



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

Anexo I
Estructura de Presentación de Propuestas

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
Facultad Politécnica

**CONVOCATORIA PARA PRESENTACIÓN DE
PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**

FORMULARIO DE PRESENTACIÓN

PERFIL DEL PROYECTO

1. OBSERVACION DE LA ROTACION DIFERENCIAL DEL SOL EN EL PERIODO 2005 AL 2010

Investigador principal: Prof. Dr. José Gómez; **Coinvestigador:** Prof. MSc. Carlos González

2. Resumen del proyecto

El estudio de las manchas solares es de interés para la predicción de la actividad solar, esto permite la planificación de misiones espaciales, además, la rotación diferencial, por su parte, está conectada a fenómenos magnéticos y de convección, es decir, con el comportamiento del interior del sol. Mediante la utilización del registro de manchas solares del Observatorio Prof. Alexis Troche Boggino de la Facultad Politécnica FP-UNA tomados diariamente en el periodo 2005-2010, se podrá obtener la curva de rotación del sol mediante el método de mínimos cuadrados. Esto posibilitará estudiar la etapa final descendente de ciclo solar 23 y la etapa inicial ascendente del ciclo solar 24, etapa conocida como mínimo del ciclo solar 24, esto en cuanto a la rotación diferencial se refiere.

Este estudio permitirá clasificar las manchas y grupos de manchas solares utilizando la clasificación de McIntosh, con lo cual, se espera poder relacionar la frecuencia de aparición de cada clase, por latitud, con la curva de velocidad rotacional sideral obtenida. Además, se espera comprobar la Ley de Spörer de aparición de manchas solares por latitud, que estipula una aparición de manchas a latitudes heliográficas altas al inicio de un ciclo y a latitudes bajas al final del ciclo. También se espera observar diferencias entre las velocidades siderales de rotación entre los hemisferios norte



CAMPUS DE LA UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

y sur heliográficos. Por último, será posible estudiar e intentar observar la tendencia de disminución de la velocidad de rotación ecuatorial en función de los ciclos solares. Esta tendencia de disminución también incluye la velocidad de rotación durante los mínimos de actividad solar como es el caso del presente proyecto.

Palabras clave: rotación diferencial, manchas solares, ciclos solares

3. Equipo de investigadores

Nombre	Formación / grado académico	Sede/Grupo de Investigación/Carrera	Función y actividad en el proyecto
José María Gómez	Doctorado en Energías Renovables- Maestría en Astrofísica	Grupo de Investigación en Astronomía-GIA	Investigador principal: dirección general, redacción, cálculos y revisión.
Carlos Daniel González	Maestría en Ciencias Físicas	Grupo de Investigación en Astronomía-GIA	Coinvestigador: redacción, uso de editor de textos.

4. Área y especialidad de la propuesta

El área de actuación del proyecto puede ser identificado con el área de Ciencias Físicas, específicamente la astronomía, en concordancia con las directrices del manual de Frascati (OCDE, 2015), por otro lado, también se puede apreciar que el mismo puede contribuir de manera significativa al logro objetivo estratégico 5 de “Fomentar la apropiación social del conocimiento técnico y científico como factor de desarrollo sostenible” del Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (2017), específicamente con lo dictado por el objetivo estratégico “Promover en la sociedad paraguaya la alfabetización científica y tecnológica, como factor de transformación social y construcción de una sociedad cada vez más basada en el conocimiento”.

Este proyecto está alineado con el Plan Nacional de Desarrollo 2030 en cuanto a contribuir a garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente (STP, 2014).



CAMPUS DE LA UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

Desde el punto de vista de la Facultad Politécnica (2022) el proyecto ayuda al logro de los siguientes objetivos estratégicos: “Fortalecer programas y líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I)” y “Fortalecer los sistemas de divulgación científica”. Finalmente cabe mencionar que mediante este proyecto también se pretende colaborar con el logro del ODS 4, “Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos” (ONU, s.f.).

5. Objetivos del proyecto

Objetivo general

Estudiar la rotación diferencial del sol en el periodo 2005-2010 mediante la explotación de los registros del observatorio astronómico Prof. Alexis Troche

Objetivos específicos

1. Obtener la curva de ajuste de los datos de velocidad sideral de rotación por el método de los mínimos cuadrados
2. Obtener la curva de ajuste de los datos de velocidad sideral de rotación para cada hemisferio solar
3. Obtener la curva de ajuste de los datos de velocidad sideral de rotación para la fase descendente del ciclo solar 23 y la fase ascendente del ciclo solar 24

6. Resultados esperados y los medios para verificarlos

1. Una curva de ajuste con parámetros y errores acorde a los valores de la literatura*.
2. Una curva de ajuste con parámetros y errores acorde a los valores de la literatura para cada hemisferio.
3. Una curva de ajuste con parámetros y errores acorde a los valores de la literatura para cada fase estudiada.

*Los valores de los parámetros varían de ciclo solar a ciclo solar y dependen de la cantidad de datos disponibles entre otros factores.

7. Antecedentes y Justificación

Los fenómenos físicos que ocurren en el Sol son de importancia debido a la interacción de este con la Tierra como fuente primordial de energía, las condiciones extremas de su interior que funciona como un laboratorio natural que permite ajustar los modelos teóricos existentes y la actividad solar, cuya predicción es de relevancia para la planificación de las misiones espaciales. El estudio del movimiento de las manchas solares permite comparar modelos y técnicas actuales con aquellos desarrollados y empleados por científicos de épocas pasadas como fue el caso de



CAMPUS DE LA UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

Husak *et al.* (2021) en el estudio del método de Boskovic en la determinación de elementos de la rotación solar. Uno de los aspectos de interés es la dependencia de la velocidad de rotación solar con la latitud observada, se puede ver que la misma es máxima en el ecuador solar y disminuye en la medida que aumenta la latitud, este fenómeno es denominado la rotación diferencial del Sol (Kambry and Nishikawa, 1990).

La rotación diferencial del sol fue descubierta en el año 1630 y desde entonces fue estudiada en diversos momentos, estos estudios se hacen fundamentalmente por dos métodos, el método de trazado y el del análisis espectroscópico. Hoy en día se cree que la misma afecta de alguna manera la actividad magnética del sol, sin embargo, esta conexión no es muy clara aun (Li *et al.*, 2013), pero su existencia y análisis juegan un rol importante en el modelo de dinamo del Sol (Charbonneau, 2010). La rotación diferencial está relacionada al proceso de convección en el interior del sol. Las simulaciones numéricas de alta resolución mostraron ser exitosas en reproducir la rotación diferencial del tipo solar. Campos magnéticos fuertes generados por dinamos en pequeña escala tienen un impacto significativo en la convección térmica. Comparaciones detalladas entre las simulaciones y las observaciones de espectros de energía son necesarias para resolver el problema y para ello son requeridas simulaciones de más alta resolución (Hotta and Kusano, 2021).

En el observatorio astronómico Prof. Alexis Troche de la FP-UNA se han registrado diariamente manchas solares en el periodo 2005-2010 lo que permitió el seguimiento de la actividad solar y la publicación de los resultados de la investigación en revistas científicas indexadas locales e internacionales como puede verse en Gómez y Doncel (2019) y Gómez y Benítez (2022). La explotación de base de datos es una actividad frecuente en el área de astronomía y astrofísica, lo que ha permitido logros científicos de relevancia histórica, como es el caso de la medición de la velocidad de la luz por Roemer y la gran cantidad de investigaciones surgidas del uso de las bases de datos de las grandes misiones espaciales y terrestres. En este proyecto se pretende obtener la

mayor información posible de los registros disponibles en el observatorio de forma a estudiar el fenómeno descrito más arriba.

8. Materiales y Métodos

Se realizará el estudio de la rotación diferencial del Sol mediante la observación de manchas solares en el periodo comprendido entre el 2005 y el 2010. Las imágenes fueron obtenidas por proyección mediante una pantalla acoplada al telescopio catadióptrico MEADE de 8 pulgadas de apertura y



CAMPUS DE LA UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

2000 mm de distancia focal, en donde las manchas solares fueron registradas en una hoja con un círculo impreso de 15 cm de diámetro.

Debido al tiempo transcurrido entre las observaciones y el inicio del presente trabajo será utilizada una tabla solar y una carta heliográfica mediante las cuales serán comprobadas las coordenadas heliográficas de cada mancha o grupo de manchas previamente asignadas con estas mismas herramientas por profesionales del observatorio. Además, cada grupo de manchas cuenta con una asignación con base a la clasificación de McIntosh (McIntosh, 1990) que contribuirá al cálculo posterior de las velocidades de rotación, los datos de cada mancha serán analizados y digitalizados.

También se realizarán cálculos por periodos, que son los siguientes: 2005-2010, 2006-2010 y 2007-2010, esto para dar cuenta de las diferencias en la cantidad de datos disponibles en cada uno de ellos y en un intento de estudiar de manera simétrica el mínimo entre los ciclos 23 y 24 (2007-2010). Serán descartadas las manchas ubicadas en latitudes superiores a cuarenta grados absolutos como requerimiento del uso del modelo adoptado. Por último, serán repetido los cálculos para ambos hemisferios por separado, de tal manera que contribuyan a ampliar el análisis del fenómeno estudiado.

Los cálculos serán realizados utilizando un modelo matemático de observación basado en los trabajos de la National Astronomical Observatory en Mitaka (Kambry and Nishikawa, 1990) de Tokio-Japón y Kodaikanal Solar Observatory (KoSO) de Kodaikanal-India (Jha *et al.*, 2021). La inclinación solar i y el ángulo ϕ serán obtenidos para cada fecha del mapa de latitud solar de la Astronomical Society of Japan mientras que la distancia diaria Tierra-Sol r de la In-The-Sky.org de Dominic Ford, Institute of Astronomy, Cambridge UK, disponible en <https://in-the-sky.org/ephemeris.php/3439389>. Con estos datos de velocidad sinódica será calculada la velocidad angular sidereal correspondiente.

Los valores de velocidad sidereal serán utilizados para determinar por el método de mínimos cuadrados los coeficientes A y B dados en la ecuación del modelo, con sus respectivas incertidumbres, con una linealización previa correspondiente. Estos resultados serán comparados con los obtenidos en investigaciones recientes como el de Tlatov y Tlatova (2024), Abuzeid (2024) y otros.

9. Relevancia de la propuesta

Se espera contribuir en el entendimiento del comportamiento de la rotación del sol durante el mínimo de actividad solar, conocer las características del fenómeno durante el mínimo del ciclo solar 24 en particular. Es un estudio pionero a nivel país en su tipo, tanto por el periodo de 6 años de datos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

CAMPUS DE LA UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

disponibles, así como por la técnica utilizada, la de proyección de imágenes telescópica en una pantalla.

10. Plan del trabajo

Tiempo de duración en meses: 5 meses

Inicio del proyecto: 01 de junio del 2025

Finalización del proyecto: 20 de octubre del 2025

Resultado esperado	Actividades principales	Indicadores de éxito	Medios de Verificación	Supuestos/ imponderables	Tiempo de ejecución (semana N°)
Digitalización de datos del archivo	Carga de datos en planillas electrónicas	Archivo con datos de posición disponibles	Correo institucional	Indisposición, viajes y huelga	1-4
Obtención de las velocidades de rotación	Cálculo de las velocidades de rotación sinódicas y siderales	Archivo con datos de velocidad disponibles	Correo institucional	Indisposición, viajes y huelga	5-7
Obtención de curvas de ajuste	Cálculos de ajuste por el método de mínimos cuadrados	Archivo con datos y gráficas disponibles	Correo institucional	Indisposición, viajes y huelga	8-10
Socialización de resultados preliminares	Aniversario del Observatorio: charlas y visitas guiadas de observación del sol.	Adquisición de un telescopio.	Medios institucionales de comunicación	No liberación de fondos	11-12
Introducción finalizada	Investigación bibliográfica y redacción de artículo	Archivo PDF disponible	Correo institucional	Indisposición, viajes y huelga	13-14



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
 DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

CAMPUS DE LA UNA
 SAN LORENZO-PARAGUAY

Metodología finalizada	Investigación bibliográfica y redacción de artículo	Archivo PDF disponible	Correo institucional	Indisposición, viajes y huelga	15-16
Presentación de resultados, discusión finalizada	Realización de gráficas y redacción de la discusión	Archivo PDF disponible	Correo institucional	Indisposición, viajes y huelga	17-18
Finalización de artículo	Redacción de conclusiones y agradecimientos. Revisión completa del texto. Envío a revista científica.	Archivo PDF disponible	Correo institucional, constancia de envío y aceptación.	Indisposición, viajes y huelga	19-20

11. Presupuesto

	Descripción del bien o servicio	Especificaciones básicas	Actividad	Subtotal Guaraníes
1	Telescopio Celestron NexStar 90SLT - Computarizado AZ Maksutov - Cassegrain	Apertura: 90mm (3,5 pulgadas) Distancia Focal: 1250mm Relación focal: f/14	Socialización de resultados preliminares, visita guiada por aniversario.	9,720,000
2	Pago por derecho de autor	Artículo científico	Redacción de artículo científico	280,000
	Total			10,000,000

12. Estrategia de comunicación

Se espera presentar para su publicación, un artículo científico relacionado al proyecto en una revista nacional o internacional indexada. También se espera poder realizar jornadas de divulgación de los resultados, para dar a conocer al público en general la importancia de los



CAMPUS DE LA UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

fenómenos solares y los resultados de la investigación. Todo esto en el marco de los 25 años del observatorio astronómico Prof. Alexis Troche FP-UNA.

13. Referencias bibliográficas

- Abuzeid, B. (2024). Differential rotation of sunspot groups as a function of their area. *Al-Satil*, 18(39).
- Charbonneau, P. (2010). Dynamo models of the solar cycle. *Living Reviews in Solar Physics*, 7.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (2017). Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Alojado en: https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/upload_editores/u38/Politica-de-CTI-publicaci%C3%B3n.pdf
- Facultad Politécnica UNA. (2022). Plan Estratégico Institucional 2021 - 2025. Disponible en: <https://www.pol.una.py/wp-content/uploads/2022/09/Libro-PEI-Sin-separacion-Para-revision-.pdf>
- Gómez, J. M. and Benitez, D. (2022). Predicción del ciclo solar 25 por el método combinado. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(4):361–373.
- Gómez, J. M. and Doncel, F. (2019). Complete prediction of the solar cycle 24 through the combined method. *Reportes científicos de la FACEN*, 10(1):3–9.
- Hotta, H. and Kusano, K. (2021). Solar differential rotation reproduced with high-resolution simulation. *Nature Astronomy*, 5(11):1100–1102.
- Husak, M., Brajša, R., & Špoljarić, D. (2022). SOLAR ROTATION ELEMENTS i , Ω AND PERIOD DETERMINED USING SUNSPOT OBSERVATIONS BY RUĐER BOŠKOVIĆ IN 1777. *arXiv preprint arXiv:2203.11745*.
- Jha, B. K., Priyadarshi, A., Mandal, S., Chatterjee, S., and Banerjee, D. (2021). Measurements of solar differential rotation using the century long kodaikanal sunspot data. *Solar Physics*, 296.
- Kambry, M. A. and Nishikawa, J. (1990). Solar differential rotation derived from sunspot observations. *Solar Physics*, 126(1):89–100.
- Li, K. J., Feng, W., Shi, X. J., Xie, J. L., Gao, P. X., and Liang, H. F. (2013). Long-term variations of solar differential rotation and sunspot activity: Revisited. *Solar Physics*, 289(3):759–768.
- McIntosh, P. S. (1990). The classification of sunspot groups. *Solar Physics*, 125:251–267.
- OCDE (2015), Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities. Publicado por acuerdo con la OCDE, París (Francia). DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264239012-en>
- Organización de las Naciones Unidas. (s.f.). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

CAMPUS DE LA UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

Secretaría Técnica de Planificación del Desarrollo Económico y Social. (2014). Plan Nacional de Desarrollo Paraguay 2030. Disponible en: <https://observatorioplanificacion.cepal.org/sites/default/files/instrument/files/DECRETO2794.pdf>

Tlatov, A. G. and Tlatova, K. A. (2024). Differential rotation of individual sunspots and pores. The Astrophysical Journal, 977(1):110.