The background of the cover is a deep blue color, overlaid with a complex pattern of glowing light blue and white geometric shapes. These shapes include various sizes of hexagons, some of which are interconnected by thin lines, and several interlocking gears of different sizes. The overall effect is a sense of technical precision and interconnectedness.

Entre  
CIENCIA  
e  
INGENIERIA  
3

**Armando Dias Duarte**  
(Organizador)



Entre

# CIENCIA e INGENIERIA

## 3

**Armando Dias Duarte**  
(Organizador)

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Armando Dias Duarte

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

E61 Entre ciencia e ingenieria 3 / Organizador Armando Dias Duarte. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0447-7

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.477220308>

1. Ciencia. 2. Ingenieria. I. Duarte, Armando Dias (Organizador). II. Título.

CDD 501

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br



## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

A coleção de trabalhos intitulada “*Entre Ciencia e Ingenieria 3*” é uma obra que tem como foco principal a discussão científica por intermédio de diversos trabalhos que compõem seus capítulos. O volume abordará de forma categorizada e interdisciplinar, pesquisas cujos resultados possam auxiliar na tomada de decisão, tanto no campo acadêmico, quanto no profissional.

Nos capítulos apresentados, são encontrados estudos de grande valia nas áreas da simulação computacional, materias, gestão energética, aspectos industriais, estudos ambientais, na área da educação e otimização.

A composição dos temas buscou a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos (as), mestres (as) e todos (as) aqueles (as) que de alguma forma se interessam pela área da Engenharia, através de temáticas atuais com resoluções inovadoras, descritas nos capítulos da coleção. Sendo assim, a divulgação científica é apresentada com grande importância para o desenvolvimento de toda uma nação, portanto, fica evidenciada a responsabilidade de transmissão dos saberes através de plataformas consolidadas e confiáveis, como a Atena Editora, capaz de oferecer uma maior segurança para os novos pesquisadores e os que já atuam nas diferentes áreas de pesquisa, exporem e divulgarem seus resultados.

Armando Dias Duarte



## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **EFFECTOS DEL REFUERZO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL HORMIGON**

Dany Tasán  
Josselyn García  
Lucía Patrón

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4772203081>

### **CAPÍTULO 2..... 8**

#### **DESIGN, MANUFACTURE AND VALIDATION OF CUSTOMIZED SURGICAL GUIDES FOR TOTAL KNEE REPLACEMENT**

L. San Martin  
H. Losada  
A. Tejo-Otero  
C.M. Atienza Vicente

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4772203082>

### **CAPÍTULO 3..... 17**

#### **DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO, PARA UTILIZAR EN LA MACRO PLAZA DEL MALECÓN EN EL PUERTO DE VERACRUZ: UNA CONTRIBUCIÓN A MICROEMPRESA MÓVIL O FIJA DE ARTESANÍAS**


Miguel Ángel Quiroz García  
Leodegario Vázquez González  
Carlos Roberto González Escarpeta  
Mónica Rodríguez Landa  
Raymundo Escalante Wong  
Othoniel Salomón Acosta  
José de Jesús Romero Castro  
Samuel Sarmiento Gutiérrez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4772203083>

### **CAPÍTULO 4..... 26**

#### **ESTUDO DO MOTOR SÍNCRONO**

Pérez Millán Brenda Carolina  
Vergara Hernández Erasto  
Cea Montufar César Eduardo  
Fernández Anaya Alfredo


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4772203084>

### **CAPÍTULO 5..... 33**

#### **APLICACIÓN Y ANÁLISIS DE CORE TOOLS PARA LA INTEGRACIÓN Y VALIDACIÓN DE MODELO G05 DE LA FASE DE PROTOTIPO A PRODUCCIÓN**

Catalina Arriaga Vázquez  
Elsa Castillo Carrillo  
Ma. Guadalupe Jáuregui Ojeda


José Angel Sandoval Marín  
Angel Manuel Medina Mendoza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4772203085>

**CAPÍTULO 6..... 46**

**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LOSA PRETENSADA PPCC COMO SOLUCIÓN DE ENTREPISO Y CUBIERTA EN VIVIENDA SOCIAL**


Bolívar Hernán. Maza  
Daniela Stefanía. Maza Vivanco

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4772203086>

**CAPÍTULO 7..... 65**

**METABOLISMO INDUSTRIAL DEL INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO PAULO EMILIO MACÍAS, ECUADOR**

Ricardo Fabricio Muñoz Farfán  
Telly Yarita Macías Zambrano  
Eder Israel Chinga Muentes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4772203087>

**CAPÍTULO 8..... 77**

**PROPUESTA DE SISTEMA DE AHORRO INTELIGENTE MEDIANTE LA REUTILIZACIÓN DE AGUA LLUVIA PARA LOS BAÑOS EN EL CORREGIMIENTO DE LA RAYA DE SANTA MARÍA**

Edwin A. Rivera S.  
Eulices G. Castillo A.  
Luis A. Quintero  
Cristian Pinzón

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4772203088>

**CAPÍTULO 9..... 89**

**BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON PETRÓLEO CRUDO CON BACTERIAS Y LEVADURAS**

Ismael Acosta Rodríguez  
Daniela Paz Azuara  
Adriana Rodríguez Pérez  
Juan Fernando Cárdenas González  
Víctor Manuel Martínez Juárez  
Dalila del Socoro Contreras Briones  
Juana Tovar Oviedo


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4772203089>

**CAPÍTULO 10..... 97**

**MITIGACIÓN DE CO<sub>2</sub> POR EL APROVECHAMIENTO DE LA GEOTERMIA SOMERA EN LA CLIMATIZACIÓN DE EDIFICIOS EN COLOMBIA**

Brian Sneyder Aros Amaya  
Jhojan Stiven Zea Fernández  
Cristian Alan Maldonado Romero

David Morillón Gálvez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.47722030810>

**CAPÍTULO 11..... 107**

LA INGENIERÍA INDUSTRIAL EN LOS PROCESOS DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE LA ZONA 4, ECUADOR

Telly Yarita Macías Zambrano

Teresa Viviana Moreira Vera


María Rodríguez Gámez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.47722030811>

**CAPÍTULO 12..... 122**

LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS COMO HERRAMIENTA PARA FACILITAR EL TRANSITO DEL LENGUAJE ARITMÉTICO AL LENGUAJE ALGEBRAICO

Lenin Alfonso Montes Cabarcas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.47722030812>

**CAPÍTULO 13..... 137**

OBSERVATION IN THE HIGHER-LEVEL CLASSROOMS OF THE IPN

Patricia Acevedo Nava

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.47722030813>


**CAPÍTULO 14..... 150**

INFLUENCIA DE ACTIVIDADES EXTRACURRICULARES EN COMPETENCIAS DESARROLLADAS POR ESTUDIANTES DE INGENIERÍA MECÁNICA DEL ITCH

Laura Isela Padilla Iracheta

Jaime Eduardo Trejo Aguirre

Esteban Rubio Ochoa


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.47722030814>

**CAPÍTULO 15..... 165**

OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN UN PROCESO DE SECADO DE MADERA UTILIZANDO DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Ramón Ángel Pons Murguía

Eulalia María Villa González del Pino

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.47722030815>

**CAPÍTULO 16..... 178**

REDES NEURONALES ARTIFICIALES EN LA VIDA MODERNA: CONOCIENDO LA EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA

Franyelit María Suárez-Carreño


Alexander Castillo Perdomo

Eva Elizabeth Tejada Manrique

Nilo Walker Andrade Acosta

Luis Rosales-Romero

Flor Omar


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.47722030816>

**CAPÍTULO 17..... 190**

USO DE LA SIMULACIÓN COMPUTACIONAL EN CIENCIA DE MATERIALES PARA LA PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO CINÉTICO Y MICROESTRUCTURAL DE ALEACIONES BINARIAS Y TERNARIAS

Susana Lezama Alvarez

Víctor Manuel López Hirata

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.47722030817>

**CAPÍTULO 18..... 198**


LAS PATINETAS ELÉCTRICAS, ¿SIMPLE DIVERSIÓN O APOORTE A LA MOVILIDAD?

Carlos Augusto Kaffure Ruiz

Juan Guillermo Zuluaga Villermo

Claudia Uribe Kaffure

Andrés Ernesto Francel Delgado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.47722030818>

**SOBRE O ORGANIZADOR ..... 211**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 212**

# CAPÍTULO 4

## ESTUDO DO MOTOR SÍNCRONO

*Data de aceite: 04/07/2022*

*Data de submissão: 10/05/2022*

**Pérez Millán Brenda Carolina**

Instituto Politécnico Nacional, CECyT 19  
Tecámac, Estado de México, México

**Vergara Hernández Erasto**

Instituto Politécnico Nacional, UPIIH  
Hidalgo, México

**Cea Montufar César Eduardo**

Instituto Politécnico Nacional, UPIIH  
Hidalgo, México

**Fernández Anaya Alfredo**

Instituto Politécnico Nacional, UPIIH  
Hidalgo, México

**RESUMEN:** Los motores eléctricos son dispositivos que son utilizados en la mayoría de las máquinas y dispositivos modernos. En el presente trabajo se aborda el tema del motor síncrono; partes que lo componen, principio de funcionamiento, circuito y/o forma de arranque y paro, y circuito y/o forma de cambio de giro. La mayoría de los motores monofásicos son de efecto térmico y sirven de protección contra sobrecalentamientos peligrosos provocados por sobrecargas, fallos en el arranque, y temperatura excesiva. Por otro lado, los motores trifásicos del tipo jaula de ardilla por su variedad de potencia y tamaño son muy usados en la industria no siendo utilizados en el hogar debido fundamentalmente a que en este sector no llega la corriente trifásica.

**PALABRAS CLAVE:** Motor síncrono, motor jaula de ardilla, motor trifásico

### SYNCHRONOUS MOTOR STUDY

**ABSTRACT:** Electric motors are devices that are used in most modern machines and devices. In this paper we will deal with the synchronous motor; its parts, principle of operation, starting and stopping circuit and/or form, and circuit and/or form of rotation change. Most single-phase motors are thermal effect and serve as protection against dangerous overheating caused by overloads, starting failures, and excessive temperature. On the other hand, three-phase motors of the squirrel cage type, due to their power and size variety, are widely used in industry and are not used in the home, mainly because three-phase current does not reach this sector.

**KEYWORDS:** Synchronous motor, squirrel cage motor, three-phase motor.

## 1 | INTRODUCCIÓN

El motor eléctrico es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica de rotación por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas. Son máquinas eléctricas rotatorias compuestas esencialmente por un estator y un rotor (Jefimenko, 1973).

Algunos de los motores eléctricos son reversibles, es decir, pueden convertir energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores. Los motores eléctricos de

tracción usados en trenes o en automóviles híbridos realizan a menudo ambas tareas, si se diseñan adecuadamente.

Son utilizados en infinidad de sectores tales como instalaciones industriales, comerciales y particulares. Su uso está generalizado en ventiladores, vibradores para teléfonos móviles, bombas, medios de transporte eléctricos, electrodomésticos, esmeriles angulares y otras herramientas eléctricas, unidades de disco, etc. Los motores eléctricos pueden ser impulsados por fuentes de corriente continua, y por fuentes de corriente alterna.

La corriente directa o corriente continua proviene de las baterías, los paneles solares, dínamos, fuentes de alimentación instaladas en el interior de los aparatos que operan con estos motores y con rectificadores. La corriente alterna puede tomarse para su uso en motores eléctricos bien sea directamente de la red eléctrica, alternadores de las plantas eléctricas de emergencia y otras fuentes de corriente alterna bifásica o trifásica como los inversores de potencia (Fitzgerald, 2003).

## 2 | COMPONENTES DEL MOTOR SÍNCRONO

El ensamble y a construcción de los motores síncronos es idéntica a la de los generadores de CA de polos salientes. El estator se encuentra constituido por un núcleo magnético ranurado, el cual posee un devanado imbricado trifásico. Por ello, el devanado también es idéntico al de un motor de inducción trifásico, ver Figura 1.

El rotor posee un grupo de polos salientes que son excitados por una corriente directa. Las bobinas de excitación se encuentran conectadas en serie a dos anillos colectores y la corriente es alimentada al devanado por un excitador externo. Las ranuras también están hechas a lo largo de la circunferencia de los polos salientes. Portan un devanado de jaula de ardilla similar al de un motor de inducción trifásico. Este devanado amortiguador es utilizado para arrancar el motor. colectores. La corriente puede ser variada controlando la pequeña corriente de excitación  $I_c$  que fluye en el devanado de campo estacionario del excitador (Wildi, 2007).

## 3 | PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Los motores síncronos son máquinas síncronas utilizadas para convertir potencia eléctrica en potencia mecánica.

Para entender el concepto básico de un motor síncrono, en la Figura 2 se muestra un motor síncrono de dos polos. La corriente de campo  $I_f$  del motor produce un campo magnético de estado estacionario  $B_R$ . Un conjunto trifásico de voltajes es aplicado al estator de la máquina, que produce un flujo de corriente trifásica en los devanados.

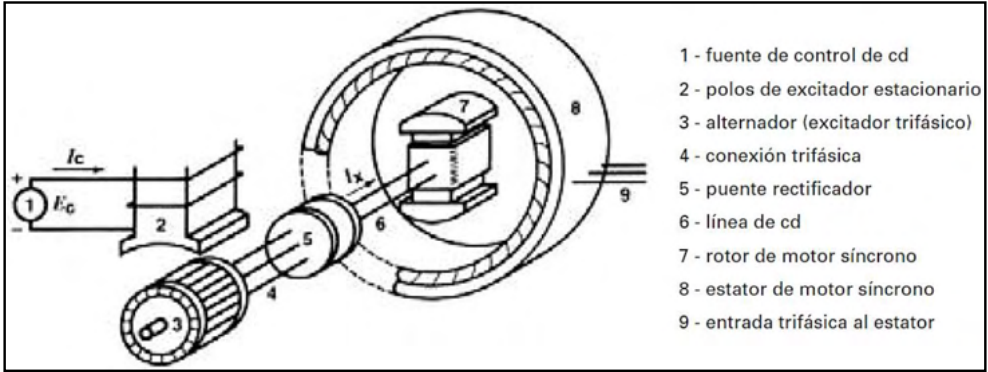


Figura 1. Diagrama que muestra los componentes principales de un excitador sin escobillas para un motor síncrono. es similar al de un generador síncrono

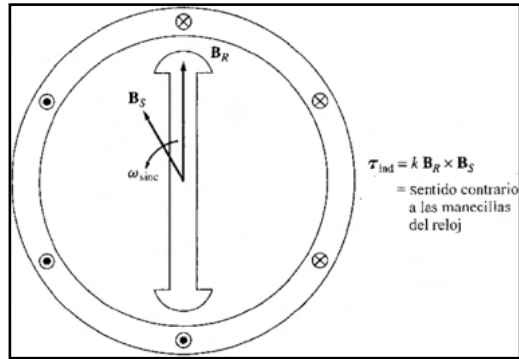


Figura 2. Motor síncrono de dos polos.

Un conjunto trifásico de corrientes en el devanado del inducido produce un campo magnético uniforme rotacional  $B_S$ . Entonces, existen dos campos magnéticos presentes en la máquina, y el campo rotórico tenderá a alinearse con el campo estatórico de la misma manera que dos barras magnéticas tenderán a alinearse si se colocan una cerca de la otra. Puesto que el campo magnético del estator es rotante, el campo magnético del rotor (y el rotor en sí mismo) tratará constantemente de emparejarse con él. Cuanto mayor sea el ángulo entre los dos campos magnéticos (hasta cierto máximo), mayor es el par sobre el rotor de la máquina. Para explicar de una manera más fácil el principio básico de operación del motor síncrono es que el rotor “persigue” el campo magnético rotante del estator alrededor de un círculo sin emparejarse del todo con él (Fraile, 2003).

#### 4 | CIRCUITO DE PARO Y ARRANQUE

De manera que el estátor de un motor síncrono es el mismo que el de un motor de inducción, el motor síncrono polifásico puede ponerse en marcha como un motor de

inducción con sus devanados amortiguadores por uno de los métodos SCIM. Sin embargo, en todos estos métodos, el circuito de excitación está cortocircuitado (desexcitado durante el periodo de arranque) hasta que el rotor se encuentra cerca de la velocidad de sincronismo. En este punto, el circuito de excitación de C.C. es abierto y le queda aplicada la tensión de C.C., llevando el motor al sincronismo. Tal y como se muestra en la Figura 3b, el devanado de excitación se encuentra cortocircuitado a través del contacto R, normalmente cerrado, a una resistencia de descarga. Por lo tanto, durante el periodo de arranque, el circuito de excitación actúa en el mismo sentido para ayudar al devanado amortiguador (en el arranque del motor como en un motor de inducción de jaula) hasta que el rotor se acerca a la velocidad de sincronismo.

El método de arranque mostrado en la Figura 3a, corresponde a un arrancador manual por autotransformador de tensión reducida que utiliza la transición en circuito cerrado. En la primera posición de arranque, que se observa en la tabla de secuencias de la Figura 3c, los contactos M se encuentran cerrados, pero el rotor no gira en esta posición. En la segunda posición de arranque, los contactos M y  $S_1$  se encuentran cerrados, alimentando sólo a los autotransformadores pero no al estátor del motor síncrono. En la tercera posición de arranque que se muestra en el diagrama de secuencias de la Figura 3c, los contactos M,  $S_1$  y  $S_2$  están cerrados, arrancando el motor síncrono bajo condiciones de tensión reducida. Después de un apropiado intervalo de tiempo, el interruptor se lleva a la posición 4, donde los contactos se cierran y se abren los  $S_1$ . Los primeros contactos quedan entonces cerrados antes de que se abran los últimos, para hacer posible la transición, en circuito cerrado, al mayor valor de la tensión del estátor.

El rotor se acelera a la velocidad de sincronismo y el interruptor se lleva a la quinta posición; cerrando los contactos n.a, R, de la fuente de suministro de C.C. y abriendo el contacto R,n.c., por lo que se cortocircuita el bobinado de excitación. Por tanto, dicho devanado se excita y el motor se acciona en sincronismo. En la posición 5, los contactos S también se encuentran abiertos. Como se muestra en el diagrama de la secuencia, en la posición de MARCHA, los contactos n.a. M,  $S_3$  y R se encuentran cerrados y el contacto R, n.c., en el circuito de descarga del campo, está abierto. Cuando se sitúa en la posición de FUERA, el primer grupo de contactos se abre y se cierra el último. El motor se desconecta de las líneas de C.C. y de C.A., y la descarga del campo es absorbida por la resistencia de descarga DR, que puede ser una resistencia de tirite para poder reducir la anulación del campo y resistir la alta tensión aplicada.



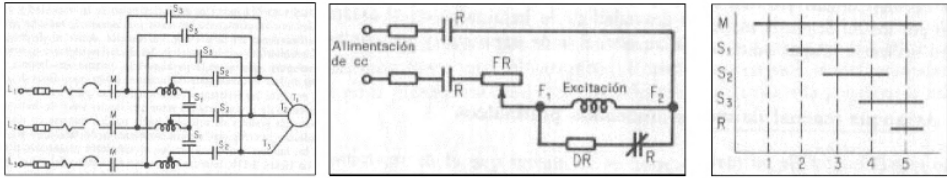


Figura 3. Arranque manual de un motor síncrono. A) (Izq.) Arranque por autotransformador, empleando transición en circuito cerrado. B) (En medio) Circuito de excitación. C) (Dcha.) Diagrama de la secuencia

## 5 | FRENADO POR INVERSIÓN

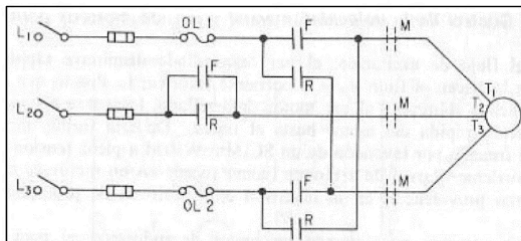
Un motor síncrono polifásico puede llevarse rápidamente al reposo aplicando el método descrito en la siguiente sección. La excitación de C.C. se desconecta simultáneamente de la fuente de alimentación y se cortocircuita para así poder reforzar la acción de frenado.

Un freno mecánico se aprieta por medio de un relé de frenado por inversión, accionado centrífugamente, que desexcita los contactores de inversión, desconectando el estátor de las líneas invertidas, a medida que el motor se aproxima a la velocidad nula (Kosow, 1998).

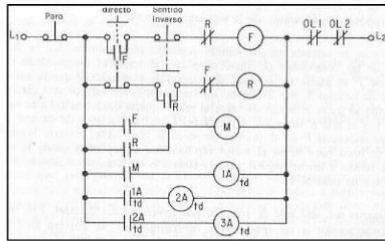
## 6 | CIRCUITO Y/O FORMA DE CAMBIO DE GIRO

La secuencia de fase de un estátor polifásico cualquiera (sea de un dínamo síncrono o bien de inducción) puede invertirse para cualquier propósito mediante el cierre de los contactos F o bien R mostrados en el circuito de potencia primario de la Figura 4a. Esto puede conseguirse manualmente mediante el empleo de interruptores de tambor o de levas. También puede conseguirse automáticamente, según se indica en la Figura 4b, en la que los pulsadores se enclavan eléctrica y mecánicamente (el primero mediante contactos n.c. R y F y el último mediante pulsadores de contacto dual). Los contactores de línea (de relés en sentidos directo e inverso) también se enclavan mecánicamente.

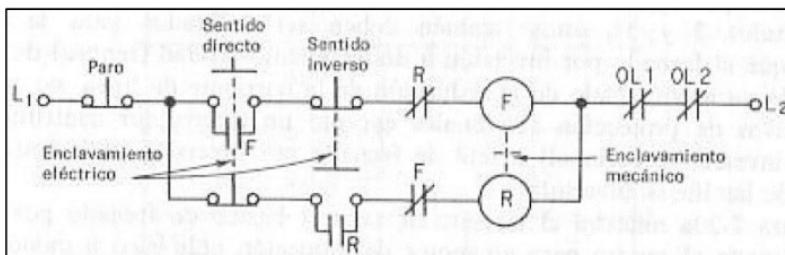
Si existen otras operaciones independientes, además de la inversión (tales como el frenado o el arranque con resistencia en los circuitos primario y secundario) deben de controlarse automáticamente, es costumbre tener un contactor de línea independiente, M, para iniciar y controlar la secuencia, como se indica en la Figura 4c (Kosow, 1998).



(A) Circuito de potencia para inversión manual o automática y frenado por inversión.



(C) Circuito de control con contactor principal para la iniciación de la secuencia de relés temporizada.



(B) Circuito de control con enclavamientos eléctricos y mecánicos.

Figura 4. Rotación inversible y secuencia de fase de un estator polifásico para la inversión y/o frenado por inversión.

## 71 CONCLUSIONES

En el presente trabajo se abordó las características del motor síncrono. Es importante mencionar que los motores eléctricos poseen características que les permiten tener un sinnúmero de aplicaciones en el área industrial y de uso cotidiano. Por ejemplo, la mayoría de los motores monofásicos son de efecto térmico y sirven de protección contra sobrecalentamientos peligrosos provocados por sobrecargas, fallos en el arranque, y temperatura excesiva. Así, el motor síncrono al funcionar en sincronismo con el campo rotatorio la velocidad de rotación se encuentra asociada con la frecuencia de la fuente. Como la frecuencia es fija, la velocidad del motor permanece constante, independientemente de la carga o voltaje de la línea trifásica. Por lo tanto, estas máquinas son usadas principalmente en la industria pesada. En el otro extremo del espectro de potencia se encuentran los motores síncronos utilizados en dispositivos de control y circuitería para relojes.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional (SIP-IPN) de México (Proyecto 20221582, 20222123) por el apoyo otorgado.

## REFERENCIAS

Castillo, J. &. (2018). **Instalaciones eléctricas básicas** (Primera ed.). Madrid, España: McGraww Hill.

Fitzgerald, A. E. (2003). **Electric Machinery** (Sixth ed.). New York, USA: Mc.Graw Hill.

Fraile, J. (2003). Máquinas eléctricas (Quinta ed.). Madrid, España: McGraw-Hill.

Jefimenko, O. (1973). **Electrostatic Motors**. Star City, West Virginia, United States of America: Electret Scientific Company.

Kosow, I. (1998). **Control de máquinas eléctricas** (Primera edición) Ciudad de México, México: Reverté Ediciones, S.A. de C.V.

Wildi, T. (2007). **Máquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia** (Sexta ed.). Ciudad de México, México: Pearson Educación.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Actividades extracurriculares 150, 151, 156, 158, 159, 160, 161, 162

Agentes inteligentes 77

Aprovechamiento 65, 77, 78, 79, 97, 99, 100, 103, 198

### B

Biorremediación 89, 90, 91

### C

Calentamiento global 17

Cambio climático 97, 98, 99, 105

Classroom 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 147, 148, 149

Competencias profesionales 107, 111, 112, 117, 118, 121, 150, 151, 152, 163, 164

Concrete 1, 6, 47, 64

Consumo de recursos 65

Corriente Directa CD 17

### D

Diseño de experimentos 165, 168, 177

### E

Educación superior 65, 66, 67, 74, 76, 107, 110, 111, 112, 114, 116, 118, 119, 120, 121, 162

Electroválvulas 77, 81, 83, 84, 85, 87

Emisiones de Co2 102, 103

Estado del arte 198, 199

### F

Fiber 1, 6

Flujo de materiales 65

Formación tecnológica 66, 67, 72, 107, 115

### G

GEI 97, 99, 101, 105

Geotermia somera 97, 98, 100, 101, 103, 104, 105

### H

Hongos 89, 90, 91, 96

Humedad relativa 3, 165, 166, 168, 170, 171, 173, 176

## I

Índice de consumo 165, 167, 169, 170, 171, 174, 175, 176, 177

Ingeniería industrial 8, 33, 44, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 157, 178

## L

Lógica difusa 80, 84

## M

Motor jaula de ardilla 26

Motor síncrono 26, 27, 28, 29, 30, 31

Motor trifásico 26

Movilidad 92, 191, 194, 198, 199, 200, 204, 206

Movilidad eléctrica 198, 199

## O

Observation 137, 138, 139, 140, 148

## P

Patinetas eléctricas 198, 199, 200, 202, 210

Pensamiento numérico 122, 135

Pensamiento variacional 122, 123, 135, 136

Petróleo 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95

Plan por competencias 150, 151, 156, 159

Polypropylene 1, 6

Prelosa- preesforzada 46

Proceso de secado 165, 166, 167, 170

## Q

Qualitative research 137, 149

## R

Radiación 17, 20, 23, 24

Reciclaje 65, 73

Reinforced 1, 6, 7, 47

Resolución de problemas 122, 123, 124, 132, 133, 134, 135

Reutilización 65, 73, 74, 77, 79, 83, 84, 85, 86, 204

## S


Sensores de nivel 77, 81, 82, 85


Solar 17, 18, 19, 20, 22, 23, 25, 75

Students 122, 123, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 150




Entre  
CIENCIA  
e  
INGENIERIA  
3

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 



Entre  
CIENCIA  
e  
INGENIERIA  
3

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

  
Ano 2022