



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
Vicerector Académico William Ardila Urueña
Vicerector Administrativo Fernando Noreña Jaramillo
Vicerector 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