commented [DOE6R5]: Si.

**Julio Saldaña – Estudiante de Maestría en Física - 30% de tiempo dedicado**

1. Instalar y entrenarse en el equipo de ensamblaje adquirido por esta convocatoria
  2. Garantizar el uso adecuado del equipo adquirido.
  3. Llevar un diario detallado de las mediciones.
  4. Participar en una pasantía en UTD y ó BUAP de ser necesario para adquirir datos experimentales.
  5. Participar del taller de innovación de DAE
  6. Participar en la divulgación de resultados
- Dedicación mensual: **30 %**.

Commented [DS7]: ¿Realizará tesis?

Commented [DOE8R7]: Si

**8. METODOLOGÍA**

## **Materiales y métodos**

### **1. Metodología (métodos y técnicas de investigación)**

La metodología consiste en 3 tipos de actividades: Actividades de descubrimiento, actividades científicas y actividades administrativas. Las actividades de descubrimiento incluyen el estudio preliminar sobre DAEs utilizados en Panamá, su alcance, y las necesidades existentes en los diferentes sectores de abanico de aplicaciones, así como el taller de innovación que se llevará a cabo una vez terminado el reporte de los DAEs en Panamá que servirá como trampolín a las necesidades que se deben tomar en cuenta. El segundo tipo de actividades, las actividades científicas se basan en el desarrollo de la ciencias y tecnología de electrodos para DAEs en dos materiales específicos como lo son los diamantes policristalinos, bien conocidos por los integrantes del grupo a raíz de investigaciones previamente realizadas bajo el programa FDI17-18, y la tierra de diatomeas que es un material que ofrece un alto rendimiento en relación a DAEs. Las actividades administrativas incluyen la contratación de un asistente de laboratorio, las pasantías de los colaboradores de la UTP en BUAP y UTDallas, la elaboración de los reportes científicos y la divulgación de los resultados.

#### **Actividades de Descubrimiento**

##### Estudio preliminar sobre DAEs utilizados en Panamá.

Se llevará a cabo un estudio bibliográfico y preliminar de campo por medio de entrevistas de los actores del sector de energía del país, (como la Secretaría de Energía de Panamá, algunos proveedores privados de DAEs) para conocer el tipo de DAEs que se utilizan en Panamá y las necesidades de los diferentes sectores en referencia a los DAEs. Este estudio se publicará en las redes sociales del grupo de Investigación y servirá como insumo para el taller de innovación.

##### Taller de innovación del grupo de investigación “Elaboración y Caracterización de DAEs”

Planeamiento y ejecución del taller de innovación coordinado por la Dra. Zoila de Castillo utilizando la metodología de CAF, utilizada exitosamente en el 2018 por la misma Dra. Zoila Castillo y que resultó en alto número de aplicación de patentes. Este taller tendrá como objetivo proponer ideas para el uso nuevos materiales y métodos (sostenibles) para la elaboración de dispositivos para el ahorro energético (DAE) en todo el espectro de eficiencia que resuelva problemas específicos en Panamá. Uno de los insumos que se utilizará es el reporte preliminar de los DAEs en Panamá. El resultado de este taller sería dos o tres ideas específicas para posteriores propuestas de investigación. En este taller participaran los miembros del equipo, así como profesores y estudiantes interesados en el tema de los DAEs y que tengan conocimientos afines. Se espera generar una lista que se presentará a la Dirección de Gestión de Conocimiento para darle seguimiento a aplicaciones de patentes.

#### **Actividades Científicas**

##### Fabricación de medias celdas de baterías de iones de litio utilizando el W/Cu N-UNCD como electrodos

La fabricación de las medias celdas de baterías se realizará en su etapa inicial en el laboratorio de UTD donde el equipo y los consumos necesarios estarán disponibles para la elaboración de las medias celdas. Se requiere una perforadora de 12.5 mm para los formar los electrodos en las láminas de Cu, y otro de 20 mm para perforar el separador que es un polímero semi permeable. Para la elaboración de la media celda se utilizará de 5 a 10 ml del electrolito de PF6 y una medalla de litio metálico

de 12.5 mm como el otro electrodo. Estos elementos se colocan en caparazones diseñados para elaborar baterías del tamaño standard de 20 mm de diámetro y 2.5 mm de altura. Es de suma importancia que este paso se realice en una atmosfera inerte con menos de 0.1 ppm de Oxígeno y vapor de agua. **Equipo disponible con los colaboradores internacionales y el cual se espera adquirir como motivo de esta convocatoria en la extensión del LPMC. Se utilizará el protocolo establecido para la confección de las medias celdas establecido durante el proyecto FDI17-18.** Se hará un estudio comparativo de las celdas utilizando medallas de cobre o láminas de cobre. Para determinar el grado de éxito, se medirá el voltaje abierto de las celdas, y la densidad de la energía gravimétrica de la celda, así como su comportamiento en 10 ciclos.

#### Desarrollo del protocolo para la elaboración de las láminas para electrodos de DE.

El proceso para fabricación de las láminas para los electrodos de DE se determinará en esta etapa. Entre los parámetros que se esperan estudiar es la metodología para la pulverización, el tipo de filtrado que se podría utilizar para homologar el tamaño de las partículas de DE y el % de material activo, carbón negro y binder. La estructura se caracterizará con microscopia de barrido electrónico, así como espectroscopia Raman, difracción de rayos X y espectroscopia de fotoelectrones en colaboración con la Universidad de Texas en Dallas. Con los resultados estructurales, se espera poder generar la capacidad y capacitancia teórica de los electrodos.

#### Fabricación de media celdas de baterías de iones de litio y iones de sodio utilizando electrodos basados en tierra de diatomeas

La fabricación de las medias de celdas de baterías se realizará en su etapa inicial en el laboratorio de UTD, y el laboratorio de BUAP **donde el equipo y los consumos necesarios estarán disponibles para la elaboración de las medias celdas. Eventualmente, se realizarán en la UTP en el sistema de guantes de gas inerte en el NEI.** Se requiere una perforadora de 12.5 mm para los formar los electrodos en las láminas de Cu, y otro de 20 mm para perforar el separador que es un polímero semi permeable. Para la elaboración de la media celda se utilizará de 5 a 10 ml del electrolito de PF6 y una medalla de litio metálico de 12.5 mm como el otro electrodo. Estos elementos se colocan en caparazones diseñados para elaborar baterías del tamaño standard de 20 mm de diámetro y 2.5 mm de altura. Es de suma importancia que este paso se realice en una atmosfera inerte con menos de 0.1 ppm de Oxígeno y vapor de agua. **Equipo disponible con los colaboradores internacionales y el cual se espera adquirir como motivo de esta convocatoria en la extensión del LPMC. Se utilizará el protocolo establecido para la confección de las medias celdas establecido durante el proyecto FDI17-18.** Se hará un estudio comparativo de las celdas utilizando el tamaño de las partículas de DE y Li como contraelectrodo. Para determinar el grado de éxito, se medirá el voltaje abierto de las celdas, y la densidad de la energía gravimétrica de la celda, así como su comportamiento en 10 ciclos. Se realizarán e interpretan los resultados del Espectro de Impedancia Electroquímico.

#### Estudio de factibilidad para la realización de electrodos para super-capacitores a partir de N-UNCD.

El estudio de diamante policristalino ha sido un área de investigación que ha definido el laboratorio del Dr. Auciello. El estudio de la formación de diamantes como supercapacitores es el próximo paso a seguir en la investigación. [7]. Se realizarán las adecuaciones para convertir los electrodos de N-UNCD en electrodos para supercapacitores y se medirán sus propiedades.

#### Estudio de factibilidad para utilización de electrodos para supercapacitores a partir de DE.

Se estudiará el efecto del tamaño de las partículas de DE y tipo de recubrimiento o procedimiento que se requiere para mejorar su funcionamiento como electrodos para supercapacitores.

### **Actividades Administrativas**

#### Contratación de asistente de laboratorio.

Se contratará un estudiante o persona como asistente de laboratorio.

#### Compra de equipo e insumos.

Se hará las gestiones para la compra de equipo e insumo necesario para cumplir con los requisitos de esta propuesta.

#### Elaboración de los reportes técnicos y financieros

Se elaboran los reportes técnicos y financieros de acuerdo con las especificaciones y requisitos de SENACYT al finalizar la primera y segunda etapa. También se elaborará el reporte final del proyecto de investigación.

#### Pasantía

Se espera que los dos estudiantes de maestría realicen una pasantía al laboratorio del Dr. Auciello de UTDallas y/o al laboratorio del Dr. Enrique Quiroga en BUAP. Estas pasantías estarán destinadas a la recolección de datos, así como a la exposición de estos estudiantes a equipo de caracterización que se puedan interesar en continuar sus estudios doctorales en el área de DEAs.

#### Divulgación de los resultados del Proyecto:

Los resultados de este proyecto se esperan divulgar como artículos científicos en revistas indexadas en Scopus a la vez que en conferencias internacionales de impacto como el Material Research Society en Boston, MA. También se divulgarán los resultados en congresos nacionales como APANAC y o el IESTC de la UTP.

Productos de esta etapa:

1. Presentación en la APANAC y IESTEC (UTP) (al menos una por año)- Nacional
2. Presentación en una conferencia internacional de impacto y relacionada al tema de DAEs.
3. Borrador avanzado de un artículo para someter a una revista indexada
4. Presentación de los pasantes investigadores en ciclo de conferencias o seminario interno.
5. Talleres de DAEs de 40 horas para estudiantes y profesores en el receso académico.
6. Solicitud(es) de patente(s) como resultados del taller de innovación.
7. Reporte preliminar sobre DAEs utilizados en Panamá y las necesidades en los diferentes sectores.

### **Actividades a desarrollar por etapa**

Para efectos del desarrollo de los estudios propuestos, este proyecto se ha dividido en dos etapas, tal como se describe a continuación:

#### **Etapa I (8 meses)**

##### 1. Contratación de asistente de laboratorio. (Contratación de asistente)

Se llevará a cabo la contratación de un asistente de laboratorio que haya terminado o este terminando sus estudios en el área de STEM. Esta persona debe ser entusiasta

y poder trabajar en equipo y con deseos de seguir buscando oportunidades para seguir aprendiendo. Se dará prioridad a personas con poca representación en las áreas técnicas como lo son mujeres, indígenas y personas discapacitadas que cumplan el perfil requerido.

## 2. Estudio preliminar sobre DAEs utilizados en Panamá. (Estudio Preliminar DAEs)

Se llevará a cabo un estudio bibliográfico y preliminar de campo (por medio de entrevistas de los actores del sector de energía del país) para conocer el tipo de DAEs que se utilizan en Panamá y las necesidades de los diferentes sectores en referencia a los DAEs. Este reporte servirá como punto de partida para el taller de innovación.

## 3. Taller de innovación del grupo de investigación “Elaboración y Caracterización de DAEs” (Taller CAF)

Reunión de inicio del grupo de investigación “Elaboración y Caracterización de Dispositivos para el Almacenamiento Energético”. Planeamiento y ejecución del taller de innovación coordinado por la Dra. Zoila de Castillo utilizando la metodología de CAF, utilizada exitosamente en el 2018 por la misma Dra. Zoila Castillo y que resultó en alto número de aplicación de patentes. Este taller tendrá como objetivo proponer ideas para el uso nuevos materiales y métodos (sostenibles) para la elaboración de dispositivos para el ahorro energético (DAE) en todo el espectro de eficiencia que resuelva problemas específicos en Panamá. El resultado de este taller sería dos o tres ideas específicas para posteriores propuestas de investigación. En este taller participaran los miembros del equipo, así como profesores y estudiantes interesados en el tema de los DAEs.

## 4. Contrato para la adecuación de espacios y compra del equipo para el ensamblaje de las celdas en atmosfera inerte. (Compra de sistema cerrado)

Se cotizará y facturará un sistema cerrado, con guantes incorporados, con atmosfera inerte, y que mantenga los niveles de H<sub>2</sub>O y O<sub>2</sub> a menos de 0.1 ppm. Este sistema será modular, de manera que se pueda agregar otro módulo de ser necesario y no requiere de otros componentes externos. El sistema consiste en la caja de guantes, la bomba de vacío, y el sistema de recirculación de gas. Al mismo tiempo se solicitarán los planos y cotización para la adecuación del espacio en el Nuevo edificio de investigación para colocar el sistema de guantes de gas inerte.

## 5. Elaboración y caracterización de media celdas de baterías de iones de litio utilizando el W/Cu N-UNCD como electrodos (Elaboración y Fabricación de electrodos de N-UNCD)

La fabricación de las medias de celdas de baterías se realizará en su etapa inicial en el laboratorio de UTD donde el equipo y los consumos necesarios estarán disponibles para la elaboración de las medias celdas. Se requiere una perforadora de 12.5 mm para los formar los electrodos en las láminas de Cu, y otro de 20 mm para perforar el separador que es un polímero semi permeable. Para la elaboración de la media celda se utilizará de 5 a 10 ml del electrolito de PF6 y una medalla de litio metálico de 12.5 mm como el otro electrodo. Estos elementos se colocan en caparazones diseñados para elaborar baterías del tamaño standard de 20 mm de diámetro y 2.5 mm de altura. Es de suma importancia que este paso se realice en una atmósfera inerte con menos de 0.1 ppm de Oxígeno y vapor de agua. **Equipo disponible con los colaboradores internacionales y el cual se espera adquirir como motivo de esta convocatoria en la extensión del LPMC. Se utilizará el protocolo establecido para la confección de las medias celdas establecido durante el proyecto FDI17-18.** Se hará un estudio comparativo de las celdas utilizando medallas de cobre o láminas de cobre. Se realizará el estudio estructural y morfológico utilizando espectroscopía de Raman, difracción de rayos X y microscopía de barrido electrónico. Para determinar el grado de éxito, se medirá el voltaje abierto de las celdas, y la densidad de la energía gravimétrica de la celda, así como su comportamiento en 10 ciclos.

#### 6. Acuerdo de Propiedad Intelectual (**Propiedad Intelectual**)

Se elabora un documento sobre la disposición de la propiedad intelectual entre las instituciones participantes: CEMCIT-AIP, UTDallas y CIDESI

#### 7. Elaboración del Reporte Técnico y Financiero (**Reporte Técnico I**)

##### **Etapa II**

##### 1. Adecuación e Instalación de Equipo y Consumos en la UTP – (**Instalación de equipo cerrado**)

El equipo para la elaboración de baterías de intercalación de iones, que consiste en una caja inerte con guantes para manipular los componentes físicos y químicos, así como la instalación de los gases de Argón puro para mantener la atmósfera inerte, se instalará en el nuevo edificio de investigación de la UTP. El proceso de instalación de este equipo comenzará en la etapa 2, y se espera completar para mediados de la etapa 2, para ser presentado en el reporte interino. Insumos que se requieran para trabajar en la UTD se adquirirán durante la etapa 1.

##### 2. Desarrollo del protocolo para la elaboración de las láminas para electrodos de DE. (**Elaboración de electrodos de DE**)

El proceso para fabricación de las láminas para los electrodos de DE se determinará en esta etapa. Entre los parámetros que se esperan estudiar es la metodología para la pulverización, el tipo de filtrado que se podría utilizar para homologar el tamaño de las partículas de DE y el % de material activo, carbón negro y binder. La estructura se caracterizará con microscopía de barrido electrónico, así como espectroscopía Raman, difracción de rayos X y espectroscopía de fotoelectrones en colaboración con la Universidad de Texas en Dallas.

##### 3. Pasantía de los estudiantes de maestría en UTDallas y o BUAP (**Pasantías**):

Las pasantías para las actividades de desarrollo son indispensables para: 1) ampliar los lazos de colaboración, 2) transferencia de conocimientos, 3) utilización de recursos no disponibles en nuestros laboratorios y 4) análisis de datos conjuntos. La tecnología del uso de electrodos de Na, ha sido implementada en el laboratorio del Dr. Quiroga en la BUAP y uno de los colaboradores hará una pasantía en BUAP para la transferencia de conocimientos. Los estudiantes de maestrías estarán en la etapa de análisis de data y estarán colaborando con expertos en la interpretación de los datos así como en la capacitación de equipo no disponible en Panamá como XRD y Raman.

**Commented [DS9]:** La pasantía se realiza a final de la segunda etapa, no tiene un impacto directo en la realización del proyecto

**Commented [DOE10R9]:** Se movieron a la primera parte de la segunda etapa

##### 4. Fabricación y caracterización de media celdas de baterías de iones de litio y iones de sodio utilizando electrodos basados en tierra de diatomeas (**Caracterización de celdas de DE**)

La fabricación de las medias de celdas de baterías se realizará en su etapa inicial en el laboratorio de UTD, y el laboratorio de BUAP donde el equipo y los consumos necesarios estarán disponibles para la elaboración de las medias celdas. Eventualmente, se realizarán en la UTP en el sistema de guantes de gas inerte en el NEI. Se requiere una perforadora de 12.5 mm para los formar los electrodos en las láminas de Cu, y otro de 20 mm para perforar el separador que es un polímero semi permeable. Para la elaboración de la media celda se utilizará de 5 a 10 ml del electrolito de PF6 o PN6 y una medalla de litio metálico de 12.5 mm o Na metálico como el otro electrodo. Estos elementos se colocan en caparzones diseñados para elaborar baterías del tamaño standard de 20 mm de diámetro y 2.5 mm de altura. Es de suma importancia que este paso se realice en una atmósfera inerte con menos de 0.1 ppm de Oxígeno y vapor de agua. Equipo disponible con los colaboradores internacionales y el cual se espera adquirir como motivo de esta convocatoria en la

extensión del LPMC. Se utilizará el protocolo establecido para la confección de las medias celdas establecido durante el proyecto FDI17-18. Se hará un estudio comparativo de las celdas utilizando Na o Li como contraelectrodo. Para determinar el grado de éxito, se medirá el voltaje abierto de las celdas, y la densidad de la energía gravimétrica de la celda, así como su comportamiento en 10 ciclos. :

**5. Elaboración del informe intermedio de avance a los seis (6) meses de ejecución de la etapa I, según el formato provisto por LA SENACYT.**

6. Estudio de factibilidad para la realización de electrodos para super-capacitores a partir de N-UNCD. El estudio de diamante policristalino ha sido un área de investigación que ha definido el laboratorio del Dr. Auciello. El estudio de la formación de diamantes como supercapacitores es el próximo paso a seguir en la investigación. [7]. Se realizarán las adecuaciones para convertir los electrodos de N-UNCD en electrodos para supercapacitores y se medirán sus propiedades.

7. Estudio de factibilidad para utilización de electrodos para supercapacitores a partir de DE. (Supercapacitores de DE)

Se estudiará el efecto del tamaño de las partículas de DE y tipo de recubrimiento o procedimiento que se requiere para mejorar su funcionamiento como electrodos para supercapacitores.

8. Elaboración de borrador de Tesis

Al menos uno de los estudiantes de tesis, presentará su borrador de tesis en esta etapa.

9. **Elaboración de al menos un (1) borrador avanzado de artículo científico para someter a una revista científica indexada.**

Se confeccionará un borrador de manuscrito sobre los resultados científicos que se someterá a una revista científica indexada para ser considerado para publicación.

10. Divulgación de los resultados del Proyecto (Divulgación de Resultados):

Los resultados de este proyecto se esperan divulgar como artículos científicos en revistas indexadas en Scopus a la vez que en conferencias internacionales de impacto como el Material Research Society en Boston, MA. También se divulgarán los resultados en congresos nacionales como APANAC y o el IESTC de la UTP.

11. **Elaboración de informe técnico y financiero de la etapa II y el informe final.**

## 9. RESULTADOS ESPERADOS:

Commented [DS11]: Rec. 2.

Como resultado de la ejecución de las actividades descritas en la sección anterior, se espera obtener los siguientes productos:

### Resultados Esperados de la Etapa 1.

1. Copia de contrato de estudiantes o personal de la UTP como asistentes de laboratorio tiempo completo.
2. Reporte de estudio preliminar sobre DAEs utilizados en Panamá y las necesidades existentes.
3. Reporte técnico del taller de innovación de baterías que incluye el desglose de los resultados. Lista de productos que serán considerados para la aplicación de propiedad intelectual por la DGTC de la UTP.
4. Evidencia de la compra del equipo cerrado de gas inerte con guantes. Hoja técnica, factura y constancia de la transferencia de fondos.
5. Reporte técnico de la caracterización de los electrodos de Cu/W/N-UNCD tanto morfológica como eléctrica.
6. Acuerdo de Propiedad Intelectual firmado por CEMCIT-AIP, UT Dallas y BUAP.
7. Reporte de la primera etapa del proyecto.

### Resultados Esperados de la Etapa 2.

1. Informe que evidencie la instalación y funcionamiento del equipo de guantes de gas inerte en el Edificio de Laboratorio de Investigación e Innovación (ELII). Manual de funcionamiento y página de bitácora del uso del equipo.
2. Reporte técnico de la elaboración de láminas y celdas para electrodos de DE.
3. Certificación de competencias adquiridas de los estudiantes de maestrías en sus pasantías
4. Reporte de caracterización de las celdas de DE
5. Reporte interino de las actividades de la etapa II
6. Reporte técnico de los resultados de la utilización de electrodos de N-UNCD como supercapacitores.
7. Reporte técnico de los resultados de la utilización de electrodos de DE como supercapacitores.
8. Borrador del capiEulo de tesis que incluye las metodología y resultados de esta investigación.
9. Borrador de manuscrito sobre los resultados de la investigación
10. Divulgación de resultados por medio de:
  - a. Programa de la presentación de resultados en congresos nacionales de impacto como APANAC y IESTEC (uno por año)
  - b. Presentación de resultados en conferencia internacional de impacto como Material Research Society o American Chemical Society
  - c. Borrador de artículo científico sobre electrodos de NUNCD
  - d. Borrador de artículo científico sobre electrodos de DE
  - e. Evidencia de la realización del Taller de Dispositivos de Almacenamiento energético (40 horas) para estudiantes y profesores del país durante el receso académico de la UTP.
  - a. Solicitud de patentes de ser factible.
11. Informe técnico y financiero de la etapa II y el informe final entregado.

#### 10. ESTRATEGIA DE DIVULGACIÓN DEL PROYECTO:

Los resultados obtenidos serán divulgados en congresos científicos a nivel nacional e internacional y se someterán las propuestas de artículos a revistas indexadas de circulación internacional para su aprobación. Algunos de los congresos internacionales donde podríamos participar son: American Chemical Society meeting (ACS), Materials Research Society Meeting (MRS), Battery and Fuel Cell Technology conference.

Por otro lado, se aprovechará las estancias de los investigadores internacionales en Panamá para que juntos con los nacionales se realice un foro sobre los DAEs. Los resultados del taller de innovación serán sometidos a solicitud de patentes de ser factibles. Los asistentes de laboratorio presentaran sus experiencias en un ciclo de conferencia a pares nacionales y estudiantes al finalizar sus pasantías y cuyo evento se divulgue vía afiches y redes sociales para la transferencia de conocimientos. Se espera realizar la publicación de artículos sobre la situación actual de los Dispositivos de Almacenamiento Energético en Panamá, así como artículos técnicos sobre la elaboración y caracterización de DAEs. El taller de DAEs, ofrecido en el receso académico, es otra forma efectiva de la divulgación del conocimiento y los resultados que se están obteniendo, además del reclutamiento de nuevos investigadores en el sector de DAEs.

#### 11. CONSIDERACIONES ESPECIALES (SI APLICA)

La propiedad intelectual que se genere en el desarrollo de este proyecto pertenecerá a las tres instituciones involucradas: CEMCIT-AIP, BUAP y UTDallas. El porcentaje de participación dependerá de la participación de los miembros en particular en cada propuesta, pero CEMCIT tendrá una participación adicional del 10% por ser la institución gestora del proyecto.

**Commented [DS12]:** Respecto a la Rec.3, deben detallar en este punto cual será el mecanismo utilizado para el mismo (acuerdos, convenios etc.) y añadir como actividad, resultado y cronograma a final de etapa I

**Commented [DOE13R12]:** Se agrega como entregable el acuerdo de propiedad intelectual como se acordó en la reunión



**13. PRESUPUESTO COMPLETO**

Rubro	Descripción	Etapas I	Etapas II
Equipos, maquinarias, e insumos científicos	Equipo, maquinarias para la confección de dispositivos de almacenamiento.	70,000.00	
	Reactivos, Insumos Científicos	5,000.00	5,000.00
Recursos bibliográficos, materiales de consumo, didácticos o de oficina e impresiones	Incluir descripción	0	0
Pago de servicios para uso de equipo, análisis de muestras y el espacio no disponible para el desarrollo del proyecto	Pago a los laboratorios externos por el uso de los sistemas de caracterización como SEM, XPS, XRD, Raman entre otros.	3,500.00	7,500.00
Subcontratos de servicios o personal no disponible en el proyecto	2 Asistentes de Laboratorio por contrato profesional 800.00/mes – Preferencia a estudiantes que quieran continuar con estudios de postgrado en el área.	16,000.00	22,400.00
Inscripciones o matrículas en eventos o cursos de carácter científico, tecnológico, de innovación o emprendimiento	Etapa 1 – Taller estilo CAF encerrona por 3 días 10 personas Etapa 2. – Inscripción a conferencia nacional	8,500.00	3,000.00
Construcciones indispensables para la ejecución del proyecto: pequeñas ampliaciones o modificaciones indispensables a las instalaciones existentes	El espacio del Edificio de investigación debe ser adecuado para las instalaciones del equipo cerrado	15,000.00	5000.00
Gastos de transporte aéreo	Etapa I. Viaje de los integrantes del grupo a UTP para taller. Viajes a UTDallas para caracterización y crecimiento de NUNCD Etapa 2 Viaje de colaboradores de UTP a BUAP y UTDallas	3000.00	4,000.00
Viático parciales o totales, nacionales o para viajes al extranjero, según las tablas de	Viáticos para pasantías	3,000	5,000.00

Commented [DS15]: Se excede del 40% no debe ser mayor B/80,000.00, ajustar para cumplir con rec. 4

Commented [DOE16R15]: Se ajusta el presupuesto

Commented [DS17]: No contiene descripción

Commented [DOE18R17]: Se añadió la descripción

viáticos incluidas en la Ley que aprueba el Presupuesto del Estado			
Gastos de combustible	Viajes a recolección de datos en territorio panameño	300.00	100.00
Publicación y/o difusión de los resultados	Gastos para divulgación de resultados.	0	2,460.00
Gastos de operación no disponibles y que sean imprescindibles para alcanzar los objetivos del proyecto	Gastos imprevistos	4,000.00	4,656.00
Gastos administrativos	10% de gastos de administración	8,946.00	4138.00
<b>Subtotal</b>		136,746.00	63,254.00
<b>TOTAL FINANCIADO POR LA SENACYT</b>		<b>B/.200,000.00</b>	

**Sustentación de rubros:**

**1. Equipos, maquinarias, e insumos científicos:** Se planea adquirir equipos para la fabricación de baterías tipo monedas que incluye una cámara de guantes con atmosfera inerte, horno al vacío, equipo para la confección de baterías monedas. Además el equipo, se requiere insumos como químicos, envases monedas, electrodos, gas argón entre otros. Para poder cumplir con la propuesta de elaborar los dispositivos en Panamá se requiere tener el equipo funcionando en la primera parte de la etapa II. Es por eso que se requiere el monto alto en la primera etapa.

**3. Pago de servicios para uso de equipo, análisis de muestras y el espacio no disponible para el desarrollo del proyecto:** Los equipos de caracterización de materiales, localizado en UTDallas y que tiene un costo por hora, que se requiere para llevar a cabo esta investigación, son los siguientes: SEM, XPS, XRD y TEM. También se usará el equipo de SEM de INDICASAT.

**5. Subcontratos de servicios o personal no disponible en el proyecto:** Se espera contratar dos asistentes de laboratorio tiempo completo a razón de B/. 800.00 por mes por 24 meses. Se dará prioridad a los estudiantes o staff con deseo de continuar estudios de postgrado en el área de almacenamiento energético, así como minorías en el área de STEM.

**6. Inscripciones o matrículas en eventos o cursos de carácter científico, tecnológico, de innovación o emprendimiento:** Uno de los aspectos innovadores de esta propuesta, es utilizar las técnicas desarrolladas e implementadas exitosamente del CAF en un taller de innovación sobre baterías. Este taller será liderado por expertos el costo cotizado es de B/. 800 a B/. 1000,00 por participante dependiendo del lugar. El taller CAF consiste en 2 equipos de 4 a 5 integrantes con líderes especializados en una encerrona para la creación y generación de ideas relevantes al almacenamiento energético. Los integrantes del taller serán principalmente los colaboradores del taller. En este rubro también se designa un monto para la participación del grupo a un congreso nacional (IESTEC ó APANAC) para la divulgación de resultados.

**11. Gastos de transporte aéreo:** Se espera pagar los gastos de transporte aéreo a los colaboradores internacionales para asistir al taller del CAF, así como los gastos aéreos de los colaboradores de la UTP para trabajar en los laboratorios de UTDallas y BUAP.

**12. Viáticos parciales o totales, nacionales o para viajes al extranjero, según las tablas de viáticos incluidas en la Ley que aprueba el Presupuesto del Estado:** Se espera cubrir los gastos parciales de las pasantías y viáticos de los colaboradores extranjeros.

**13. Gastos de combustible:** Se espera cubrir parcialmente los gastos de combustible en el territorio panameño en la recopilación de datos relacionados al almacenamiento energético.

**14. Publicación y/o difusión de los resultados:** Este monto está designado para publicaciones de acceso abierto, y o aplicaciones de patentes.

**15. Gastos de operación no disponibles y que sean imprescindibles para alcanzar los objetivos del proyecto:** Este monto está reservado para pagos de flete, insumos e imprevistos que pueden surgir en el proyecto así para cubrir cualquier gasto de los rubros permitidos en la convocatoria que se requieran para el cumplimiento exitoso del proyecto.

**16. Gastos administrativos:** El costo administrativo de CEMCIT es del 7%

**17. Contraparte:**

UTDallas – Transferencia de tecnología y colaboración con expertos en el área de NUNCD. Uso de equipo de deposición de NUNCD/UNCD para crecimiento de electrodos de películas de diamante policristalino, uso de los equipos para confección de baterías, uso del cuarto limpio. Uso de equipo de caracterización no compartido, capacitación en los procesos de crecimiento de películas delgadas, técnicas de caracterización, procesos de litografía entre otros a los estudiantes de maestría.

BUAP – Transferencia de tecnología, colaboración de expertos en el área de almacenamiento energético, incluyendo participación en el taller de descubrimiento. Uso de los equipos para confección de baterías, capacitación experta de los procesos de ensamblaje, caracterización e interpretación de resultados de los dispositivos de almacenamiento energético. Capacitación de estudiante de maestría en los procesos de determinación de los electrodos.

**Commented [DS19]:** No queda claro, se debe especificar el aporte de colaboración internacional.

#### 14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Natalie Proulx (New York Times), “Explore 7 climate change solutions,” *New York Times*, 2021. <https://www.nytimes.com/2021/11/02/learning/lesson-plans/explore-7-climate-change-solutions.html#:~:text=Renewable energy%3AScientists agree that,wind%2C solar or nuclear power.>
- [2] W. E. Council, “Panama - Country Profile.” [Online]. Available: [https://www.worldenergy.org/assets/downloads/Panama\\_1.pdf?v=1634825290](https://www.worldenergy.org/assets/downloads/Panama_1.pdf?v=1634825290).
- [3] I. Renewable and E. Agency, *Renewables Readiness Assessment: Panama*, no. May. 2018.
- [4] Y. W. Cheng *et al.*, “Electrically conductive ultrananocrystalline diamond-coated natural graphite-copper anode for new long life lithium-ion battery,” *Adv. Mater.*, vol. 26, no. 22, pp. 3724–3729, 2014, doi: 10.1002/adma.201400280.
- [5] M. Angeles Cabañero *et al.*, “Investigation of the temperature dependence of lithium plating onset conditions in commercial Li-ion batteries,” *Energy*, vol. 171, pp. 1217–1228, 2019, doi: 10.1016/j.energy.2019.01.017.
- [6] J. D. Garay-marín, E. Quiroga-gonzález, and L. L. Garza-tovar, “High-Performing Li-Ion Battery with ‘Two Cathodes in One’ of Sulfur and LiFePO<sub>4</sub> by Strategies of Mitigation of Polysulfide Shuttling,” pp. 359–367, 2021, doi: 10.1002/batt.202000238.
- [7] C. Zú, A. Garzon-roman, and E. Quiroga-gonz, “Journal of Science : Advanced Materials and Devices Heterostructure of TiO<sub>2</sub> and macroporous silicon : The simplest relaxation oscillator,” vol. 6, pp. 4–9, 2021, doi: 10.1016/j.jsamd.2021.01.003.
- [8] J. David Garay-Marín, E. Quiroga-González, and L. Leticia Garza-Tovar, “Two Cathodes in One for Lithium-Ion Batteries: Voltammetric Study of a Composite Cathode of Sulfur and LiFePO<sub>4</sub>,” *ChemistrySelect*, vol. 5, no. 20, pp. 6172–6177, 2020, doi: 10.1002/slct.202001292.
- [9] E. Espinosa-villatoro, J. Nelson, J. S. Ko, and E. Quiroga-gonzález, “Tracking the evolution of processes occurring in silicon anodes in lithium ion batteries by 3D visualization of relaxation times,” *J. Electroanal. Chem.*, vol. 892, no. April, p. 115309, 2021, doi: 10.1016/j.jelechem.2021.115309.
- [10] E. Quiroga-gonzález and E. Morales-merino, “Mexican Onyx Waste as Active Material and Active Material’s Precursor for Conversion Anodes of Lithium Ion Batteries,” vol. 9, no. February, pp. 1–7, 2021, doi: 10.3389/fenrg.2021.593574.
- [11] D. C. M. Casillas *et al.*, “Residue of Corn cob Gasification as Electrode of Supercapacitors : An Experimental and Theoretical Study,” *Waste and Biomass Valorization*, vol. 12, no. 7, pp. 4123–4140, 2021, doi: 10.1007/s12649-020-01248-2.
- [12] M. A. Cabañero, M. Hagen, and E. Quiroga-gonzález, “Electrochimica Acta In-operando Raman study of lithium plating on graphite electrodes of lithium ion batteries,” vol. 374, 2021, doi: 10.1016/j.electacta.2020.137487.
- [13] Y. Y. Rivera-lugo and E. Quiroga-gonz, “Flower-like  $\delta$ -MnO<sub>2</sub> as cathode material of Li-ion batteries of high charge-discharge rates,” vol. 287, no. October 2020, pp. 1–7, 2021, doi: 10.1016/j.fuel.2020.119463.
- [14] WIPO, “Global Innovation Index - Panama,” 2020. [https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo\\_pub\\_gii\\_2020/pa.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2020/pa.pdf).
- [15] U. T. de P. Quintero, Vanessa (Eléctrica, Facultad De Ingeniería, CR Panamá Oeste, U. T. de P. de Obaldía, Elida (Vicerrectoria de Investigación Postgrado y Extensión, P. Ching-Prado, Eleicer (Natural Science Department, Faculty of Science and Technology Technological University of Panama, U. T. de P. Che, Osvaldo (Facultad de Ing. Electretica, and T. U. Auciello, Orlando (University of Texas at Dallas, Richardson, “Baterías de Ion Litio : características y aplicaciones Lithium Ion Batteries : features and applications,” vol. 17, no. 1, 2021, [Online]. Available: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/view/2907>.
- [16] R. Madriz-Vargas, A. Bruce, M. Watt, L. G. Mogollón, and H. R. Álvarez,

- “Community renewable energy in Panama: a sustainability assessment of the ‘Boca de Lura’ PV-Wind-Battery hybrid power system,” *Renew. Energy Environ. Sustain.*, vol. 2, p. 18, 2017, doi: 10.1051/rees/2017040.
- [17] I. Popov *et al.*, “‘Green’ Catalyst for the Oxygen Reduction Reaction in Metal-Air Systems with Aqueous Electrolyte,” *J. Electrochem. Soc.*, vol. 167, no. 11, p. 110507, 2020, doi: 10.1149/1945-7111/aba07a.
- [18] E. I. de Obaldía *et al.*, “Study of atomic hydrogen concentration in grain boundaries of polycrystalline diamond thin films,” *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 9, pp. 1–15, 2021, doi: 10.3390/app11093990.
- [19] H. Wang and Y. Cui, “Nanodiamonds for energy,” *Carbon Energy*, vol. 1, no. 1, pp. 13–18, 2019, doi: 10.1002/cey2.9.
- [20] S. Yu, N. Yang, X. Jiang, W. Zhang, and S. Liu, “Conductive Diamond for Electrochemical Energy Applications,” 2020.
- [21] Y. Konuklu, O. Ersoy, and O. Gokce, “Easy and industrially applicable impregnation process for preparation of diatomite-based phase change material nanocomposites for thermal energy storage,” *Appl. Therm. Eng.*, vol. 91, pp. 759–766, 2015, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2015.08.040.
- [22] X. W. Sun, Y. X. Zhang, and D. Losic, “Diatom silica, an emerging biomaterial for energy conversion and storage,” pp. 8847–8859, 2017, doi: 10.1039/c7ta02045g.
- [23] M. V. Blanco, V. Renman, and F. Vullum-bruer, “RSC Advances Nanostructured diatom earth SiO<sub>2</sub> negative electrodes with superior electrochemical,” pp. 33490–33498, 2020, doi: 10.1039/d0ra05749e.
- [24] A. Phys, “Lithiation of silica through partial reduction,” vol. 243905, no. May 2012, 2013.
- [25] G. Lener, M. Otero, D. E. Barraco, and E. P. M. Leiva, “Electrochimica Acta Energetics of silica lithiation and its applications to lithium ion batteries,” *Electrochim. Acta*, vol. 259, pp. 1053–1058, 2018, doi: 10.1016/j.electacta.2017.10.126.
- [26] J. Zhao and A. F. Burke, “Review on supercapacitors: Technologies and performance evaluation,” *J. Energy Chem.*, vol. 59, no. July 1994, pp. 276–291, 2021, doi: 10.1016/j.jechem.2020.11.013.
- [27] R. de P. SENACYT, “Política Nacional de Ciencias, Tecnología e Innovación Panamá 2040 y Plan Nacional Estratégico de Ciencias, Tecnología e Innovación (PENCIYT) 2019-2024 ‘Hacia la Transformación de Panamá,’” no. 28936, pp. 2019–2024, 2020, [Online]. Available: <https://www.senacyt.gob.pa/wp-content/uploads/2020/12/15-PENCIYT2019-2024.pdf>.
- [28] W. T. H. Koh and W. T. H. Koh, “Singapore ’s Transition to Innovation-based Economic Growth : Infrastructure , Institutions and Government ’ s Role Singapore ’ s transition to innovation-based economic growth : infrastructure , institutions and government ’ s role,” pp. 143–160, 2006.
- [29] L. Reizberg, “Diagnóstico de la educación superior en panamá,” *Análisis Inst. Del Sist. Educ. Super. Prep. Para El Banco Interam. Desarro.*, p. 86, 2021, [Online]. Available: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>.
- [30] D. Villarreal *et al.*, “Effect of nitrogen flow on the growth of nitrogen ultrananocrystalline diamond (N-UNCD) films on Si/SiO<sub>2</sub>/HfO<sub>2</sub> substrate,” *Proc. - 2019 7th Int. Eng. Sci. Technol. Conf. IESTEC 2019*, pp. 78–84, 2019, doi: 10.1109/IESTEC46403.2019.00023.
- [31] “RUIM 2019,” 2019. <http://www.ruim.uson.mx/programa.php>.
- [32] “Cursos de Receso Académico 2020.” <https://utp.ac.pa/cursos-para-el-receso-academico-2020>.