PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INTERNO SIN FINANCIAMIENTO O AUTOGESTIONADO

ANEXO 1 - DATOS INFORMATIVOS

Fecha de presentación (dd/mm/aa): 24/06/2019

Título del proyecto: **Evaluación de la tenacidad a la fractura de materiales compuestos poliméricos con expansión térmica controlada**

TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Investigación básica **X** Investigación aplicada ❑

DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUTO(S):
1. Departamento de Ingeniería Mecánica
2. Departamento de Materiales

LÍNEA(S) DE INVESTIGACIÓN (verificable en el SAEW):
1. Diseño de Sistemas Mecánicos y Mecatrónicos (Departamento de Ingeniería Mecánica)
2. Materiales Compuestos y Nanoestructurados (Departamento de Materiales)

RESUMEN DE INFORMACIÓN DEL DIRECTOR Y COLABORADORES

Director

Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
Guamán Alarcón Marco Vinicio	1002686341	8	Ingeniería Mecánica	Doctor en Ingeniería Mecánica

Colaborador(es)

Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
Guerrero Barragán Víctor Hugo	1710736669	3	Departamento de Materiales FIM	Doctor en Ingeniería Mecánica

Colaboradores Externos

Apellidos y nombres	No. de identificación	HSS	Institución	Título de mayor nivel y mención.

* HSS = Horas Semana Semestre

HOJA DE VIDA DEL DIRECTOR DEL PROYECTO

Datos Personales					
Nombre Completo:	Marco Vinicio Guamán Alarcón				
No. de Identificación:	1002686341	**Nacionalidad:**	**Ecuatoriana**		
Fecha de nacimiento:	27-01-1985	**Celular:**	0939521002	**Ext. EPN:**	3735
Correo institucional:	marco.guaman@epn.edu.ec				
Cargo Actual en la EPN:	Profesor ocasional				
Facultad:	Facultad de Ingeniería Mecánica				
Departamento:	Departamento de Ingeniería Mecánica				

Educación universitaria. Proveer el nombre de los títulos de pregrado y postgrado (Ing., Magister, Ph.D.)

Título	Año	Institución/Universidad	Ciudad/País	Área o línea de investigación de la tesis
Ingeniero Mecánico	2009	Escuela Politécnica Nacional	Quito/Ecuador	Máquinas Herramientas CNC
Magister en Ingeniería Mecánica	2012	Pontificia Universidad Católica de Rio de Janeiro	Rio de Janeiro/Brasil	Mecánica de la Fractura y Fatiga
Doctor en Ingeniería Mecánica	2017	Pontificia Universidad Católica de Rio de Janeiro	Rio de Janeiro/Brasil	Mecánica de la Fractura y Fatiga

Experiencia investigativa y en ejecución de proyectos (cite los tres más relevantes)

Año	Título del proyecto	Cargo /Actividades realizadas
2012-2017	Fadiga sob Cargas Reais de Serviço	Investigador de doctorado / Estudio el comportamiento de grietas pequeñas generadas por cargas de fatiga en probetas entalladas. Aplicación de varios métodos de detección de estas grietas, tales como microtomografía de rayos-X y análisis metalográfico.
2013-2016	Development of New Materials with Near-Zero Thermal Expansion or Controllable Thermal Expansion	Colaborador / Consolidación de probetas de materiales cerámicos avanzados. Fabricación de compuestos poliméricos con expansión térmica reducida por medio de procesos de micro-extrusión y micro-inyección. Evaluación de propiedades mecánicas.
2016-2017	Medida del límite de fatiga de materiales metálicos mediante el método de termografía de infrarrojo	Investigador de doctorado / Estudio del método de medición del límite de fatiga por termografía de infrarrojo, también conocido como "Método de Risitano". Determinación experimental del límite de fatiga de un acero SAE 1020 siguiendo la metodología de Risitano.

Publicaciones, patentes, prototipos o productos (cite las más relevantes dentro de los últimos cinco años y que se encuentren alineados al proyecto de investigación)

1.	De Oliveira Miranda A.C., Antunes M. A., **Guamán M. V.**, Meggiolaro M. A., Pinho de Castro J. T., 2019. Use of the stress gradient factor to estimate fatigue stress concentration factors Kf, Engineering Fracture Mechanics, 206, 250-266. doi: 10.1016/j.engfracmech.2018.11.049 (**SCOPUS, Q1**)
2	Pontón, P.I., Yamada, K., **Guamán, M.V.**, Johnson, M.B., White, M.A., Pandoli, O., Costa, A.M.L.M., Marinkovic, B.A, 2019. The effect of titanate nanotube/$Y_2W_3O_{12}$ hybrid fillers on mechanical and thermal properties of HDPE-based composites, Materials Today Communications, 18, 124-135. doi: 10.1016/j.mtcomm.2018.11.014 (**SCOPUS, Q2**)
3.	**Guamán M. V.**, Castro J. T. P., Vieira R. B., Paiva V. E. L., Freire J. L. F., 2017. Fatigue limit assessment of a low carbon steel using Dixon's up-and-down and infrared thermography methods. 12th International Conference on Advances in Experimental Mechanics, August 29th, Sheffield, UK, CDROM.

4.	Prisco L. P., Pontón P. I., **Guamán M. V.**, Avillez R. R., Romao C. P., Johnson M. B., White M. A.,Marinkovic B. A., 2016. Assessment of the thermal shock resistance figures of merit of $Al_2W_3O_{12}$, a low thermal expansion ceramic. Journal of the American Ceramic Society, 99, 1742-1748. doi: 10.1111/jace.14160 (**SCOPUS, Q1**)
5.	**Guamán M. V.**, Castro J. T. P. Fatigue limit prediction for elongated notched specimens using the Stress Gradient model and the Critical Distance Theory, 2015. 71st ABM Annual Congress, Rio de Janeiro, Brazil, p. 566-574, Vol. 71, ISSN: 2594-5327, doi: 10.5151/1516-392X-27714.

Experiencia profesional, otros trabajos científicos y técnicos (cite lo más relevante o las más recientes)

Marco Guamán es Profesor Ocasional del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional desde octubre de 2017. Sus áreas de interés dentro del campo de Diseño Mecánico son: Mecánica de la Fractura y Fatiga, Integridad Estructural y Mecánica de Materiales. Dentro de esta última rama, tiene experiencia en el comportamiento mecánico de materiales tecnológicos: metales, cerámicos avanzados y materiales compuestos poliméricos, con énfasis en el procesamiento y conformado de los mismos, así como, en la evaluación de sus propiedades mecánicas y térmicas, y aplicación de modelos de micromecánica para predecir dichas propiedades.

Realizó sus estudios de maestría y doctorado en Ingeniería Mecánica en la Pontificia Universidad Católica de Rio de Janeiro, en Brasil. Las investigaciones realizadas para su titulación fueron relacionadas con el modelado y detección experimental de grietas cortas no-propagantes de fatiga. También participó en proyectos financiados por la Armada de los Estados Unidos para la fabricación de materiales cerámicos con resistencia al choque térmico y de compuestos poliméricos con expansión térmica reducida.

HOJA DE VIDA DEL PROFESOR COLABORADOR DEL PROYECTO (1)

Datos Personales					
Nombre Completo:	Víctor Hugo Guerrero Barragán				
No. de Identificación:	1710736669	**Nacionalidad:**	Ecuatoriana		
Fecha de nacimiento:	18 de agosto de 1975	**Celular:**	0987002022	**Ext. EPN:**	3740
Correo institucional:	victor.guerrero@epn.edu.ec				
Cargo Actual en la EPN:	Profesor Titular Principal				
Facultad:	Facultad de Ingeniería Mecánica				
Departamento:	Departamento de Materiales				

Educación universitaria. Proveer el nombre de los títulos de pregrado y postgrado (Ing., Magister, Ph.D.)

Título	Año	Institución/Universidad	Ciudad/País	Área o línea de investigación de la tesis
Ingeniero Mecánico	1999	Escuela Politécnica Nacional	Quito/Ecuador	Diseño de Intercambiadores de Calor Mediante Minimización de Irreversibilidades
Magister en Ingeniería Mecánica	2002	University at Buffalo	Nueva York/Estados Unidos	Piezoresistivity and piezoelectricity of carbon fiber thermoplastic matrix composites
Doctor en Ingeniería Mecánica	2004	University at Buffalo	Nueva York /Estados Unidos	Modeling of Magnetoelastic Interactions in Giant Magnetostrictive Film-Substrate Systems

Experiencia investigativa y en ejecución de proyectos (cite los tres más relevantes)

Año	Título del proyecto	Cargo /Actividades realizadas
2011	Desarrollo de Nuevos Materiales para Aplicaciones Estructurales e Industriales	Director/Gestión administrativa, técnica, investigativa y financiera del proyecto

2012	Desarrollo de materiales compuestos de matriz polimérica reforzados con fibra de coco para aplicaciones industriales	Director/Gestión administrativa, técnica, investigativa y financiera del proyecto
2017	Desarrollo de materiales compuestos de matriz polimérica sintética y biodegradable reforzados con material lignocelulósico y nanoarcillas ecuatorianas para aplicaciones industriales	Director/Gestión administrativa, técnica, investigativa y financiera del proyecto

Publicaciones, patentes, prototipos o productos (cite las más relevantes dentro de los últimos cinco años y que se encuentren alineados al proyecto de investigación)	
1.	A. Sánchez-Polo, S. Briceño, A. Jamett, S. Galeas, O. Campaña, **V. Guerrero**, C.R. Arroyo, A. Debut, D. J. Mowbray, C. Zamora-Ledezma & J. Serrano, An Archaeometric Characterization of Ecuadorian Pottery, Scientific Reports 2019, 9:2642.
2.	X. Jaramillo-Fierro, C. Zambrano, F. Fernández, R. Saez-Puche, C. Costa, **V. Guerrero**, S. González, Synthesis, characterization and theoretical calculations of Cu(I) complex of trithiocyanuric acid [Cu(ttc)$_3$], Univ. Sci. 23 (2), August 2018, pp. 241-266.
3.	I. Villareal, M. Aldás, **V.H. Guerrero**, N. Rosas-Laverde, A. Debut, Recubrimiento de ZrO_2 estabilizada con CaO para disminuir la corrosión en sustratos de acero y aluminio, Superficies y Vacío 30 (2), June 2017, pp. 14-20.
4.	S.P. Rojas, S.G. Galeas, **V.H. Guerrero**, Improvement of silver nanoparticle impregnation on cotton fabrics using a binder, Revista Facultad de Ingeniería, 26 (45), May-August 2017, pp. 109-119.
5.	B. Kumar, K. Smita, L. Cumbal, A. Debut, S. Galeas, **V.H. Guerrero**, Phytosynthesis and photocatalytic activity of magnetite (Fe_3O_4) nanoparticles using the Andean blackberry leaf , Materials Chemistry and Physics 179 (2016), pp. 310-315.

Experiencia profesional, otros trabajos científicos y técnicos (cite lo más relevante o las más recientes)
Víctor Guerrero es Profesor Principal en el Departamento de Materiales de la Facultad de Ingeniería Mecánica (FIM). Cursó estudios de pregrado en la EPN y de maestría y doctorado en la Universidad de Búfalo, SUNY. Su trabajo está relacionado con la investigación teórica y experimental de materiales nanoestructurados y compuestos. A lo largo de su carrera ha dirigido y participado en varios proyectos de investigación y desarrollo, fruto de los cuales ha publicado un número significativo de artículos a nivel nacional e internacional. Es fundador del Laboratorio de Nuevos Materiales, uno de los más importantes del país en su área. También con su dirección se alcanzó un récord histórico por prestación de servicios en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones. Ha sido decano, miembro de consejo de departamento, de la unidad de postgrados y de la comisión de investigación de la FIM. Es miembro de varias organizaciones profesionales y redes científicas, revisor de algunas revistas y asesor académico de grupos estudiantiles.

HOJA DE VIDA DEL PROFESOR COLABORADOR DEL PROYECTO (2)

Datos Personales					
Nombre Completo:					
No. de Identificación:		**Nacionalidad:**			
Fecha de nacimiento:		**Celular:**		**Ext. EPN:**	
Correo institucional:					
Cargo Actual en la EPN:					
Facultad:					
Departamento:					

Educación universitaria. Proveer el nombre de los títulos de pregrado y postgrado (Ing., Magister, Ph.D.)				
Título	**Año**	**Institución/Universidad**	**Ciudad/País**	**Área o línea de investigación de la tesis**

Experiencia investigativa y en ejecución de proyectos (cite los tres más relevantes)		
Año	**Título del proyecto**	**Cargo /Actividades realizadas**

Publicaciones, patentes, prototipos o productos (cite las más relevantes dentro de los últimos cinco años y que se encuentren alineados al proyecto de investigación)	
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	

Experiencia profesional, otros trabajos científicos y técnicos (cite lo más relevante o las más recientes)

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INTERNO SIN FINANCIAMIENTO O AUTOGESTIONADOS

ANEXO 2 – DETALLES DE LA PROPUESTA

Investigación Básica **X** Investigación Aplicada ❑

DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUTO(S):
1. Departamento de Ingeniería Mecánica
2. Departamento de Materiales

LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:
1. Diseño de Sistemas Mecánicos y Mecatrónicos (Departamento de Ingeniería Mecánica)
2. Materiales Compuestos y Nanoestructurados (Departamento de Materiales)

DISCIPLINA CIENTÍFICA *(Marque X, solamente una opción)*	
Ciencias Naturales y Exactas;	
Ingeniería y Tecnologías;	X
Ciencias Médicas;	
Ciencias Agrícolas;	
Ciencias Sociales;	
Humanidades	

OBJETIVO SOCIOECONÓMICO *(Marque X, solamente una opción)*	
Exploración y explotación del medio terrestre;	
Ambiente;	
Exploración y Explotación del espacio;	
Transporte, telecomunicaciones y otras infraestructuras;	
Energía;	
Producción y tecnología industrial;	X
Salud;	
Agricultura;	
Educación;	
Cultura, ocio, religión y medios de comunicación;	
Sistemas políticos y sociales, estructuras y procesos;	
Defensa;	
Avance general del conocimiento: I+D financiada con los Fondos Generales de Universidades (FGU);	
Avance general del conocimiento: I+D financiados con otras fuentes.	

1 Proyecto de Investigación

Título:
"Evaluación de la tenacidad a la fractura de materiales compuestos poliméricos con expansión térmica controlada"

Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)

Este proyecto propone la evaluación de la tenacidad a la fractura de materiales compuestos de matriz epóxica reforzados con nanotubos de titanato y nanopartículas con expansión térmica negativa, cargas de bajo costo en relación a los ampliamente utilizados nanotubos de carbono. A pesar de que la resina epóxica es considerada como un polímero de ingeniería, es relativamente frágil y posee una baja resistencia a la iniciación y propagación de grietas. Frente a este panorama, nanomateriales cerámicos pueden actuar como barreras para la propagación de grietas e incrementar la tenacidad a la fractura de la resina epóxica. Esta propiedad mecánica es un parámetro tecnológicamente importante en aplicaciones estructurales para la industria petrolera, marina, del transporte, de energía, aeroespacial y microelectrónica. En este contexto, se fabricarán moldes y dispositivos mecánicos para obtener probetas de los materiales compuestos por el método de casting. Posteriormente, se realizarán ensayos de tenacidad a la fractura para probetas SENB (*Single Edge Notched Bend*) de acuerdo a la norma ASTM D5045, en los cuales se definirá un método para la formación de las pre-grietas necesarias para dichos ensayos. También serán efectuadas pruebas de impacto, según la norma ASTM D256. Finalmente se definirán potenciales aplicaciones en la industria ecuatoriana para los compuestos fabricados.

Palabras clave (4-6):
Tenacidad a la fractura, Ensayo de impacto, Compuestos poliméricos avanzados, Integridad estructural

2 Objetivos, relevancia, productos y resultados esperados de esta propuesta de investigación

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo General

Evaluar la tenacidad a la fractura de materiales compuestos de matriz epóxica reforzados con nanotubos de titanato y nanopartículas con expansión térmica negativa.

2.1.2 Objetivos Específicos

a. Definir los parámetros adecuados para la fabricación de las probetas de materiales compuestos por el método de casting, con dimensiones acordes a las normas ASTM para los ensayos mecánicos respectivos.
b. Determinar experimentalmente la tenacidad a la fractura de los materiales compuestos, K_{IC} (fracture critical stress intensity factor), así como la energía de impacto.
c. Identificar las potenciales aplicaciones en la industria ecuatoriana para los materiales compuestos fabricados.

2.2 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)

a. Tenacidad a la fractura de materiales compuestos avanzados determinada experimentalmente.
b. Definición de las potenciales aplicaciones en la industria ecuatoriana para los materiales desarrollados.
c. Publicación de un artículo científico indexado Scopus Q3 o superior.
d. Difusión de los resultados en el ciclo de conferencias organizado por la Facultad de Ingeniería Mecánica.

3 Relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación

El proyecto propuesto es muy relevante dentro de las áreas de Diseño Estructural y Mecánica de la Fractura, ambas enmarcadas dentro de la línea de investigación *Diseño de Sistemas Mecánicos y Mecatrónicos* de la FIM. En el diseño mecánico tradicional, el dimensionamiento de elementos mecánicos se realiza en función de los esfuerzos locales que actúan en el punto crítico. Sin embargo, este método no es aplicable cuando se tiene la presencia de grietas en el componente mecánico. En estas circunstancias, el dimensionamiento debe ser realizado con base en el factor de intensidad de esfuerzos, un parámetro de la mecánica de la fractura que permite incluir el efecto del tamaño de una eventual grieta en la distribución del campo esfuerzos a su alrededor. En este caso se dice que el diseño es tolerante a daño y se requiere la determinación de la tenacidad a la fractura (K_{IC}), una propiedad mecánica del material, que se define como la resistencia del material a la propagación de grietas bajo cargas externas y cumple un papel fundamental en la evaluación de la integridad estructural.

Entre los materiales avanzados, los compuestos poliméricos con expansión térmica controlada han sido muy estudiados en los últimos años, debido a sus variadas aplicaciones estructurales. Un ejemplo constituye el uso de dos componentes de diferentes materiales, y por ende con diferentes coeficientes de expansión térmica, donde el aumento de temperatura causa esfuerzos térmicos residuales en las interfaces que podrían ocasionar la falla prematura de uno de los componentes. Para controlar estos esfuerzos residuales, materiales poliméricos son reforzados con materiales de bajo coeficiente de expansión térmica, de tal forma que, con el uso de refuerzo en cantidades del orden de 10 % en volumen (aproximadamente 25 % en peso) se puede alcanzar reducciones en la expansión térmica de hasta 15 % en las resinas de ingeniería como la epóxica. No obstante, la presencia del material de refuerzo en altas cantidades torna más frágil al material compuesto, afectando directamente las propiedades de tenacidad a la fractura y resistencia al impacto. Por consiguiente, la evaluación de estas propiedades es de suma importancia, sobretodo porque no existen estudios reportados en la literatura relacionados con la evaluación de estas propiedades mecánicas en este tipo de compuestos poliméricos.

Finalmente, con la presente investigación se busca solventar una brecha en el conocimiento de evaluación experimental de tenacidad a la fractura de materiales compuestos poliméricos avanzados en el entorno nacional, donde tampoco existen estudios asociados. En Ecuador existe, por ejemplo, la necesidad de crear parques eólicos, donde materiales compuestos de matriz epóxica son fundamentales. Además, en el caso de operaciones marinas, la corrosión es otro problema fundamental, y en el que podrían tener aplicación los materiales estudiados en este proyecto.

4 Productos esperados (marcar con una "X" al menos uno de los productos no señalados)

Tipo de Producto:	Marcar con una "X"
a. Disertación a la Comunidad Politécnica (obligatorio);	X
b. Presentación de un artículo en formato de la Revista Politécnica (obligatorio)	X
c. Proyecto de Titulación;	X
d. Aplicación tecnológica construida o implementada;	

e. Patente presentada;	
f. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.	
g. Publicaciones científicas indexada en SCIMAGO-SCOPUS/WoS/SCIELO/Latindex Catálogo o un artículo en congreso indexado en SCOPUS.	X

5 Descripción, metodología y diseño del proyecto

5.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto (Máximo dos carillas)

El presente proyecto propone la evaluación de la tenacidad a la fractura de materiales compuestos poliméricos con expansión térmica reducida. Se empleará como matriz la resina epóxica EPON 828 y su endurecedor EPIKURE 3223 [1]. El refuerzo híbrido estará compuesto por nanotubos de titanato y nanopartículas de tungstato de itrio (con expansión térmica negativa), que han demostrado tener un efecto sinérgico para reducir la expansión térmica de matrices poliméricas [2]. Es importante mencionar, que los refuerzos de dimensiones nanométricas permiten mejorar la tenacidad a la fractura de las matrices poliméricas, ya que pueden actuar como barreras para la propagación de grietas a través de distintos mecanismos, especialmente cuando tienen morfologías tubulares [3]. De esta manera, se justifica la selección de los refuerzos a emplearse en el presente proyecto.

Se fabricarán probetas utilizando diferentes porcentajes de refuerzo híbrido menores a 10 % en volumen. La investigación iniciará con la definición de los parámetros adecuados para la fabricación de probetas de los materiales compuestos por el método de casting. Dentro de estos parámetros, se encuentran principalmente el material del molde, su diseño y dimensiones, ya que éste debe garantizar la obtención de probetas libres de defectos superficiales y su fácil desmoldeo. Parámetros de procesamiento como tiempo y temperatura de curado serán seleccionados de la literatura, de acuerdo al procedimiento descrito por Shan et al. [4].

Posteriormente, se realizarán los ensayos de tenacidad a la fractura de acuerdo con la norma ASTM D5045, utilizando probetas SENB (*Single Edge Notched Bend*), en la máquina universal de ensayos del Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones (LAEV). Una carga monotónica será aplicada en flexión en tres puntos a una velocidad de desplazamiento constante definida por la norma y se ensayarán como mínimo cinco probetas de cada composición de material compuesto [5,6]. Previamente a la realización de estos ensayos, se definirá un método para la formación de las pre-grietas [7,8], que son necesarias para ejecutar los mismos. Se estudiará el efecto de la relación entre la longitud de la grieta a y el ancho w (a/w).Como resultado de estos ensayos, se obtendrá el factor de intensidad de esfuerzos crítico en modo-I de fractura interlaminar, K_{IC}, y la carga crítica relacionada.

Los ensayos de impacto serán realizados según la norma ASTM D256 en el laboratorio de Nuevos Materiales. Se empleará un entalle en V maquinado en un ángulo de 45 grados en el Laboratorio de Máquinas y Herramientas. Se ensayarán cinco probetas de cada compuesto fabricado. Como resultado de estos ensayos se obtendrá la energía de impacto [9].

Finalmente, a partir de los resultados de las propiedades evaluadas (tenacidad a la fractura y energía de impacto) se determinarán potenciales aplicaciones de estos materiales en la industria ecuatoriana.

Referencias:

[1] J. Huneault, J.E. Pepper, M. Rahmat, B. Ashrafi, O.E. Petel, Spall Characterization of EPON 828 Epoxy with Embedded Carbon Nanotubes, J. Dyn. Behav. Mater. 0 (2019) 0. doi:10.1007/s40870-018-00180-w.

[2] P.I. Pontón, K. Yamada, M. V. Guamán, M.B. Johnson, M.A. White, O. Pandoli, A.M.L.M. Costa, B.A. Marinkovic, The effect of titanate nanotube/Y2W3O12 hybrid fillers on mechanical and thermal properties of HDPE-based composites, Mater. Today Commun. 18 (2019) 124–135. doi:10.1016/j.mtcomm.2018.11.014.

[3] B.C. Kim, S.W. Park, D.G. Lee, Fracture toughness of the nano-particle reinforced epoxy composite, Compos. Struct. 86 (2008) 69–77. doi:10.1016/j.compstruct.2008.03.005.

[4] X. Shan, C. Huang, H. Yang, Z. Wu, J. Li, R. Huang, L. Li, The thermal expansion and tensile properties of nanofiber-ZrW2O8 reinforced epoxy resin nanocomposites, Phys. Procedia. 67 (2015) 1056–1061. doi:10.1016/j.phpro.2015.06.200.

[5] G.B. Manjunatha, K.N. Bharath, Investigating the contribution of geometrical parameters and immersion time on fracture toughness of jute fabric composites using statistical techniques, Frat. Ed Integrita Strutt. 12 (2018) 14–24. doi:10.3221/IGF-ESIS.46.02.

[6] A. Ali, N. Quan, F. Arfin, K. Rassiah, F. Othman, S. Hazin, M. Hamdan, M. Ahmad, Fracture properties of hybrid woven bamboo/woven E-Glass fiber composites, Int. J. Struct. Integr. 22 (2018).

[7] N. Kuppusamy, R.A. Tomlinson, Repeatable pre-cracking preparation for fracture testing of polymeric materials, Eng. Fract. Mech. 152 (2016) 81–87. doi:10.1016/j.engfracmech.2015.12.007.

[8] M.K. Mahmoud, Fracture toughness of single-edge notched fiber reinforced composite, Polym. - Plast. Technol. Eng. 42 (2003) 659–676. doi:10.1081/PPT-120023101.

[9] B. Hulugappa, M. V. Achutha, B. Suresha, Effect of Fillers on Mechanical Properties and Fracture Toughness of Glass Fabric Reinforced Epoxy Composites, J. Miner. Mater. Charact. Eng. 04 (2016) 1–14. doi:10.4236/jmmce.2016.41001.

6 Infraestructura, equipos y fondos adicionales.

6.1 Infraestructura y equipos

- *Indicar la infraestructura y equipos* ***disponibles*** *para la ejecución del proyecto, con la ubicación actual de los mismos*

Infraestructura	Equipos	
Laboratorios	**Nombre del Equipo**	**Ubicación del Equipo**
Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones (LAEV)	Máquina universal de ensayos.	Facultad de Ingeniería Mecánica.
Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones (LAEV)	Moldes y dispositivos para ensayos mecánicos.	Facultad de Ingeniería Mecánica.
Laboratorio de Máquinas y Herramientas	Fresadora	Facultad de Ingeniería Mecánica.
Laboratorio de Máquinas y Herramientas	Limadora	Facultad de Ingeniería Mecánica.
Laboratorio de Nuevos Materiales (LANUM)	Máquina de ensayos de impacto.	Facultad de Ingeniería Mecánica.

6.2 Breve justificación del equipo requerido

- *La máquina de ensayos universal es requerida en el presente proyecto y está disponible para realizar ensayos de tenacidad a la fractura en el LAEV, laboratorio que también tiene disponible moldes y dispositivos para los ensayos mecánicos. En el laboratorio de Máquinas y Herramientas serán maquinados los entalles en V para los ensayos de impacto. Los ensayos de impacto y termomecánicos serán realizados en el LANUM, donde existe equipamiento para ese fin.*

6.3 Fondos Adicionales

- *No aplica*

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Proyecto de Investigación Interno Sin Financiamiento o Autogestionado

ANEXO 3 - CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO

Título del Proyecto: Evaluación de la tenacidad a la fractura de materiales compuestos poliméricos con expansión térmica controlada

AÑO 1

Nº	Actividad	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				Mes 7				Mes 8				Mes 9				Mes 10				Mes 11				Mes 12			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Definición de los parámetros adecuados para la fabricación de las probetas de materiales compuestos por el método de casting																																																
1.1	Construcción de moldes																																																
1.2	Fabricacón de probetas																																																
2	Determinación experimental de la tenacidad a la fractura de los materiales compuestos y de la energía de impacto																																																
2.1	Definición del método adecuado para mecanizar la pregrieta																																																
2.2	Ensayos de tenacidad a la fractura																																																
2.3	Ensayos de impacto																																																
3	Identificación de las potenciales aplicaciones en la industria ecuatoriana																																																
4	Divulgación de resultados																																																
4.1	Redacción y submisión del artículo científico																																																
4.2	Divulgación de resultados a la comunidad politécnica																																																

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INTERNO SIN FINANCIAMIENTO O AUTOGESTIONADO

ANEXO 4 - DECLARACIÓN

TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación básica **X**	Investigación aplicada ❑

TÍTULO DEL PROYECTO

Evaluación de la tenacidad a la fractura de materiales compuestos poliméricos con expansión térmica controlada

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DEL PROYECTO

El equipo de investigadores, representado por el Director del Proyecto declara lo siguiente:

- Que el presente proyecto es una creación original de mi autoría y del equipo de investigadores, y por tanto asumimos la completa responsabilidad legal en caso de que un tercero alegue la titularidad de los derechos intelectuales del proyecto, exonerando a la EPN de cualquier acción legal que se derive por esta causa.
- Que el presente proyecto no ha sido presentado en ninguna convocatoria de otra institución pública o privada. El incumplimiento será causal para que el proyecto no sea tomado en consideración.
- Que todos los bienes adquiridos en proyecto permanecerán bajo la custodia y responsabilidad del director de proyecto durante la ejecución del mismo.
- Que si el proyecto genera algún producto o procedimiento susceptible de obtener derechos de propiedad intelectual, de los cuales se deriven beneficios, aceptamos que éstos serán compartidos entre los investigadores y la institución o las instituciones participantes en el proyecto, conforme a lo establecido en el COESC.
- Que el equipo de investigadores y/o instituciones participantes se comprometen a mantener la confidencialidad de la información si ésta podría ser susceptible de protección por patentes, y solicitar la valoración de propiedad intelectual respectiva previa a cualquier publicación o difusión.
- Que para el caso de derechos de autor otorgamos una licencia de uso exclusivo con fines académicos para la o las instituciones participantes en el proyecto.

Firma del Director del Proyecto
Nombre: Marco Vinicio Guamán Alarcón
C.I.:1002686341

DECLARACIÓN DEL JEFE DE DEPARTAMENTO

Esta propuesta ha sido aprobada y avalada por el Consejo del Departamento de Ingeniería Mecánica, en sesión del día 2-Julio-2019 mediante resolución No. 001-02-07-2019

Las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del proponente y sus colaboradores de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta propuesta.

Firma del Jefe del Departamento

Nombre: Jesús Portilla

C.I.: 0401024021