

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	Sensores cuánticos en imágenes por resonancia magnética nuclear
1.2. Responsable/s Responsabilidad (director/ra) APELLIDO, Nombres Dirección Teléfono Correo electrónico Cargo docente en el IB (no excluyente)	<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>
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.	Codirector: <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</i> <i>Este es un proyecto interdisciplinario en el que necesitamos una fuerte componente entre teoría de control cuántico y teoría de la información, 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. $H\$, \$E=mc^2\$$)

El desarrollo de tecnologías cuánticas es un campo de gran crecimiento e importancia actual. Propiedades específicas de sistemas cuánticos son explotadas para mejorar el desempeño de numerosas aplicaciones que requieren la transmisión, el proceso y/o monitoreo de la información cuántica. Estas tecnologías sirven por ejemplo para simular sistemas cuánticos, para hacer cómputos complejos de forma más rápida que con las computadoras clásicas convencionales o para usarlos como sensores a escalas moleculares, nanométricas y micrométricas con fuertes aplicaciones en el ámbito físico, químico, biológico y médico.

El gran desafío a afrontar para el desarrollo de estas nuevas tecnologías, es que los sistemas cuánticos son muy sensibles al medioambiente con el cual inevitablemente interactúan [1]. Estas interacciones degradan las propiedades cuánticas indispensables para estas nuevas tecnologías, como las coherencias o el entrelazamiento cuántico. Sin embargo, esta misma interacción con el ambiente puede ser utilizada como una herramienta si es controlada de forma adecuada tanto para el monitoreo del ambiente [2-4] o como proceso de control para hacerlo más robusto o eficiente [5-7]. Es entonces esencial controlar la interacción entre el dispositivo y su medio ambiente, para suprimir los efectos indeseados del ambiente, mientras que la interacción necesaria para que los dispositivos funcionen de la forma deseada se mantenga.

Con esta tesis se contribuirá al desarrollo de nuevas tecnologías cuánticas y aplicaciones en física, química, biofísica y medicina basadas en espectroscopia e imágenes por resonancia magnética nuclear a través de la explotación y desarrollos de conceptos fundamentales de la mecánica cuántica. De acuerdo al interés del estudiante, la orientación puede ser más teórica, computacional, análisis de datos experimentales y eventualmente experimental. Se combinarán técnicas de control cuántico en resonancia magnética con herramientas de teoría de la información cuántica [4,8], para desarrollar métodos para utilizar espines nucleares o electrónicos como sensores cuánticos para caracterizar su entorno a escalas moleculares, nanométricas y micrométricas [2-5,8-14]. El objetivo principal es extraer y controlar información de utilidad para monitorear una gran variedad de procesos a estas escalas que tanto en el corto, como en el largo plazo produzcan nuevos métodos no invasivos para el diagnóstico y estudio de enfermedades y de procesos biológicos en animales y seres humanos. Sensores cuánticos en estos casos pueden ser los espines nucleares de moléculas intrínsecas a sistemas biológicos (ej. protones del agua), o dispositivos nanométricos que son inyectados o puestos en contacto con sistemas biológicos.

1 D. Suter and G.A. Álvarez. *Rev. Mod. Phys.* **88**, 041001 (2016).

2 G. A. Álvarez and D. Suter, *Phys. Rev. Lett.* **107**, 230501 (2011).

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

4 A. Zwick, G. A. Álvarez, and G. Kurizki, *Phys. Rev. Applied* **5**, 014007 (2016).

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

6 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).

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

8 A. Zwick, G.A. Álvarez, and G. Kurizki. *Phys. Rev. A* **94**, 042122 (2016).

9 N. Shemesh, G. A. Álvarez, and L. Frydman, *J. Magn. Reson.* **237**, 49 (2013).



10 G. A. Álvarez, N. Shemesh, and L. Frydman, *J. Chem. Phys.* **140**, 084205 (2014).

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

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

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

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

3.3 Metodología principal	<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)
3.3.1 Metodología secundaria (si corresponde)	<input checked="" type="checkbox"/> Experimental <input type="checkbox"/> Teórico <input type="checkbox"/> Computacional <input type="checkbox"/> Fenomenológico <input type="checkbox"/> Otro (especificar en la descripción)
4. ANEXOS	
4.1. Aspectos de seguridad 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.	 Gonzalo A. Álvarez
4.2. Curriculum vitae del director/ra 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.	CV Adjunto
4.3. Información adicional que desee incluir	Colaboradores: 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) Cursos de Posgrado (opcionales): - Introducción a la biología celular y molecular - Introducción a las ciencias médicas - Caracterización de materiales - Información Cuántica - Espectroscopía e Imágenes por Resonancia Magnética Nuclear - Teoría de la información y la codificación - Procesos Estocásticos y Estadística de No-equilibrio
5. RECURSOS PARA LA EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA	
5.1 Recursos materiales 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:  Analia Zwick