# La Revista DYNA es el Órgano Oficial de Ciencia y Tecnología de la Federación de Asociaciones de Ingenieros Industriales de España (FAIIE).

Revista científica convenida con la Asociación Española de Ingeniería Mecánica (AEIM).

Fundada en 1926, DYNA es una de las revistas de ingeniería más influyentes y prestigiosas del mundo, como lo reconoce Thomson-Reuters en la edición anual de su informe JCR. Es el medio más indicado para la comunicación de los Ingenieros Industriales Superiores y de cuantos vean en ella el medio de expresión de sus ideas y experiencia.

DYNA es una revista bimestral que edita 6 números al año: enero, marzo, mayo, julio, septiembre, noviembre. En el número de noviembre de cada año se publican los índices acumulativos por materias y autores de los artículos publicados en el año. La entidad editora Publicaciones DYNA también publica otras 3 revistas especializadas: DYNA Energía y Sostenibilidad (www.dyna-energia.com). DYNA Management (www.dyna-management.com) y DYNA New Technologies (www.dyna-newtech.com).

# http://www.revistadyna.com

# dyna@revistadyna.com

### CONSEJO DE ADMINISTRACIÓN

Presidente de Honor: Luis Manuel Tomás Balibrea (FAIIE - Madrid) Presidente: Luciano Azpiazu Canivell (Asociación de Bizkaia – Bilbao) Vicepresidente: Enrique Macián Cardete (Asociación de Asturias – Oviedo) Secretario-no consejero: Carlos López de Letona Ozaita (Asociación de Bizkaia - Bilbao)

### Vocales:

José Antonio Arvide Cambra (Asociación de Andalucía Oriental – Granada), Manuel Villalante LLauradó (Asociación de Catalunya – Barcelona), Germán Ayora López (Asociación de Andalucía Occidental – Sevilla), Francisco Cal Pardo (Asociación de Madrid - Madrid), Manuel Lara Coira (Asociación de Galicia – Santiagol, Luis Soriano Bayo (Asociación de Aragón), José Antonio Muñoz Argos (Asociación de Cantabria – Santander).

OTROS SOCIOS (Sin consejeros)
José Miguel Muñoz Veiga (Asociación de la Comunidad Valenciana), José Isidoro Marín Torrens (Asociación de la Región de Murcia), Ramón Larrinoa Barreda (Colegio de Alava), Gabriel Egaña Uranga (Colegio de Gipuzkoa), Carlos Izkue Montejo (Colegio de Navarra), Francisco J. Marrodán Esparza (Asociación de La Rioja), Jesús María Mirat Celdrán (Asociación de Extremadura), Ginés Moratalla Valero (Asociación de Albacete), Begoña Martín Pérez (Asociación de Canarias Occidental), Gregorio Martínez Royano (Asociación de Canarias Oriental), Alfredo Arias Berenguer (Asociación de Baleares), Manuel María Urueña Cuadrado (Asociación de León).

# CONSEJO DE REDACCIÓN

Presidente: Ignacio Fernández de Aguirre Guantes (Instituto de Fundición Tabira – Durango)

Vicepresidente: Néstor Goicoechea Larracoechea (Universidad del País

Vasco - Bilbao)

Secretario: Carlos López de Letona (Asociación de Bizkaia - Bilbao)

Alfonso Parra Gómez (Asociación de Bizkaia - Bilbao), Angel Arcos Vargas Alfonso Parra Gómez (Asociación de Bizkaia – Bilbao), Angel Arcos Vargas (Universidad de Sevilla – Sevilla), Eduardo Valle Peña (Asociación de Cantabria – Santander, Franck Girot (Ecole Nationale Superieure d'Arts et Metiers – Paris, Francia), Angel Mena Nieto (Universidad de Huelva – Palos de la Frontera), José Manuel Palomar Carnicero (EPS Jaén – Jaén), José María Bueno Lidón (Green Power Tech – Sevilla), José Rafael Castrejón Pita (Queen Mary University of London – London, UK), Manuel Lara Coira (Escuela Politécnica Superior de Ferrol – Ferrol), Nicolás Gaminde Alix (Asociación de Bizkaia – Bilbao), Mikel Sorli Peña (Asociación de Bizkaia – Bilbao), Pere Alavedra Ribot (Universitat Politècnica de Catalunya – Barcelona).

### **CONSEJO ASESOR**

Alberto Del Rosso (Universidad Tecnológica Nacional - Buenos Aires, Argentina), Andrés Ortuño Carbonell (Asociación de Murcia - Murcia), Antonio Adsuar Benavides (Conselleria de Industria Comercio e Innovación Valencia), Allan Joseph Wailoo (Universidad de Sheffield - Sheffield, UK), Blas Hermoso Alameda (Universidad Pública de Navarra – Pamplona), Fernando Guijarro Merelles (Universidad de Extremadura – Cáceres), Fernando López Rodriguez (Agencia Extremeña de la Energía – Cáceres), Ferrán Puerta Sales (Universidad Politécnica de Cataluña – Barcelona), Roberto Uribeetxeberria (Universidad de Mondragón - Mondragón), Éva Martínez Caro (Universidad Politécnica de Cartagena - Cartagena), Javier Santos García (Universidad de Navarra - San Sebastian), Joan L. Serarols Font (Universidad de Girona - Girona), Jorge Arturo Del Ángel Ramos (Universidad Veracruzana - Veracruz, México), Juan M. Gers (Gers USA LLC (Universidad Veracruzana – Veracruz, México), Juan M. Gers (Gers USA LLC – Weston, Florida, USA), Ricardo Rodríguez Jorge (Universidad Tecnológica de Ciudad Juarez – Juarez, México), Erik Ocaranza Sánchez (Instituto Politécnico Nacional – Tlascala, México), Joshué Manuel Pérez Rastelli (Tecnalia – Bilbao, España) – Lina Montuori (Universidad de Nueva York – Buffalo, USA), Jacques Mercadier (UISBA – Pau, Francia), Noelia Fernández Díaz (NaCOM Energy – Agotnes, Noruega), Luis Alfonso Fernandez Serantes (Universidad FH JOANNEUM – Graz, Austria), Jose L Fernández Solís (Texas A&M University – College Station, Texas, USA), Maria Cristina Rodriguez Rivero (University – Ottawa, Canada), Raimundo Martínez Giménez (Euroconseil – Sevilla), Victor Petuya Arcocha (Asociación Española de Ingeniería Mecánica – Madrid). © 2017. Publicaciones DYNA S.L.

Publicaciones DYNA SL, a los efectos previstos en el artículo 32.1 párrafo segundo del vigente TRLPI, se opone expresamente a que cualquiera de las páginas de esta obra o partes de ella sean utilizadas para la realización de resúmenes de prensa. Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra (http://www.conlicencia.com; +34 917 021970 / +34 932 720447).

Las opiniones y datos reflejados en los contenidos son de exclusiva responsabilidad de los autores.

# **IMAGEN DE PORTADA:**

Por cortesía del Grupo PSA

### **ENTIDAD EDITORA:**

Federación de Asociaciones de Ingenieros Industriales de España

# ADMINISTRACIÓN, DIRECCIÓN, DISTRIBUCIÓN, EDICIÓN, PEDIDOS, PUBLICIDAD Y SUSCRIPCIONES:

Publicaciones DYNA S.L. www.dynapubli.com

Alameda de Mazarredo, 69 - 48009 BILBAO. Tel. +34 944 237566 - Fax +34 944 234461

email: dyna@revistadyna.com

Instrucciones detalladas para los autores en la

web: www.revistadyna.com

## **IMPRESOR:** MCCGRAPHICS

C/ Larrondo Beheko Etorbidea, edif. 4 Nave 1 - 48180 LOIU (Vizcaya) - Tel.: +34 944 535 205. e-mail: elkar@mccgraphics.com

Formato: 21 x 29,7 cm (A4)

D.L. BI-6-1958 ISSN 0012-7361

ISSN electrónico 1989-1490

SICI: 0012-7361(201711101)92:6<>1.0.TX;2-T

CODEN: DYNAAU DOI: 10.6036/DYNAII

Tirada de este número: 3.867 (papel) y 38.918 (digital) Ejemplares vendidos: 3.697 (papel) y 38.902 (digital)

# **UNIVERSIDADES COLABORADORAS**

Universidad del País Vasco, Universidad de la Coruña, Universidad de Vigo, Universidad Carlos III, Universidad de Oviedo, Universidad de Navarra (Tecnun), Universidad Politécnica de Cartagena, Universidad Politécnica de Cataluña, Universidad de Mondragón, Universidad de Gerona, Universidad de Cantabria, Universidad Politécnica de Valencia, Universidad Miguel Hernandez, Universidad Rovira i Virgili, Universidad de Huelva, Universidad Sancti Spiritus.

# **ORGANIZACIONES COLABORADORAS**

CEIT-IK4, Euskalit, Tecnalia, ITEC, ITE, CTM, AIMEN, Gaiker-IK4, IAT, CIATEC

### **ORGANIZACIONES AMIGAS DE DYNA**

Bodegas Muriel y Structuralia

### DIRECCIÓN

José María Hernández Álava

# Miembro de:

- Council of Science Editors
- Asociación Española de Comunicación Científica

# Suscripción anual Institucional

| España   | 200,00€ |
|--|---------|
| Extranjero   |         |
| Suscripción WEB ilimitada al archivo histórico               |         |
| Precio por ejemplar  |         |
| Los ejemplares se envían por correo ordinario y su precio in |         |
| envío.   | , 3     |

Para suscripciones, pedidos, reclamaciones, renovaciones, cancelaciones o cambios de domicilio enviar un correo electrónico a dyna@revistadyna.com indicando el motivo del mensaje, la identificación de la persona o entidad, NIF o CIF, dirección postal, teléfono y correo electrónico.

Existe un formulario de suscripción en nuestra página web:

http://www.revistadyna.com

# Tarifas publicitarias

(Estos precios no incluyen el 21% de IVA)

| (L3t03 precios no incluyen el 21% de 17A)           |                   |             |  |  |  |
|---|-------------------|-------------|--|--|--|
| Revista Impresa                                     | Izda.             | Dcha.       |  |  |  |
| Página a color                                      | 1.036 €           | 1.183 €     |  |  |  |
| 1/2 página a color (Horizontal o vertical)          | 675€              | 800€        |  |  |  |
| 1/4 página a color (Horizontal o vertical)          | 427 €             | 492 €       |  |  |  |
| Interior Portada                                    |                   | 1.224 €     |  |  |  |
| Interior Contraportada                              |                   | 1.061 €     |  |  |  |
| Contraportada                                       |                   | 1.275 €     |  |  |  |
| Encartes y Publireportajes                          |                   | a consultar |  |  |  |
| Revista digital (http://www.revistadyna.com)        |                   |             |  |  |  |
| Banner web lateral de 245x60 pixels (mín.           | 7 dd)             | 15 €/día    |  |  |  |
| Banner web superior de 620x95 pixels (mí            | n. 7 dd)          | 50 €/día    |  |  |  |
| Inserción en Boletín electrónico                    |                   | a consultar |  |  |  |
| Páginas visitadas al mes: 30.000 (Google Analytics) |                   |             |  |  |  |
| Nuestro formato impreso es A4 a todo colo           | or (21 x 29,7 cm) |             |  |  |  |

El material digital original será por cuenta del anunciante. Los anuncios con indicación del lugar de colocación tendrán un aumento del 25%.

# Incluida en / Indexed in

**MICROSOFT ACADEMIC (Microsft Coporation)** 

https://academic.microsoft.com

DIALNET (Universidad de La Rioja)

http://dialnet.unirioia.es

**GEOREF (American Geological Institute)** 

http://www.agiweb.org

**GOOGLE SCHOLAR** 

http://scholar.google.es

ICYT (Consejo Superior de Investigaciones Científicas)

http://www.csic.es

JCR (Journal Citation Reports (Clarivate Analytics)

http://science.thomsonreuters.com/es/productos/jcr

CATÁLOGO LATINDEX (Sistema Regional de Información en

linea para Iberoamérica)

http://www.latindex.org

PASCAL (Centre National de la Recherche Scientifique)

http://www.inist.fr

RECYT (Fundación Española de la Ciencia y Tecnología)

http://recyt.fecyt.es

SCIENCE CITATION INDEX EXPANDED (Clarivate Analytics)

http://www.thomsonscientific.com

SCOPUS (Grupo Elsevier)

http://info.scopus.com

CIRC (EC3metrics)

https://www.clasificacioncirc.es/

TECHNOLOGY RESEARCH DATABASE (ProQuest)

http://www.proquest.com

ULRICH'S PERIODICALS DIRECTORY (Grupo Elsevier)

http://ulrichsweb.com

| BOL | ETIN | DE | SU | SCR | <b>IPCIO</b> | N: |
|-----|------|----|----|-----|--------------|----|
|-----|------|----|----|-----|--------------|----|

| *Nombre y 2 apellidos   |  | Empresa                                    |  |  |
|---|--|--|--|--|
| * NIF / CIF   | *Dirección de envío susc                 | ripción                                    |  |  |
| *CP*Población   |  | *Provincia                                 |  |  |
| *Teléfono   | Móvil                                    | Fax  |  |  |
| E-mail  | Web                                      |  |  |  |
| Fecha   | Fecha                                    | Firma y Sello                              |  |  |
| FORMA DE PAGO SELECCION   | NADA:                                    |  |  |  |
| ☐ Transferencia   | Cheque nominativo                        | <ul> <li>Domiciliación bancaria</li> </ul> |  |  |
| Ruego a Uds. que con cargo a  | cta./libreta: Entidad                    | Agencia D.C. País                          | Oficina  |  |
| Domicilio Sucursal  |  |  |  |  |
| Atiendan hasta nuevo aviso lo   | s recibos que presente Publicacio        | ones DYNA SL.                              |  |  |
| Remitir este boletín de suscrip   | ción o sus datos por:                    |  |  |  |
| CORREO POSTAL: Publicaciones DYNA SL Alda. Mazarredo 69 – 4° 48009-Bilbao | CORREO ELECTRÓNICO: dyna@revistadyna.com | FAX:<br>+34 94 423 44 61                   | PÁGINA WEB: http://www.revistadyna.com Donde existe un formulario de suscripción |  |

Los campos señalados con un \* son obligatorios, y por tanto necesarios para atender su petición.
En cumplimiento de lo establecido en la LOPD 15/1999, le informamos y en este sentido usted consiente, que los datos personales, que nos facilite, sean tratados y queden incorporados en los ficheros de PUBLICACIONES DYNA SL, para el envío periódico de la revista Dyna, sus datos no serán objeto de cesión alguna. En el caso de que no dé su consentimiento para el tratamiento de sus datos, será imposible prestar correctamente los servicios solicitados. Usted además consiente, el envío (incluso por medios electrónicos), de comunicaciones comerciales y publicitarias, por parte de PUBLICACIONES DYNA SL, se compromete a mantener actualizados los mismos. y podrá ejercitar los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición, dirigiéndose a PUBLICACIONES DYNA SL, C/Alameda de Mazarredo, 69, 48009 Bilbao.

- 🖵 No autorizo el envío por medios electrónicos de información comercial, por parte de PUBLICACIONES DYNA SL.
- ☐ No deseo que mis datos sean empleados con finalidades publicitarias por parte de PUBLICACIONES DYNA SL.

# contenido

# articulos de investigación

PARAMETERS DETERIORATION RULES OF SURROUNDING ROCK FOR DEEP TUNNEL **EXCAVATION BASED ON UNLOADING EFFECT** 

RECOMENDACIONES BASADAS EN EL EFECTO DESCARGA SOBRE LOS PARÁMETROS DE DETERIORO DE LAS ROCAS CIRCUNDANTES PARA LA EXCAVACIÓN DE TÚNELES **PROFUNDOS** 

INFLUENCIA DE LA VÁLVULA RELÉ EN SISTEMAS DE FRENOS NEUMÁTICOS

RELAY VALVE INFLUENCE OF PNEUMATIC BRAKING SYSTEMS

SIMULACIÓN DE MICRORED EN CORRIENTE CONTINUA Y ESTUDIO DE GESTIÓN DE POTENCIA Y DE CARGA/DESCARGA DE **BATERÍAS** 

SIMULATION OF DIRECT CURRENT MICROGRID AND STUDY OF POWER AND BATTERY CHARGE/ DISCHARGE MANAGEMENT

MODELO BORROSO PARA EL CÁLCULO DE DOSIFICACIONES DE MORTEROS DE **CEMENTO** 

FUZZY MODEL FOR CALCULATING OF CEMENT **MORTAR RATIOS** 

CONTROL DE CONTAMINACIÓN BACTERIANA MEDIANTE UN BIOCIDA FÍSICO EN UN TÚNEL DE PROCESO DE TRATAMIENTO DE SUPERFICIE PARA CARROCERÍAS

CONTROL OF BACTERIAL POLLUTION THROUGH A PHYSICAL BIOCIDE IN A PROCESS TUNNEL OF SURFACE TREATMENT FOR BODIES

INFLUENCIA DEL CAUDAL DE VENTILACIÓN E INFILTRACIÓN SOBRE LA DEMANDA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS RESIDENCIALES EN ESPAÑA

INFLUENCE OF VENTILATION AND INFILTRATION FLOWS ON ENERGY DEMAND IN RESIDENTIAL **BUILDINGS OF SPAIN** 

TOMA DE DECISIONES MEDIANTE METODOLOGÍA MULTICRITERIO (CARBÓN NACIONAL Y SEGURIDAD ENERGÉTICA)

DECISION-MAKING THROUGH MULTI ATTRIBUTE UTILITY METHODOLOGY (DOMESTIC COAL AND ENERGY SECURITY)

DESARROLLO Y ENSAYO DE UN AMORTIGUADOR DE MASAS SINTONIZADAS PARA SISTEMAS DE CATENARIA RÍGIDA

DEVELOPMENT AND TESTING OF A TUNED MASS DAMPER FOR OVERHEAD CONTACT RAIL SYSTEMS

CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL DE UNA SUPERFICIE EXTENDIDA CON ALETAS TIPO ESPINA Y CONFIGURACIÓN DE TUBOS EN

EXPERIMENTAL CHARACTERIZATION OF AN EXTENDED SURFACE WITH SPINE-TYPE FINS AND INVERTED V TUBE CONFIGURATION

ANALYSIS ON THE HYDRAULIC AND THRUST CHARACTERISTICS OF A MINIATURE WATER-JET PROPULSION PUMP

ANÁLISIS SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS Y DE EMPUJE DE UNA BOMBA A PROPULSIÓN POR AGUA EN MINIATURA

# nuestras cosas

596

Hitos de la ingeniería industrial

597 Editorial

598

Comentarios de nuestros lectores

# perspectivas

Desarrollo de la tecnología Chemical Looping Combustion (CLC)

Baterías del futuro: retos y proyección

# notas técnicas

Un ejemplo educativo del uso de software libre en un máster de ingeniería industrial

Análisis de riesgos y recomendaciones de diseño electrónico con Arduino

Aplicación de la computación paralela con unidad procesadora de gráficos para el análisis de un sistema mecánico ferroviario

Evaluación de la influencia del marco geológico en la concentración de As, Pb y Sb en suelos y aguas subterráneas

Sistema mecatrónico de un vehículo de guiado automático (AGV) sin guía magnética

613 Selección de herramientas para el mantenimiento esbelto utilizando el fuzzy analitic hierarchy process

614 El problema de programación de trabajos y acomodo

615 Metamateriales: blindaje a las microondas como protección personal para usuarios de móviles de alta gama

**616**Perfiles de directivos de recursos humanos según su percepción sobre el impacto de la diversidad en el rendimiento de la empresa

Análisis de variables predictivas relevantes en el mercado diario de la electricidad

# colaboraciones

619 Emulación de ejes adicionales para una máquina fresadora CNC de 3 ejes

Adaptación del método de Janssen para la determinación de presiones bajo stockpile de mineral

Evaluación económica y ambiental de diseños estructurales de edificaciones mediante análisis de ciclo de vida basado en entradas y salidas

632 Tecnologías asociadas al sistema power to gas

Máquinas multitarea: evolución, recursos, procesos y programación

Las calderas de la primera máquina de vapor de Minas de Almadén. Reconstrucción 3D y maqueta a partir de sus planos