

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

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.

<http://www.revistadyna.com>

[dyna@revistadyna.com](mailto:dyna@revistadyna.com)

### CONSEJO DE ADMINISTRACIÓN

**Presidente de Honor:** Luis Manuel Tomás Balibrea (FAIE. - Madrid)  
**Presidente:** Néstor Goicoechea Gandiaga (Asociación de Bizkaia - Bilbao)  
**Vicepresidente:** José Esteban Fernández Rico (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), Germán Ayora López (Asociación de Andalucía Occidental - Sevilla), Joan Torres i Carol (Asociación de Catalunya - Barcelona), Miguel Ángel Martínez Lucio (Asociación de Madrid - Madrid), José María Ruíz - Tapiador Trallero (Asociación Aragón - Zaragoza), Manuel Lara Coira (Asociación de Galicia - Santiago), Martín Vega Uribarri (Asociación de Cantabria - Santander).

### OTROS SOCIOS

Ramón Larrinoa Barreda (Colegio de Alava), Gabriel Egaña Uranga (Colegio de Gipuzkoa), Carlos Izkie Montejo (Colegio de Navarra), Francisco J. Marrodán Esparza (Asociación de La Rioja), Jesús María Mirat Celdrán (Asociación de Extremadura), Alfonso Panadero Martínez (Asociación de Albacete), Andrés Pérez Bermúdez (Asociación de Canarias), Alfredo Arias Berenguer (Asociación de Baleares), Manuel María Uruña Cuadrado (Asociación León - León).

### CONSEJO DE REDACCIÓN

**Presidente:** Luciano Azpiazu Canivell (Nomantica, Palencia)  
**Vicepresidente:** Leopoldo Espolita Carreño (Asociación de Asturias - Oviedo)  
**Secretario:** Carlos López de Letona (Asociación de Bizkaia - Bilbao)

### Vocales:

Alberto Del Rosso (Universidad Tecnológica Nacional - Buenos Aires, Argentina), Alfonso Parra Gómez (Asociación de Bizkaia - Bilbao), Andrés Ortuño Carbonell (Asociación de Murcia - Murcia), Antonio Adsuar Benavides (Conselleria de Industria Comercio e Innovación - Valencia) - Eduardo Valle Peña (Asociación de Cantabria - Santander), Blas Hermoso Alameda (Universidad Pública de Navarra - Pamplona), Franck Giro (Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers - Paris, Francia), Fernando Guijarro Merelles (Universidad de Extremadura - Cáceres), Fernando López Rodríguez (Agencia Extremeña de la Energía - Cáceres), Angel Mena Nieto (Universidad de Huelva - Palos de la Frontera), Ferrán Puerta Sales (Universidad Politécnica de Cataluña - Barcelona), Ignacio Fernández de Aguirre Guantes (Instituto de Fundición Tabira - Durango), Javier Barrondo Apodaca (Asociación Bizkaia - Bilbao), José Manuel Palomar Carnicero (EPS Jaén - Jaén), José María Bueno Lidón (Green Power Tech - Sevilla), José Rafael Castrejón Pita (University of Cambridge - Cambridge, UK), Juan M. Gers (Gers USA LLC - Weston, Florida, USA), Manuel Lara Coira (Escuela Politécnica Superior de Ferrol - Ferrol), Néstor Goicoechea Larracochea (Universidad de País Vasco - Bilbao), Nicolás Gaminde Alix (Asociación Bizkaia - Bilbao), Joan L. Serarols Font (Universidad de Girona - Girona), Pedro J. Otaduy (ETICG - Oak Ridge, Tennessee, USA), Pere Alavedra Ribot (Universidad Internacional de Catalunya - Barcelona), Raimundo Martínez Giménez (Euroconseil - Sevilla).

### CONSEJO ASESOR

Allan Joseph Wailoo (Universidad de Sheffield - Sheffield, UK), Carlos García Crespo (Universidad de Mondragón - Mondragón), Eva Martínez Caro (Universidad Politécnica de Cartagena - Cartagena), Javier Santos García (Universidad de Navarra - San Sebastian), Jorge Arturo Del Ángel Ramos (Universidad Veracruzana - Veracruz, Méjico), Ricardo Rodríguez Jorge (Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez - Juárez, Méjico), Erik Ocaranza Sánchez (Instituto Politécnico Nacional - Tlaxca, Méjico)

© 2014. 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.

**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](http://www.dynapubli.com)  
 Alameda de Mazarredo, 69 - 48009 BILBAO.  
 Tel. +34 944 237566 - Fax +34 944 234461  
 email: [dyna@revistadyna.com](mailto:dyna@revistadyna.com)  
 Instrucciones detalladas para los autores en la web: [www.revistadyna.com](http://www.revistadyna.com)

### IMPRESOR: MCCGRAPHICS

C/ Larrondo Behoko Etorbidea, edif. 4 Nave 1 - 48180 LOIU (Vizcaya)  
 - Tel.: +34 944 535 205. e-mail: [elkar@mccgraphics.com](mailto: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(20140101)89:1<>1.0.TX;2-P  
 CODEN: DYNAAU  
 DOI: 10.6036/DYNAII

**Tirada de este número:** 3.965 (papel) y 48.605 (digital)  
**Ejemplares vendidos:** 3.796 (papel) y 48.605 (digital)

### UNIVERSIDADES COLABORADORAS

Universidad del País Vasco, Universidad de la Coruña, Universidad de Vigo, Universidad Carlos III, Universidad de Oviedo, Universidad de Navarra (Tecnum), 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, Amic y Structuralia

### DIRECCIÓN

José María Hernández Álava

Miembro de:

- Council of Science Editors
- Asociación Española de Comunicación Científica



# contenido

Enero - Febrero 2014

50



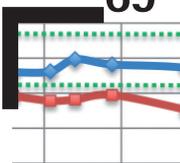
REDUCCIÓN DEL DESPERDICIO «ESPERA» EN LÍNEAS DE ENSAMBLE MEDIANTE EL USO DE HEURÍSTICAS Y ESCENARIOS DE SIMULACIÓN  
*WAITING WASTE REDUCTION IN ASSEMBLY LINES USING HEURISTICS AND SIMULATION SCENARIOS*

61



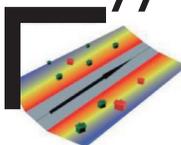
CONTROL DEL PROCESO DE CICLOS ALTERNADOS PARA LA ELIMINACIÓN EFICIENTE DE CONTAMINANTES EN UNA EDAR  
*ALTERNATED CYCLES PROCESS CONTROL FOR EFFICIENT POLLUTANT REMOVAL IN A WWTP*

69



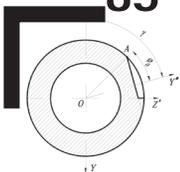
MOTORES MARINOS DE COMBUSTIÓN INTERNA. ESTUDIO FÍSICOQUÍMICO DEL AGUA DE REFRIGERACIÓN  
*MARINE INTERNAL COMBUSTION ENGINES. PHYSICOCHEMICAL STUDY OF COOLING WATER*

77



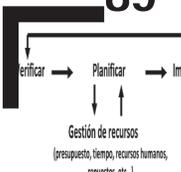
MÉTODO PARA EVALUAR EL IMPACTO DEL RUIDO DEL TRANSPORTE RODADO EN EL MARCO DEL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA  
*A METHOD TO ASSESS THE IMPACT OF ROAD TRANSPORT NOISE WITHIN THE FRAMEWORK OF LIFE CYCLE ASSESSMENT*

85



TENSIONES EN EJES HUECOS CON UNA GRIETA SUPERFICIAL BAJO FLEXIÓN ROTATIVA  
*STRESSES IN HOLLOW AXIS WITH A SURFACE CRACK UNDER ROTATION AND BENDING*

89



METODOLOGÍA PARA AUDITAR LA ASIGNACIÓN DE RECURSOS A LAS ACTIVIDADES CRÍTICAS DE MANTENIMIENTO  
*METHODOLOGY FOR AUDITING THE RESOURCES ALLOCATION OF CRITICAL MAINTENANCE ACTIVITIES*

98



COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE HUECOS PARA ASCENSORES EN FUNCIÓN DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA  
*COMPARATIVE ANALYSIS BASED AT THE LIFE CYCLE ASSESSMENT ON HOISTWAY OF RESIDENTIAL BUILDINGS*

106



ESTIMACIÓN DE LA ABSORCIÓN ACÚSTICA DE PANELES FABRICADOS CON NEUMÁTICOS RECICLADOS  
*STUDY OF THE ACOUSTIC ABSORPTION PROPERTIES OF PANELS MADE FROM GROUND TIRE RUBBERS*

112



DESARROLLO DE UN SISTEMA EXPERTO PARA AYUDAR A LA VERIFICACIÓN DEL SISTEMA "TACAN"  
*EXPERT SYSTEM DEVELOPMENT TO ASSIST ON THE VERIFICATION OF "TACAN" SYSTEM PERFORMANCE*

6  
DYNA hace 80 años

10  
AULA DYNA:  
GUÍA PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD INDUSTRIAL

14  
Actualidad

16  
Uso de las herramientas de simulación energética para el estudio del microclima urbano

18  
El concepto humanístico de la ENTROPIA en los primeros años de DYNA

24  
TORRE IBERDROLA  
Servicios y sistemas: confort, eficiencia y sostenibilidad

30  
Aplicación de catenaria rígida en túneles

34  
AVANCES EN REPRAP: Impresión 3D de código abierto

39  
Comparativa de tecnologías de propulsión de sistemas de transporte público en España

46  
Segundas vidas para baterías de coches eléctricos:  
buenas ideas – malos negocios