



FORMULARIO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

**1.- CARACTERIZACIÓN DEL COEFICIENTE DE ROCE DE MATERIAL DE FRICCIÓN DE USO INDUSTRIAL EN DISTINTAS FORMULACIONES.
RELACIÓN ENTRE PRESIÓN ESPECÍFICA Y VELOCIDAD RELATIVA DE DESLIZAMIENTO ENTRE PARTES.**

2.- Tipo de Actividad.

INVESTIGACION BASICA	
INVESTIGACION APLICADA	X
INVESTIGACION EXPERIMENTAL	

3.- Fricción. Rozamiento mecánico.

4.- Autores del Proyecto.

Amé, Ricardo Mario.

Gualco, Agustín

5.- Director del Proyecto.

APELLIDO Y NOMBRES		Gualco, Agustín	
TÍTULO	Doctor de la UBA, Área Ingeniería		
CÁTEDRA	Materiales Industriales	CATEGORÍA DE DOCENTE INVESTIGADOR	III
CARGO DOCENTE	Adjunto	HORAS MENSUALES DEDICADAS A LA INVESTIGACIÓN	30
DOMICILIO	Alberto Grande 1651	LOCALIDAD	Luis Guillón
CELULAR	011-15-62053867	E-MAIL	agustingualco@yahoo.com.ar

6.- Co-Director del Proyecto.

APELLIDO Y NOMBRES			
TÍTULO			
CÁTEDRA		CATEGORÍA DE DOCENTE INVESTIGADOR	
CARGO DOCENTE		HORAS MENSUALES DEDICADAS A LA INVESTIGACIÓN	
DOMICILIO		LOCALIDAD	
CELULAR		E-MAIL	



FORMULARIO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

7.- Responsable de su Ejecución.

APELLIDO Y NOMBRES	Amé, Ricardo Mario		
TÍTULO	Doctor en gestión de Empresas de la Univ. Politécnica de Valencia, España		
CÁTEDRA	Elementos de máquinas	CATEGORÍA DE DOCENTE INVESTIGADOR	IV
CARGO DOCENTE	Profesor Titular	HORAS MENSUALES DEDICADAS A LA INVESTIGACIÓN	20
DOMICILIO	Medrano 1645 piso 1 Dpto. A	LOCALIDAD	CABA
CELULAR	011-15-5-801-0778	E-MAIL	ingricardoame@gmail.com

8.- Integrantes del Grupo de Investigación.

APELLIDO Y NOMBRES	Lezama, Daniel Hernán		
TÍTULO	Ingeniero Industrial		
CÁTEDRA	Elementos de Máquinas	CATEGORÍA DE DOCENTE INVESTIGADOR	V
CARGO DOCENTE	Jefe de Trab. Prácticos	HORAS MENSUALES DEDICADAS A LA INVESTIGACIÓN	20
DOMICILIO	Carlos Tejedor 1379 Dpto 4	LOCALIDAD	Lanús Oeste
CELULAR	011-15-6-830-1200	E-MAIL	danielhleza@gmail.com

APELLIDO Y NOMBRES	Castro Alberto		
TÍTULO	Estudiante de Ingeniería Mecánica		
CÁTEDRA	-	CATEGORÍA DE DOCENTE INVESTIGADOR	-
CARGO DOCENTE	-	HORAS MENSUALES DEDICADAS A LA INVESTIGACIÓN	20
DOMICILIO	Avenida Francia 1832.	LOCALIDAD	Presidente Perón, Buenos Aires - Argentina
CELULAR	1536213587	E-MAIL	catalogoalberto@gmail.com

APELLIDO Y NOMBRES	Perez Javier		
TÍTULO	Estudiante de Ingeniería Mecánica		
CÁTEDRA	-	CATEGORÍA DE DOCENTE INVESTIGADOR	-
CARGO DOCENTE	-	HORAS MENSUALES DEDICADAS A LA INVESTIGACIÓN	20
DOMICILIO	Muzzilli 395	LOCALIDAD	Lomas de Zamora, Buenos Aires - Argentina
CELULAR	1536213587	E-MAIL	catalogoalberto@gmail.com



FORMULARIO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

9.- Proyecto.

9.1.- Área de incumbencia.

9.1.1.- Disciplina científica

Ingeniería Mecánica. Diseño de componentes de máquinas. Mantenimiento de máquinas.

9.1.2.- Campo de aplicación.

Los resultados a obtener tienen directa aplicación en el diseño mecánico, mantenimiento y mejora de embragues, frenos y sistemas de acople de movimientos de uso industrial, ferroviario y automovilístico, donde se utiliza el principio de rozamiento para su funcionamiento. Estos son ampliamente utilizados en las transmisiones que mueven máquinas del rubro alimenticio, minero, metalmeccánico, automotriz, agrícola, del plástico, entre muchas otras.

9.2.- Finalidades específicas.

9.2.1.- Situación problema, descripción y localización.

Los materiales de fricción, manufacturados con diversidad de componentes químicos y en distintas proporciones, según el fabricante, presentan coeficientes de fricción variables compatibles con dicha multiplicidad de composición y relacionada de algún modo con la presión específica y la velocidad de deslizamiento.

Las pastillas de freno y los aditivos para freno cumplen una variedad de funciones. Incluso una diferencia de uno o dos por ciento de la concentración de aditivos puede afectar el rendimiento, por lo que el control de la composición es importante. Este informe enumera materiales aditivos por función. Según Nicholson (1995), es convencional enumerar las composiciones de aditivos para frenos en porcentaje en volumen, pero no todos los autores lo hacen. Se pueden agrupar materiales y aditivos para frenos en función de sus funciones esperadas de la siguiente manera:

- Abrasivos
- Modificadores de fricción
- Rellenos y refuerzos
- Materiales aglutinantes

Hay una pequeña ambigüedad en esta categorización. Algunos de los aditivos se pueden colocar en más de una categoría, ya que cumplen varias funciones. En consecuencia, hay algunas superposiciones inevitables en los listados tabulares. Además de los materiales de freno básicos, normalmente hay algo de porosidad (5-10% o más). Para analizar el papel de los aditivos en el control de la fricción y el desgaste, es insuficiente simplemente conocer su composición, ya que su forma, distribución y tamaño de partícula pueden afectar la fricción y

3



FORMULARIO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

el comportamiento al desgaste. Por ejemplo, las partículas esféricas redondeadas de un material duro y abrasivo pueden tener un efecto diferente al de las partículas esféricas angulares en la formación y estabilidad de las películas de superficie producidas por fricción las que controlan el comportamiento de frenado.

El cabal conocimiento de estas variables y su correlación (más allá de la variabilidad del coeficiente de roce según lo indicado) permiten optimizar los diseños de elementos mecánicos cuyo funcionamiento se basa en el roce de partes para transmitir movimiento.

De este modo se puede establecer las mejores condiciones de funcionamiento, de acuerdo a su aplicación específica y garantizar la eficiencia del funcionamiento.

Los materiales de fricción basados en orgánicos sin asbesto (NAO) son esencialmente sistemas de múltiples ingredientes (que contienen más de 10 ingredientes, en general) para lograr la amalgama deseada de las propiedades de rendimiento [1]. Aunque la lista de ingredientes utilizados para la formulación de tales compuestos supera el número 700 [2], estos se clasifican en cuatro categorías principales, a saber: aglutinante, fibras, modificadores de fricción y rellenos basados en la función principal que realizan aparte de controlar el rendimiento de la fricción y el desgaste. Binder es el corazón de un sistema que une firmemente los ingredientes para que puedan realizar la función deseada en los materiales de fricción. Las fibras en combinación se agregan principalmente para mayor resistencia, mientras que los modificadores de fricción se utilizan para manipular el rango deseado de fricción. Los rellenos son de dos tipos, a saber: rellenos funcionales (para mejorar el rasgo característico particular de los compuestos como la resistencia al desvanecimiento, etc.) y rellenos espaciales / inertes (principalmente para reducir el costo).

Las resinas fenólicas (modificadas y no modificadas) se usan invariablemente como aglutinantes en materiales de fricción debido al bajo costo junto con una buena combinación de propiedades mecánicas como alta dureza, resistencia a la compresión, resistencia térmica moderada, resistencia a la fluencia y muy buena capacidad de humectación con la mayoría de los ingredientes. Sin embargo, estas resinas son sensibles al calor y la humedad y la polimerización in situ comienza lentamente incluso a temperatura ambiente, lo que lleva a una vida útil deficiente. Estos fenólicos sufren serios inconvenientes y limitaciones, como la evolución de volátiles nocivos (a saber, NH₃ (amoníaco), HCHO (formaldehído), etc.) también durante el curado a temperatura ambiente, una vida útil muy corta que plantea un grave problema de almacenamiento y transporte, contracción, grietas y vacíos en los productos finales, la necesidad de catalizador que se mezcla en la resina en polvo antes de enviarlo al mercado comercial, etc., lo que lleva a un mayor costo. A pesar de estos hechos, la elección de aglutinantes en materiales de fricción sin asbesto todavía se limita en gran medida a los fenólicos y sus versiones modificadas debido a la no disponibilidad del tipo correcto de resina alternativa junto con el costo viable. Se informa un poco sobre el estado del arte de la exploración de nuevas resinas para el reemplazo de los aglutinantes utilizados actualmente en el artículo de revisión publicado recientemente con un énfasis en la grave necesidad de investigación en esta dirección [3]. Pocos documentos disponibles sobre los sistemas de

4



FORMULARIO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

aglutinantes alternativos [4–8] informan más sobre el modelado de composiciones de fricción en lugar de destacar los aspectos comparativos (beneficios y limitaciones) del uso de tales resinas.

Los componentes orgánicos de los compuestos de fricción, como la resina, el polvo CNSL (cashew nut shell liquid), la pasta de aramida, etc., son responsables del desvanecimiento (disminución de la eficiencia de frenado o μ con aumento de la temperatura promedio de la superficie de frenado, típicamente en el rango de 300–400 °C) que es una característica extremadamente indeseable. Entre estos, la resina es el principal culpable de la misma. El fenómeno de desvanecimiento reduce la eficiencia de frenado y la utilidad también. Especialmente durante el frenado severo o el frenado repetitivo, mientras se controla la velocidad o durante los arranques y paradas frecuentes, la temperatura de la superficie de fricción excede significativamente y conduce a la precipitación de desvanecimiento. La resistencia al desvanecimiento es uno de los parámetros de rendimiento más críticos para la selección de un material de fricción. Por lo tanto, al adaptar la composición de un material de fricción, resulta imperativo evaluar el material recientemente diseñado para determinar su resistencia a la decoloración.

La restauración del coeficiente de fricción a un nivel original (después de mostrar desvanecimiento a temperatura elevada) a temperaturas más bajas llamada recuperación. El alcance de esto definitivamente depende del tipo de aglutinantes e ingredientes. Se informa mucho sobre la causa del desvanecimiento [9–12] y la influencia de los rellenos o modificaciones en la estructura de los fenólicos sobre el comportamiento del desvanecimiento en los materiales NAO [13–20]. Los estudios de desvanecimiento y recuperación en compuestos de fricción representan el rendimiento tribo en condiciones de operación severas. El desvanecimiento debe ser lo más bajo posible. Es imperativo realizar estos estudios antes de la comercialización de nuevas formulaciones en el mercado.

Por lo tanto, en este trabajo, los estudios se realizarán sobre diferentes compuestos para resaltar la influencia de la resina recientemente desarrollada y otros aditivos en comparación con los compuestos de resina tradicionales.

9.2.2.- Objetivo/s del proyecto.

Determinar la variabilidad del coeficiente de roce en función de los componentes químicos conformantes y obtener la ley, y sus excepciones, que vincula, de modo paramétrico, el coeficiente de roce con la presión específica y la velocidad relativa entre materiales de fricción y superficies metálicas.

9.3.- Plan a desarrollar

9.3.1. Estado actual del conocimiento sobre el tema.

5



FORMULARIO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

El desarrollo de materiales modernos de fricción tiene una historia abarcando los últimos 110 años. A Herbert Froot se le atribuye inventando el primer material de freno en 1897 (Blau, 2001). Su invención condujo a la fundación de la Compañía Ferodo, una empresa que todavía suministra materiales para forros de frenos en la actualidad. En 1901, Herbert patentó un bloque hecho de capas de material textil impregnado con caucho, si el bloque se iba a usar contra el acero, o cera, si se iba a usar contra el caucho. A medida que aumentaba el deber de los frenos, el algodón tendía a carbonizarse, por lo que, en 1908, Herbert lo reemplazó con asbesto.

El asbesto fue tejido en una tela suelta e impregnado con resinas y barnices de alto punto de fusión. Para 1914, el uso de las pastillas de freno Ferodo era generalizado. En la década de 1920, todos los materiales de fricción eran del tipo Ferodo. En 1925, British Belting and Asbestos (BBA) Limited se hizo conocido como BBA Group, que produjo marcas de material de fricción tan famosas como Mintex, Don, Textar, Frenosa, Bendix Mintex y SBF (Smales, 1995). En la década de 1930, Ferodo recurrió a las resinas termoendurecibles y más tarde introdujo revestimientos moldeados en lugar de tejidos. Los revestimientos moldeados se hicieron mezclando fibra y resina y, también, polimerizando la resina bajo presión y temperatura. Se podrían introducir rellenos tales como partículas minerales y metálicas, que modifican las propiedades de desgaste del revestimiento, en estos revestimientos, y se podrían usar polímeros que eran impracticables con los revestimientos tejidos (Newcomb y Spurr, 1967).

De lo anterior, el asbesto se ha utilizado como material base en la fabricación de materiales para forros de frenos durante casi 100 años. Todavía lo usan algunos fabricantes que no poseen la tecnología o la voluntad necesarias para cambiar a otros materiales. Aunque el asbesto ha sido referido como un material "dado por Dios" para su inclusión en revestimientos de fricción debido a sus buenas propiedades físicas y químicas que permanecen estables en el rango de temperatura experimentado por los materiales de fricción (Smales, 1995), se ha informado que el asbesto tiene Graves riesgos para la salud. Las enfermedades asociadas con él incluyen asbestosis, mesotelioma, cáncer de pulmón y otros tipos de cáncer (Anon, 2004: Norton, 2001).

Se han realizado esfuerzos para reemplazar las fibras de amianto en los revestimientos de fricción. Esto se ejemplifica en el trabajo de Nakagawa et al. (1986), quienes utilizaron fibras metálicas para incluirlas en las pastillas de freno para superar la contaminación ambiental. Desarrollaron material de almohadilla semimetálica utilizando fibras metálicas cortas mecanizadas por vibración porque exhibía excelentes propiedades en vista de las características de los frenos y la resistencia al desgaste. La pastilla de freno contenía aproximadamente un 60% en peso de fibras de acero con 60 μm de diámetro y 3 mm de largo. Blau (2001) informó los efectos aditivos de varios materiales que no son de asbesto en los revestimientos de fricción.

Por lo tanto, para reducir o eliminar por completo los riesgos para la salud que plantea el asbesto en la fabricación de revestimientos de fricción y para reducir el costo de los



FORMULARIO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

revestimientos de fricción, este trabajo presenta el desarrollo de un material moderno con diferentes composiciones de revestimiento cuyo comportamiento de fricción todavía no ha sido evaluado.

9.3.2. Hipótesis del trabajo.

Existe una relación cuali y cuantitativa directa entre la composición química y proporciones del material de rozamiento y el coeficiente de roce, y con la presión específica, e inversa con la velocidad de deslizamiento relativa entre las superficies en contacto.

9.3.3. Materiales y métodos.

9.3.3.1. Indicar los materiales a utilizar.

Máquina "Pin on Disk" existente y en funcionamiento en el Laboratorio de Soldadura.
Material de fricción moldeado en composiciones clásicas y variables según demanda del proyecto provisto a modo de donación por la empresa *Antrieb Sudamericana SA*.
Mecanizados de probetas con provisión de materiales a modo de donación por parte de la empresa *Antrieb Sudamericana SA*.
Computadoras, impresoras e insumos disponibles en distintos espacios de la Facultad.

9.3.3.2. Indicar los métodos y técnicas a aplicar.

Caracterización macroestructural

Ensayos no destructivos: con el fin de evaluar la sanidad de los materiales se realizarán, antes y posterior al ensayo, estudios con lupa estroboscópica. Se verificarán fisuras, falta de material u otros defectos superficiales. Se emplearán los equipos de la UNLZ.

Calibración del equipo de fricción

Con el fin de realizar la puesta a punto del equipo "pin on disk" se efectuarán ensayos de fricción de material patrón metal-metal. Se utilizarán 3 muestras y se aplicaran cargas de 2, 5 y 10 N.

Ensayos de probetas con distintas cargas, composiciones químicas y velocidades relativas

Se dispone de normas para la determinación del coeficiente de roce de modo que los fabricantes de compuestos adecuen sus productos a dichas normativas. No obstante, en estos ensayos se obtiene el valor del coeficiente de roce para una determinada presión específica y velocidad, lo que no permite discernir sobre la variabilidad de los parámetros que pueden definir un diseño adecuado para aplicaciones específicas.

El proyecto de investigación se fundamenta en el resultado de ensayo de probetas.

7



FORMULARIO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Por cada conjunto de probetas, constituidas por material de fricción, en distintas composiciones y proporciones, y material metálico de respaldo, se determinan las curvas que relacionan el coeficiente de fricción con el conjunto "material de fricción y respaldo", considerando a la presión específica y velocidad relativa como parámetros distintivos. Se utilizarán 3 tipos de materiales, se aplicarán 3 cargas de 2, 5 y 10 N y las velocidades serán de entre 0,5 y 2 m/s.

9.3.3.3. Explicitar claramente la información que será necesaria, su forma de obtención y el análisis a que será sometida.

Las normas vigentes aplicadas al ensayo de roce de los materiales de fricción.

Se requiere conocer las composiciones químicas de los materiales de fricción a ensayar.

9.4. Impactos esperados.

9.4.1.- Contribución al conocimiento científico o tecnológico en el área.

La contribución al conocimiento tecnológico es significativa pues genera una información hoy inexistente y muy importante para el mejor diseño de componentes de máquinas, reduciendo sus costos y aumentando su eficiencia.

La determinación de la vinculación directa entre la composición del material de fricción en distintas combinaciones con los parámetros mecánicos de presión específica y velocidad relativa, permiten disponer de herramientas de optimización de diseños

9.4.2.- Contribución a la calidad de actividad docente y la formación de recursos humanos.

El diseño de componentes de máquinas funcionales bajo el principio de la fricción es tema inherente a la ingeniería mecánica, mecatrónica y ferroviaria, al menos por nombrar las terminales ofrecidas en nuestra Facultad. El presente trabajo de investigación aplicada estará dirigido y ejecutado por los docentes responsables de cátedras que emplean estos conocimientos, por lo que su desarrollo impacta muy positivamente sobre el saber y las competencias de ellos.

Entre los ejecutores se destacan docentes auxiliares y estudiantes avanzados que se inician en los procesos de investigación aplicada formándose en estas competencias académicas.

9.4.3.- Contribución al desarrollo socio-económico del país.

Los elementos de fricción se utilizan en enorme diversidad de industrias. La eficiencia de los procesos de transmisión mecánica impacta en la responsabilidad hacia el medio ambiente, en



FORMULARIO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

la competitividad de los productores que lo utilizan ya sea en forma directa o como complemento de un proceso productivo.
La mayor eficiencia, en cualquier proceso industrial, mejora el desarrollo social y es de esperar, impulsa el económico.

9.4.4.- Explícite los usuarios a los que se transferirán los resultados, aplicaciones o conocimientos derivados del proyecto.

Son usuarios favorecidos por los resultados que se deriven del presente proyecto los fabricantes de materiales de fricción, de equipos mecánicos, personal de mantenimiento de máquinas, equipos e instalaciones industriales que funcionan en base al roce de materiales de fricción, reparadores y usuarios directos.

Además, los resultados se podrán aplicar a la mejora de los diseños existentes.

9.5.- Facilidades disponibles

Se dispone de la máquina de ensayo de fricción y desgaste "Pin on Disk", en perfecto funcionamiento instalada en el Laboratorio de Soldadura.

Se dispondrá de los materiales de fricción en distintas composiciones y de respaldo en calidad y cantidad por medio de las donaciones de las empresas anteriormente mencionadas.

9.6.- Lugar de trabajo:

En el Laboratorio de Soldadura.

9.7.- Cronograma detallado de actividades.

Año	Descripción
1	Confección de probetas. Ensayos preliminares.
2	Ensayos. Elaboración de los datos. Ejecución de gráficos, tablas y conclusiones.



FORMULARIO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Año	Bimestre	Descripción
1	1	Búsqueda bibliográfica. Análisis.
	2	Obtención de insumos para fabricar el material de freno
	3	Fabricación del material de freno
	4	Mecanizado de las probetas de freno y de respaldo
	5	Caracterización macro y microestructural
	6	Calibración del equipo de fricción

Año	Bimestre	Descripción
2	1	Ensayos con probetas en distintas cargas.
	2	Ensayos con probetas en distintas velocidades.
	3	Ensayos con probetas de distintas composiciones.
	4	Caracterización de macrográfica de las superficies ensayadas.
	5	Elaboración de resultados.
	6	Redacción de informe final y <i>paper</i>

9.8.- Bibliografía consultada.

[1] J. Bijwe, Composites as friction materials: recent developments in nonasbestos fiber reinforced friction materials—a review, *Polym. Comp.* 18 (3) (1997) 378–396.

[2] P.J. Blau, Compositions, Functions, and Testing of Friction Brake Materials and their Additives, ORNL/TM-2001/64, September 2001.

[3] D. Chan, G.W. Stachowiak, Review of automotive brake friction materials, *Proc. Inst. Mech. Eng. D: J. Automob. Eng.* 218 (2003) 953–966.

[4] Y. Lu, A golden section approach to optimization of automotive friction materials, *J. Mater. Sci.* 38 (5) (2003) 1081–1085.

[5] Y. Lu, A combinatorial approach for automotive friction materials: combined effects of ingredients on friction performance, *Polym. Comp.* 23 (5) (2002) 814–817.

[6] Y. Lu, M.A. Wright, T. Policantriotes, Modelling wear traces of automotive friction materials by cantor set, *Tribol. Trans.* 45 (2) (2002) 258–262.



FORMULARIO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

- [7] T. Choong-Fong, Y. Lu, Combinatorial screening of ingredients for steel wool based semimetallic and Aramid pulp based non-asbestos organic brake materials, *J. Reinf. Plast. Comp.* 23 (1) (2004) 51–63.
- [8] Y. Lu, A combinatorial approach for automotive friction materials: effects of ingredients on friction performance, *Comp. Sci. Technol.* 66 (2006) 591–598.
- [9] S.K. Rhee, Friction properties of a phenolic resin filled with Fe and graphite-sensitivity to load, speed and temperature, *Wear* 28 (1974) 277–281.
- [10] P.J. Blau, J.C. Mclaughlin, Effects of water films and sliding speed on the frictional behavior of truck disc brake materials, *Tribol. Int.* 36 (2003) 709–715.
- [11] A.E. Anderson, Friction, Lubrication and Wear Technology, ASM Hand Book, vol. 18, ASM Materials Information Society, USA, 1990, pp. 569–577.
- [12] A. Wirth, D. Eggleston, R. Whitaker, A fundamental tribochemical study of the third body layer formed during automotive friction braking, *Wear* 179 (1994) 75–81.
- [13] M.G. Jacko, S.K. Rhee, in: M. Grayson (Ed.), *Encyclopedia Composite Materials and Components*, John Wiley and Sons, 1983, pp. 144–154.
- [14] J.K. Lee, J.H.C. Lin, C.P. Ju, Surface effect on braking behavior of PAN–pitch carbon–carbon composite, *Wear* 199 (1996) 228–236.
- [15] B.K. Satapathy, J. Bijwe, Performance of friction materials based on variation in nature of organic fibres. Part I. Fade and recovery behaviour, *Wear* 257 (5–6 Suppl. 1–2) (2004) 573–584.
- [16] B.K. Satapathy, J. Bijwe, Fade and recovery behavior of non-asbestos organic (NAO) composite friction materials based on combinations of rock fibers and organic fibers, *J. Reinf. Plast. Comp.* 24 (6) (2005) 563–577.
- [17] B.K. Satapathy, Performance evaluation of non-asbestos fibre reinforced organic friction materials, Ph.D. Thesis, Indian Institute of Technology, Delhi, 2002.
- [18] S.C. Bera, C.K.S. Pillai, P.N. Rangan, A.R. Arankale, J.H. Chirmade, Frictional and wear properties of asbestos short fibre filled phosphorylated CNSL (cashew nut shell liquid) polymers for automobile brake lining applications, *Ind. J. Technol.* 27 (1989) 393–397.
- [19] S.J. Kim, H. Jang, Friction and wear of friction materials containing two different phenolic resins reinforced with Aramid pulp, *Tribol. Int.* 33 (2000) 477–484.
- [20] J. Bijwe, N. Nidhi, B.K. Majumdar, Satapathy, Influence of modified phenolic resins on the fade and recovery behavior of friction materials, *Wear* 259 (2005) 1068–1078.
- [21] Peter J. Blau, (2001) *Compositions, Functions, and Testing of Friction Brake Materials and Their Additives*. Oak Ridge National Laboratory. .S. Department of Energy, Assistant Secretary for Energy Efficiency and Renewable Energy, Office of Transportation Technologies.



FORMULARIO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

[22] Ibhadode, A. O. A., & Dagwa, I. M.. (2008). Development of asbestos-free friction lining material from palm kernel shell. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 30(2), 166-173. <https://dx.doi.org/10.1590/S1678-58782008000200010>

[23] P.V. Gurunath, J. Bijwe, Friction and wear studies on brake-pad materials based on newly developed resin, *Wear* 263 (2007) 1212–1219.

9.9.- FINANCIAMIENTO.

Todos los materiales utilizados por los investigadores, inclusive los mecanizados y accesorios que se requieran, serán provistos en concepto de donación por la empresa y Antrieb Sudamericana SA.