

# Formulario de presentación de propuestas de Plan de Tesis de Maestría en el área Ciencias

Año 2018

## 1. DATOS GENERALES DE LA PROPUESTA

1.1. Título	<b><i>Amplificación de señales emitidas por sensores cuánticos en resonancia magnética a través de transferencias de polarización</i></b>
1.2. Responsable/s  Responsabilidad (director/ra) APELLIDO, Nombres Dirección Teléfono Correo electrónico Cargo docente en el IB (no excluyente)	<i>Dr. Gonzalo A. Alvarez (Física - CAB) Laboratorio de Espectroscopia e Imágenes por Resonancia Magnética Nuclear - Departamento de Física Médica - Centro Atómico Bariloche (+54 294) 444 5100 ext. 4842 gonzalo.alvarez@cab.cnea.gov.ar Jefe de Trabajos Prácticos (IB)</i>
1.2.1 Codirección  La Codirección solo se permitirá en casos excepcionales y justificables, tales como trabajos de carácter interdisciplinario. Justifique aquí y agregue los datos que se detallan más arriba para el Director.	<b>Codirector:</b> <i>Dra. Analia Zwick (Física - CAB) Laboratorio de Espectroscopia e Imágenes por Resonancia Magnética Nuclear - Departamento de Física Médica - Centro Atómico Bariloche (+54 294) 444 5100 ext. 4842 analia.zwick@cab.cnea.gov.ar</i>  <i>Este es un proyecto interdisciplinario en el que necesitamos una fuerte componente entre teoría de control cuántico, donde Analia Zwick es experta, combinada con técnicas de Resonancia Magnética Nuclear y sus respectivas técnicas experimentales, donde Gonzalo A. Álvarez es experto. El núcleo de esta línea de investigación esta basado en esa combinación sinérgica, que explota los conceptos teóricos fundamentales con las aplicaciones y tecnologías experimentales.</i>
1.3 Lugar de desarrollo de la tesis  Identificar claramente el lugar donde se desarrollará el trabajo de de tesis.	<i>Laboratorio de Espectroscopia e Imágenes por Resonancia Magnética Nuclear - Departamento de Física Médica - Centro Atómico Bariloche</i>

## 2. DESTINO DE LA PROPUESTA

2.1. Carácter de la propuesta	<input type="checkbox"/> Propuesta de Maestría en Ciencias Físicas  <input checked="" type="checkbox"/> Propuesta de Maestría en Física Médica
-------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 3. DETALLE TÉCNICO DE LA PROPUESTA

3.1. Orientación  Solo para la Maestría en Ciencias Físicas	<input type="checkbox"/> Ciencia de Materiales <input type="checkbox"/> Física en Medicina y Biología <input type="checkbox"/> Física Tecnológica <input type="checkbox"/> Interacción Radiación-Materia <input type="checkbox"/> Materia Condensada <input type="checkbox"/> Partículas y campos <input type="checkbox"/> Sistemas complejos <input type="checkbox"/> Física en medicina y biología
-------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### 3.2 Breve descripción

Se sugiere que la siguiente descripción sea breve y abarcativa, y no necesariamente definitiva. Si existen varias líneas de trabajo posibles dentro de la misma propuesta, no hace falta dar una descripción detallada de cada una. Los planes de trabajo y formación detallados se presentarán una vez asignadas las tesis. Se recomienda fuertemente no incluir símbolos ni fórmulas en la descripción. De ser imprescindible hacerlo, usar formato TeX (p. ej.  $H\$_{2}O$ ,  $\$E=mc^2\$$ )

La espectroscopia e imágenes por resonancia magnética nuclear (RMN y MRI) son poderosas herramientas no invasivas para investigación en física, biología y química, así como para el diagnóstico médico. La resonancia magnética controla el comportamiento de los núcleos y electrones, con el fin de observar los entornos de átomos y moléculas de manera no invasiva. Un ejemplo familiar es el de MRI, donde la señal emitida por los protones de moléculas de agua se manipula para generar imágenes de tejidos de organismos vivos [1-3]. Los protones tienen una característica intrínseca llamada espín, que les otorga propiedades magnéticas. Estos pequeños imanes se pueden alinear con imanes fuertes; si están lo suficientemente alineados ("polarizados"), las señales emitidas por los espines se vuelven lo suficientemente fuertes como para ser detectadas. Cuanto mayor es la polarización, más fácil es observar características más pequeñas y/o propiedades más sutiles de moléculas y tejidos [4-5].

Una forma de mejorar la polarización de los espines nucleares es enfriar el sistema a temperaturas criogénicas. Esto puede implementarse para ciertos sistemas "no vivos", pero claramente no "in vivo". Recientemente, hemos demostrado que combinando técnicas de resonancia magnética con láser, las señales emitidas por los núcleos de carbono en ciertos tipos de diamantes se potencian incluso a temperatura ambiente, imitando los efectos que tendría el mismo a bajas temperaturas [5]. Esto lo logramos usando láser para polarizar los espines electrónicos que se encuentran cerca de los núcleos, y ponerlos luego efectivamente en contacto entre sí para permitir que el primero traspase su polarización a los últimos. Esto se logró combinando el láser con radiación de microondas. Todo, mientras que la temperatura del sistema macroscópico permanecía a temperatura ambiente. Este truco no se puede usar con cualquier material y requiere un tipo especial de diamantes "impuros" llamados defecto de vacancia de nitrógeno (NVC). Este mecanismo de polarizar los espines nucleares más de lo que lo hacen habitualmente, se llama hiperpolarización, ya que esto polariza u orienta los espines con ordenes de magnitud de mejora.

El objetivo de esta tesis es hacer estos métodos más robustos y versátiles [5,6], para que puedan implementarse de forma rutinaria y puedan ser útiles para obtener imágenes del tejido de organismos vivos. Dependiendo el interés del estudiante se trabajará con teoría de sistemas cuánticos abiertos o simulaciones numéricas, implementando control cuántico con campos electromagnéticos o mediciones proyectivas. Se espera que los resultados de esta tesis contribuyan a utilizar nano-diamantes como trazadores para generar imágenes médicas previamente inyectados al cuerpo, o alternativamente para utilizarlos para polarizar soluciones líquidas biocompatibles polarizadas a través del contacto con los diamantes. Los principios físicos de esta técnica también podrían ayudar a desarrollar nuevas tecnologías, como las computadoras cuánticas, que utilizan las propiedades cuánticas de los espines nucleares en lugar de los estados binarios clásicos para realizar los cálculos [7-10].

1 G.A. Álvarez, N. Shemesh, and L. Frydman, *Phys. Rev. Lett.* **111**, 080404 (2013).

2 N. Shemesh, G.A. Álvarez, and L. Frydman, *PLoS ONE* **10**, e0133201 (2015).

3 G.A. Álvarez, N. Shemesh, and L. Frydman, *Sci. Rep.* **7**, 3311 (2017).

4 R Fischer, C.O. Bretschneider, P London, D Budker, D Gershoni, L. Frydman. *Phys. Rev. Lett.* **111**, 057601 (2013).

5 G.A. Álvarez, C.O. Bretschneider, R. Fischer, P. London, H. Kanda, S. Onoda, J. Isoya, D. Gershoni, and L. Frydman, *Nat. Commun.* **6**, 8456 (2015).


6 C.O. Bretschneider, G.A. Álvarez, G. Kurizki, and L. Frydman, *Phys. Rev. Lett.* **108**, 140403 (2012).

7 G.A. Álvarez and D. Suter, *Phys. Rev. Lett.* **104**, 230403 (2010).

8 A. Zwick, G.A. Álvarez, G. Bensky, and G. Kurizki. *New J. Phys.* **16**, 065021 (2014).

9 G.A. Álvarez, D. Suter, and R. Kaiser, *Science* **349**, 846 (2015).

10 A. Zwick, G.A. Álvarez, J. Stolze, and O. Osenda. *Phys. Rev. A* **84**, 022311 (2011). *ibid. Phys. Rev. A* **85**, 012318 (2012).

<b>3.3 Metodología principal</b>	<input type="checkbox"/> Experimental <input type="checkbox"/> Teórico <input checked="" type="checkbox"/> Computacional <input type="checkbox"/> Fenomenológico <input type="checkbox"/> Otro (especificar en la descripción)
<b>3.3.1 Metodología secundaria (si corresponde)</b>	<input type="checkbox"/> Experimental <input checked="" type="checkbox"/> Teórico <input type="checkbox"/> Computacional <input type="checkbox"/> Fenomenológico <input type="checkbox"/> Otro (especificar en la descripción)
<b>4. ANEXOS</b>	
<b>4.1. Aspectos de seguridad</b>  Solo para trabajo experimental. Cuando se realice trabajo experimental se deberá incluir la firma del director/ra del laboratorio garantizando que los experimentos se realizan en un marco de total seguridad para el alumno.	
<b>4.2. Curriculum vitae del director/ra</b>  En caso de no pertenecer al plantel docente del IB.  Puede adjuntarlo al presente formulario en el formato electrónico en que usted lo tenga ya desarrollado.	
<b>4.3. Información adicional que desee incluir</b>	<b>Colaboradores:</b> Dr. Lucio Frydman (Instituto Weizmann, Israel), Dr. Noam Shemesh (Champalimaud Centre for the Unknown), Dr. Dieter Suter (Universidad de Dortmund, Alemania), Dr. Gershon Kurizki (Instituto Weizmann, Israel)
<b>5. RECURSOS PARA LA EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA</b>	
<b>5.1 Recursos materiales</b>  Disponibilidad de espacio físico, equipamiento, insumos y otros elementos materiales necesarios para realizar la propuesta.  Es imprescindible completar este campo y firmarlo.	Declaro que en el período de ejecución de la tesis existirán los recursos necesarios para llevar a cabo la propuesta que se presenta.  Fecha: 22/03/2018 Firma y aclaración del responsable: <div style="text-align: right;">   <b>Gonzalo A. Álvarez</b> </div>