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

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**

CONSEJO DE ADMINISTRACIÓN

Presidente de Honor: Luis Manuel Tomás Balibrea (FAIIE - 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 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 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 Girot** (Ecole Nationale Superieure d´Arts et Metiers – Paris, Francia), **Fernando Guijarro Merelles** (Universidad de Extremadura – Cáceres), **Fernando López Rodriguez** (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 Larracoechea** (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, México), **Ricardo Rodríguez Jorge** (Universidad Tecnológica de Ciudad Juarez - Juarez, México), **Erik Ocaranza Sánchez** (Instituto Poltécnico Nacional - Tlascala, México), **Joshué Manuel Pérez Rastelli** (INRIA - Paris, Francia) - **Lina Montuori** (Universidad de Nueva York - Buffalo, USA), **Jacques Mercadier** (UISBA - Pau, Francia), **Noelia Fernández Díaz** (NaCOM Energy - Agotnes, Noruega).

© 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
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(201411101)89:6<>1.0.TX;2-Z
CODEN: DYNAAU
DOI: 10.6036/DYNAII

Tirada de este número:3.895 (papel) y 38.902 (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, Amic y Structuralia

DIRECCIÓN
José María Hernández Álava

Miembro de:
- Council of Science Editors
- Asociación Española de Comunicación Científica

Suscripción anual Institucional

(Estos precios no incluyen el 4% de IVA)

España	158,10 €
Número suelto	30,60 €
Extranjero	218,10 €
Número para extranjero	38,60 €
Suscripción WEB ilimitada al archivo histórico	a consultar

Los ejemplares se envían por correo ordinario y su precio incluye los gastos de envío.

Forma de pago: Contado previo al envío de la revista

Medio de pago preferente: Domiciliación.

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)

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 200x60 pixels (mín. 7 dd)		20 €/día
Banner web superior de 650x80 pixels (mín. 7 dd)		80 €/día
Inserción en Boletín electrónico		a consultar

Páginas visitadas al mes: 30.000 (Google Analytics)

Nuestro formato impreso es A4 a todo color (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

COMPLUDOC (Universidad Complutense de Madrid)
http://europa.sim.ucm.es/compludoc
DIALNET (Universidad de La Rioja)
http://dialnet.unirioja.es
FUENTE ACADEMICA PREMIER (Ebsco Publishing)
http://www.ebscohost.com
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 (Thomson-Reuters)
http://science.thomsonreuters.com/es/productos/jcr
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 (Thomson-Reuters)
http://www.thomsonscientific.com
SCOPUS (Grupo Elsevier)
http://info.scopus.com
SUMARIS (Biblioteques Universitaries de Catalunya)
http://sumaris.cbuc.es
TECHNOLOGY RESEARCH DATABASE (ProQuest)
http://www.proquest.com
ULRICH´S PERIODICALS DIRECTORY (Grupo Elsevier)
http://ulrichsweb.com

BOLETIN DE SUSCRIPCIÓN:

*Nombre y 2 apellidos.. Empresa ....

* NIF / CIF .... *Dirección de envío suscripción..

*CP .... *Población .... *Provincia ....

*Teléfono.............................. Móvil .... Fax ....

E-mail .... Web ....

Fecha .... Fecha Firma y Sello

FORMA DE PAGO SELECCIONADA:

☐ Transferencia ☐ Cheque nominativo ☐ Domiciliación bancaria

Ruego a Uds. que con cargo a cta./libreta: ☐☐☐☐ ☐☐☐☐ ☐☐ ☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐
Entidad Agencia D.C. Oficina

Domicilio Sucursal .... Cod.Postal .... Población .... Titular ....

Atiendan hasta nuevo aviso los recibos que presente Publicaciones DYNA SL.

Remitir este boletín de suscripción o sus datos por:

CORREO POSTAL:	**CORREO ELECTRÓNICO:**	**FAX:**	**PÁGINA WEB:**
Publicaciones DYNA SL Alda. Mazarredo 69 – 3º 48009-Bilbao	dyna@revistadyna.com	+34 94 423 44 61	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.*

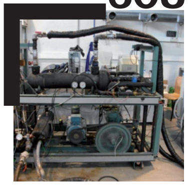
En cumplimiento de lo establecido en la LOPD 15/1999, le informamos y en este sentido usted consiente, que los datos personales, que nos facilite, sean tratados y queden incorporados en los ficheros de PUBLICACIONES DYNA SL, para el envío periódico de la revista Dyna, sus datos no serán objeto de cesión 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

Noviembre - Diciembre 2014

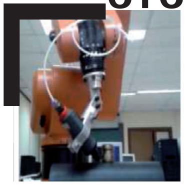
608



COMPUTATIONAL TOOL FOR EXPERIMENTAL REFRIGERATION SYSTEM ANALYSIS USING SPREADSHEETS

HERRAMIENTA COMPUTACIONAL PARA ANALIZAR UN SISTEMA EXPERIMENTAL DE REFRIGERACIÓN USANDO HOJAS DE CÁLCULO

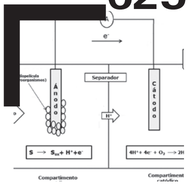
616



PROGRAMACIÓN DE UNA CÉLULA ROBOTIZADA PARA SOLDADURA DE COMPLEMENTOS A DEPÓSITOS DE ACERO A PRESIÓN

PROGRAMMING A ROBOTIC CELL APPLIED TO THE WELDING ACCESSORIES TO PRESSURIZED STEEL TANKS

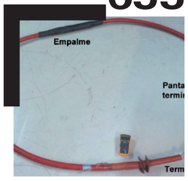
625



AVANCES RECIENTES EN MODELADO Y SIMULACIÓN DE PILAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANAS

RECENT PROGRESS IN MODELING AND SIMULATION OF MICROBIAL FUEL CELL

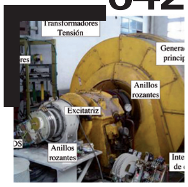
633



IDENTIFICACIÓN DE DEFECTOS EN CABLES DE MEDIA TENSIÓN APLICANDO MÉTODOS MULTIVARIABLES

DEFECTS IDENTIFICATION IN MEDIUM-VOLTAGE CABLES BY APPLYING MULTIVARIATE METHODS

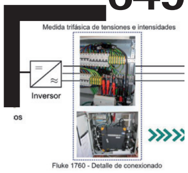
642



NUEVO "SISTEMA DE DESEXCITACIÓN RÁPIDA PARA MÁQUINAS SÍNCRONAS CON EXCITACIÓN BRUSHLESS" (HSBDS) EN UN GENERADOR DE 15 MVA

NEW "HIGH SPEED DE-EXCITATION SYSTEM FOR BRUSHLESS SYNCRHONOUS MACHINES" IN A 15 MVA GENERATOR

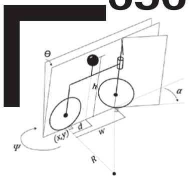
649


Medida trifásica de tensiones e intensidades
Inversor
Fluke 1760 - Detalle de conexionado

INTEGRACIÓN DE RECURSOS RENOVABLES Y REQUERIMIENTOS DE CONEXIÓN EN EL SISTEMA ELÉCTRICO ESPAÑOL: ANÁLISIS DE DATOS EN INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS

INTEGRATION OF RENEWABLE RESOURCES UNDER SPANISH GRID CODE REQUIREMENTS: STUDY OF REAL DATA MEASUREMENTS IN PV POWER PLANTS

656



CONTROLADOR PROPORCIONAL-INTEGRAL ADAPTATIVO PARA EL AHORRO ENERGÉTICO EN BICICLETAS AUTÓNOMAS

ADAPTIVE PROPORTIONAL-INTEGRAL CONTROLLER FOR SAVING ENERGY CONSUMPTION OF AUTONOMOUS BICYCLES

665

DETERMINACIÓN DEL RIESGO OPERACIONAL EN LA LÍNEA AÉREA DE CONTACTO DEL FERROCARRIL

OPERATIONAL RISK DETERMINATION IN CONTACT LINES FOR ELECTRIC RAILWAYS

582
DYNA hace 80 años

584
AULA DYNA:
BATERÍAS: ESTADO ACTUAL Y FUTURAS TENDENCIAS
(1ª parte)

590
Actualidad

595
EL COSTE DEL CICLO DE VIDA IMPORTA. 1ª parte: Evolución tecnológica en los contadores de eje

603
Motores síncronos de imanes permanentes para vehículos híbridos.
El Toyota Prius

672
Indices del Volumen