



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA Año XVI, No. 48 Agosto de 2011

Publicación cuatrimestral de la Universidad Tecnológica de Pereira orientada a publicar la producción intelectual resultado de diversos proyectos desarrollados en Ciencia y Tecnología, así como a la difusión del conocimiento y desarrollo de la cultura escrita. Está dirigida a estudiantes, docentes, investigadores y comunidad académica en general de las áreas de Ciencias Básicas, Ingenierías, Tecnologías y Ciencias Ambientales.

La U.T.P., sus Directivas, el Editor, los Comités Editorial y Asesor no son responsables por la opinión y criterios que en el contenido de los artículos se exprese.

Rector Luís Enrique Arango Jiménez
Vicerrector Académico William Ardila Urueña
Vicerrector Administrativo Fernando Noreña Jaramillo
Vicerrector de Investigación, Innovación y Extensión José Germán López Quintero
Editor Revista Hugo Armando Gallego Becerra

Comité Editorial

Ph. D. César Germán Castellanos Domínguez
 Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales
 Ph. D. Alejandro Toro
 Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín
 Ph. D. Luis Hildebrando Álzate Álzate
 Universidad de Caldas
 Ph. D. Luis Gonzaga Gutiérrez López
 Universidad Tecnológica de Pereira
 Ph. D. Héctor Fabio Quintero Ríaza
 Universidad Tecnológica de Pereira
 Ph.D. José Soto Mejía
 Universidad Tecnológica de Pereira

SCIENTIA ET TECHNICA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
PEREIRA - COLOMBIA
 scientia@utp.edu.co
 P.V.P. \$20000

Resolución N° 131, Marzo de 1995, Min-gobierno

DISEÑO PORTADA: Víctor Hugo Valencia – Centro de Recursos Informáticos y Educativos U.T.P

DIGITACIÓN Y ARTE FINAL: Autores, Comité Editorial **IMPRESIÓN:** POSTERGRAPH

ASESORA TÉCNICA: Daniela Gómez Ríos

MONITORA: Clara Jennifer Bañol Guapacha.

Comité Asesor Edición 48			
Eléctrica	M. Sc. Jimmy Alexander Cortés Osorio	Universidad Tecnológica de Pereira	
	M. Sc. Walter Serna Serna	Universidad Tecnológica de Pereira	
	M. Sc. Carlos Alberto Ríos Porras	Universidad Tecnológica de Pereira	
	M. Sc. Andrés Escobar Mejía	Universidad Tecnológica de Pereira	
	M. Sc. Ricardo Alberto Hincapié Isaza	Universidad Tecnológica de Pereira	
	M. Sc. César Augusto Peñuela Meneses	Universidad Estadual Paulista UNESP	
Mecánica	M. Sc. Flaminio Vera Méndez	Universidad de Ibagué	
	M. Sc. Oscar Fernando Naranjo Restrepo	Universidad Libre Seccional Pereira	
	Ph. D. Gabriel Calle Trujillo	Universidad Tecnológica de Pereira	
Industrial	M. Sc. Andrés Alberto García León	Universidad de Ibagué	
	Marilúz Osorio Quiceno	Fundación Universidad Central	
	M. Sc Luz Stella Restrepo de Ocampo	Universidad Tecnológica de Pereira	
	Esp. Chediak Pinzón Francisco Alfonso	Universidad de Ibagué	
	M.Sc Rubén Darío Medina Rivera	Federación Nacional de Cafeteros de Colombia – CENICAFÉ	
	M.Sc. Carolina Castillo López	Universidad La Gran Colombia	
Sistemas	Ph.D. Julio Cesa Chavarro Porras	Universidad Tecnológica de Pereira	
	M.Sc Jaime Antero Arango Marín	Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales	
	Esp. Paula Andrea Villa Sánchez	Universidad Tecnológica de Pereira	
	M. Sc. Jorge Jair Moreno Chaustre	Universidad del Cauca	
	M. Sc. Vladimir Trujillo Olaya	Universidad del Valle	
	César Augusto Cabrera Espinosa	Universidad Tecnológica de Pereira	
	Esp. Tito Duarte	Universidad Tecnológica de Pereira	
	Hugo Humberto Morales Peña	Universidad Tecnológica de Pereira	
	Ph. D. Carlos Andrés Tavera Romero	Universidad de San Buenaventura, seccional Santiago de Cali	
	Ph. D. Natalia Juristo Juzgado	Universidad Politécnica de Madrid	
	M. Sc. Ligia Stella Bustos Ríos	Universidad Tecnológica de Pereira	
	Esp. Carlos Alberto Ocampo	Universidad Tecnológica de Pereira	
	Básicos	Ph.D. David Alberto Ojeda Peña	Universidad de Carabobo
Ph.D Edilson Delgado Trejos		Instituto Tecnológico Metropolitano –ITM de Medellín	
M.Sc Fernando Mesa		Universidad Tecnológica de Pereira	
M.Sc. Ricardo López Varona		Universidad Tecnológica de Pereira	
M.Sc. Pedro Pablo Cárdenas Álzate		Universidad Tecnológica de Pereira	
Esp. Jair Asdrúbal García Arias		Universidad del Quindío	
Ph.D. Jorge Enrique Trilleras Vásquez		Universidad del Atlántico	
M.Sc Ruby Roció Rodríguez Jacobo		Universidad Autónoma de Occidente	
M.Ing. Alexander Arias Londoño		Instituto Tecnológico Metropolitano	
M.Sc Sergio Ignacio Serna Garcés		Instituto Tecnológico Metropolitano	
Esp. José Andrés Chaves Osorio		Universidad Tecnológica de Pereira	
Ph.D Carlos Arturo Escudero Salcedo		Universidad Tecnológica de Pereira	
M.Sc Jaime Espinosa Peña		Universidad Libre Seccional Pereira	
Ph.D Abel Posso Agudelo		Universidad Tecnológica de Pereira	
M.Sc Jorge Jaramillo Garzón		Instituto Tecnológico Metropolitano	
Juan Alberto Vidal González		Universidad Tecnológica de Pereira	
M.Sc Margarita María Vallejo Jiménez		Universidad Tecnológica de Pereira	
M.Sc. José Fernando Nieto Pava		WEST ARCO	
M.Sc. Cristian Guarnizo Lemus		Instituto Tecnológico Metropolitano	
M.Sc. Javier Mauricio Castellanos Olarte		Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	
M.Sc. José Fernando Cardona Henao		Universidad Cooperativa de Colombia	
Ph.D Beatriz Cruz Muñoz		Universidad Tecnológica de Pereira	
M.Sc. Edwin Andrés Quintero Salazar		Universidad Tecnológica de Pereira	
M.Sc. Jhon Jairo León Salazar		Universidad Tecnológica de Pereira	
M.Sc. Edison Duque Cardona		Universidad Tecnológica de Pereira	
Víctor Daniel Correa Ramírez		Universidad Tecnológica de Pereira	
Ambiental		Esp. Nelly del Carmen Suárez Restrepo	Universidad de Caldas
		M.Sc. Alba Lucia Duque Cifuentes	Universidad Del Quindío
	M.Sc. Gonzalo Taborda Ocampo	Universidad de Caldas	
	M.Sc Jorge Iván Orozco	CARDER	

SCIENTIA ET TECHNICA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, PEREIRA – COLOMBIA

scientia@utp.edu.co