

Científica

ISSN
1665-0654

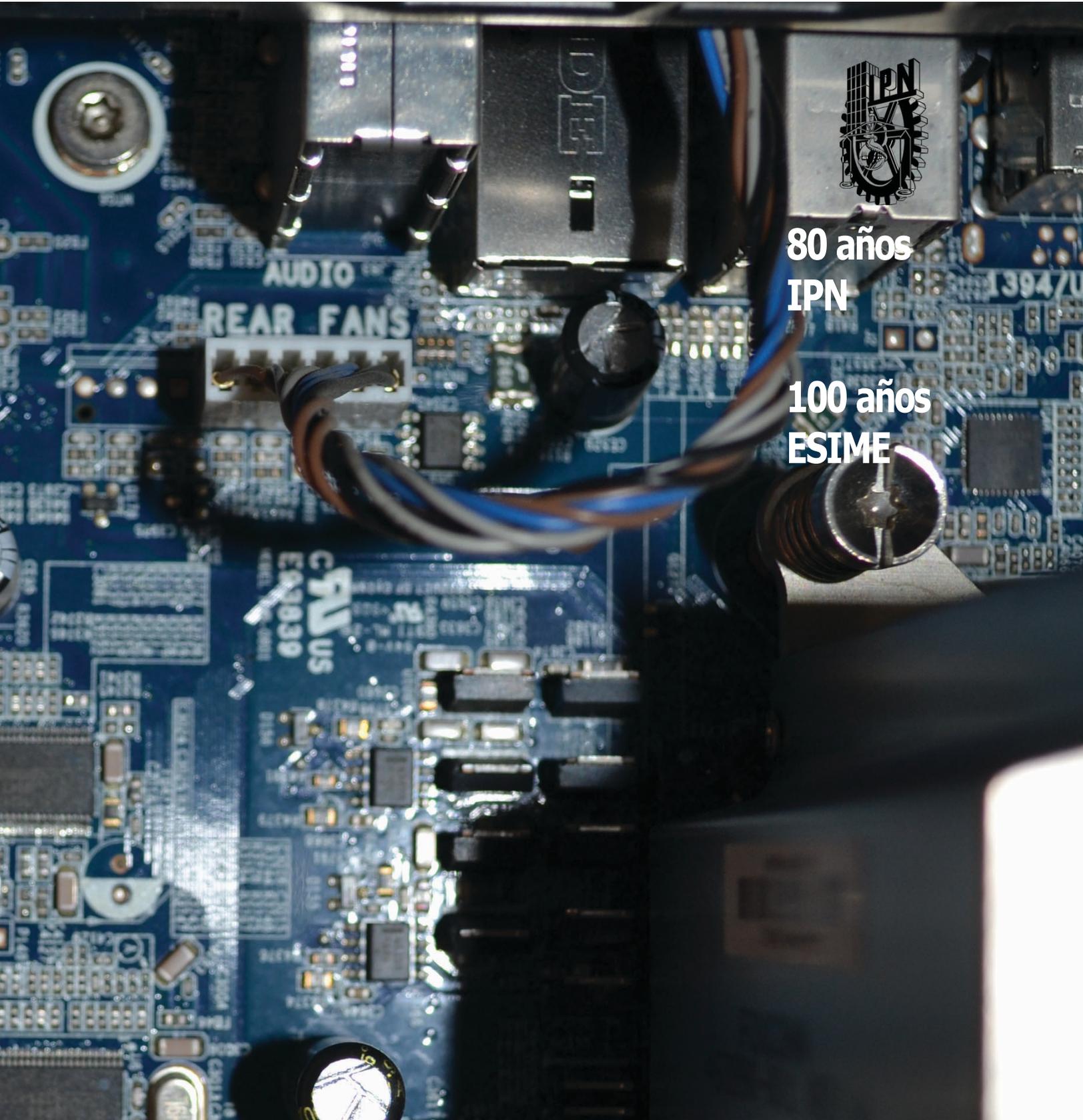


Científica: The Mexican Journal of Electromechanical Engineering • Volumen 20 Número 2 • edición semestral: julio-diciembre 2016 • México • ISSN 1665-0654



**80 años
IPN**

**100 años
ESIME**



DIRECTORIO

Guillermo
Urriolagoitia Calderón
Director

Alma Vicenta
Miranda Godínez
**Coordinadora
Editorial**

Cuauhtémoc
Jiménez Pérez
**Editor
Técnico**

Luis Alberto
Méndez Cruz
**Página
Web**

Margarita
Sam Rodríguez
Revisión

Indizada en:

Latindex: Sistema Regional
de Información en Línea para
Revistas Científicas de América Latina,
el Caribe, España y Portugal.
www.latindex.org

Periódica:
Índice de Revistas Latinoamericanas
en Ciencias.
www.dgbiblio.unam.mx

Redalyc: Red de Revistas Científicas
de América Latina y el Caribe,
España y Portugal.
www.redalyc.org

Contenido

Árbitros semi-rotatorios con VHDL

Arbitration Mechanism with VHDL

Salvador **Saucedo-Flores**, Roberto **Galicia-Galicia**.

México

63-69

Competitiveness in the Electronic Industry of Mexicali Affected by Atmospheric Corrosion

La competitividad de la industria electrónica afectada
por la corrosión atmosférica

Gustavo **López-Badilla**, César **Sánchez-Ocampo**,
Judith Marisela **Paz-Delgadillo**.

México

71-76

Las certificaciones profesionales y su impacto en los planes de estudio de ingeniería en comunicaciones y electrónica

Design Study Schedules for Electronic and Communications Engineer
Considering Certifications

Federico **Felipe-Durán**, Ignacio **Martínez-Sánchez**,
Miguel **Sánchez-Meraz**.

México

77-81

Weft Thread Tension during Filling Insertion Process on Projectile Weaving Machines

Tensión de hilo de trama durante el proceso de inserción
de llenado en máquinas de tejer

Liudmila **Oleynikova**, Vitalii **Oleinikov**.

México · Rusia

83-91

Simulación numérica del índice de lesión encefálica provocado por un accidente vehicular en diferentes escenarios de colisión

Numerical Simulation of the Encephalic Injury Index Caused
by a Vehicular Accident in Different Collision Scenarios

Omar **Cortés-Vásquez**, Iván Lenin **Cruz-Jaramillo**,
Christopher René **Torres-San Miguel**, Gustavo Adrián
Reyes-Jiménez, Víctor Fernando **Verduzco-Cedeño**,
Rafael **Rodríguez-Martínez**, Beatriz **Romero-Ángeles**,
Guillermo **Urriolagoitia-Sosa**.

México

93-101

Estudio comparativo inferencial de esfuerzo flexionante en engranes rectos aplicando análisis teórico e Ingeniería Asistida por Computadora

Inferential Statistics Comparative Study of Bending Stress in Spur Gears
Applying Theoretical Analysis and Computer-Aided Engineering

Jorge **Carro-Suárez**, Fabiola **Flores-Salazar**,
Irma **Flores-Nava**.

México

103-109

COMITÉ EDITORIAL

Guillermo Urriolagoitia Calderón
Instituto Politécnico Nacional (MÉXICO)

Alexander Balankin
Instituto Politécnico Nacional (MÉXICO)

Jesús del Castillo
Instituto Venezolano de Investigación Científica
(VENEZUELA)

María Teresa Alonso Rasgado
University of Manchester (REINO UNIDO)

Manuel Elices Calafat
Universidad Politécnica de Madrid (ESPAÑA)

Marco Ceccarelli
University of Cassino (ITALIA)

Héctor Pérez Meana
Instituto Politécnico Nacional (MÉXICO)

Jinhui Shao
University of Shuo (JAPÓN)

EDITORES ASOCIADOS

Apolinar Reinoso Hernández
Centro de Investigación y de Estudios
Superiores de Ensenada (MÉXICO)

Baltasar Mena Inesta
Universidad Nacional Autónoma de México
(MÉXICO)

Édgar Sánchez Sinencio
Texas A&M University College Station
(ESTADOS UNIDOS)

Francisco Sánchez Sesma
Universidad Nacional Autónoma de México
(MÉXICO)

Garret Sautis
University of Sheffield (REINO UNIDO)

Guillermo Urriolagoitia Sosa
Instituto Politécnico Nacional (MÉXICO)

Hidilberto Jardón Aguilar
Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados
(MÉXICO)

Israel Saucedo Meza
Universidad de Baja California (MÉXICO)

Joaquín Fernández Valdivia
Universidad de Sevilla (ESPAÑA)

Jorge Sosa Pedroza
Instituto Politécnico Nacional (MÉXICO)

José de Jesús Álvarez Ramírez
Universidad Autónoma Metropolitana (MÉXICO)

José Luis del Río Correa
Universidad Autónoma Metropolitana (MÉXICO)

José Manuel de la Rosa
Instituto Politécnico Nacional (MÉXICO)

Juan Alfonso Beltrán Fernández
Instituto Politécnico Nacional (MÉXICO)

Luis Héctor Hernández Gómez
Instituto Politécnico Nacional (MÉXICO)

Luis Niño de Rivera y Oyarzábal
Instituto Politécnico Nacional (MÉXICO)

Mariko Nakano Miyatake
Instituto Politécnico Nacional (MÉXICO)

Manuel A. Duarte Marmoud
Universidad de Chile (CHILE)

Michael Shapiro Fihman
Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados
(MÉXICO)

Miguel Ángel Rodríguez Díaz
Instituto de Física de Cantabria
(ESPAÑA)

Miguel Castro Fernández
Centro de Investigación y Pruebas
Electromagnéticas de Cuba (CUBA)

Miguel Cruz Irisson
Instituto Politécnico Nacional (MÉXICO)

Pablo Rogelio Hernández Rodríguez
Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados
(MÉXICO)

Patricia Camarena Gallardo
Instituto Politécnico Nacional (MÉXICO)

Rafael Castro Linares
Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados
(MÉXICO)

Régulo López Callejas
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares
(MÉXICO)

Valery Kontorovich
Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados
(MÉXICO)

Víctor Champac Vilela
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica
y Electrónica (MÉXICO)

Victor Kravchenko
Moscow Institute of Physics and
Technology (FEDERACIÓN RUSA)

Vladislav Kravchenko
Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados
Querétaro (MÉXICO)

Volodymir Ponomaryov
Instituto Politécnico Nacional (MÉXICO)

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y ELÉCTRICA
SECCIÓN DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Científica

ISSN 1665-0654

VOLUMEN 20, NÚMERO 2,
JULIO-DICIEMBRE 2016

LA REVISTA MEXICANA
DE INGENIERÍA
ELECTROMECAÁNICA

THE MEXICAN JOURNAL OF
ELECTROMECHANICAL
ENGINEERING

Científica, Volumen 20, Número 2, julio-diciembre de 2016, es una revista semestral editada por el Instituto Politécnico Nacional a través de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Av. Luis Enrique Erro S/N, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Col. Zacatenco, Delegación Gustavo A. Madero, C.P. 07738, Ciudad de México, Tel. +52 55 5729 6000 ext. 54518, www.cientifica.esimez.ipn.mx, revistacientificpn@yahoo.com.mx. Editor responsable: Guillermo Urriolagoitia Calderón. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2015-112516365800-102, ISSN 1665-0654, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor, Licitud de Título No. 10962, Licitud de Contenido No. 7611, otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impresión: Talleres Gráficos de la Dirección de Publicaciones del IPN, Tresguerras 27, Col. Centro, C.P. 06040. Delegación Cuauhtémoc, Ciudad de México. Este número se terminó de imprimir el 27 de junio de 2016. Tiraje: 500 ejemplares.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Esta es una obra intelectual protegida por la Ley Federal del Derecho de Autor, puede ser reproducida con fines no lucrativos, siempre y cuando se cite la fuente completa; su uso para otros fines, requiere autorización previa y por escrito de la Dirección General del Instituto Politécnico Nacional.

EDITORIAL

Científica, en su segundo número del volumen 20, publica artículos de investigación que cubren las disciplinas que le competen y le invita a consultar los artículos y números completos en línea en su página electrónica www.cientifica.esimez.ipn.mx.

En el primer trabajo, se propone un algoritmo de arbitración específico para sistemas de buses en un chip (*System on-Chip*, SoC), ya que las propiedades intelectuales (*Intellectual Property*, IP) necesitan comunicarse entre cada una para acceder a la funcionalidad requerida. Cuando el bus del SoC es conectado con más IP, la contención ocurre mientras múltiples IP requieren el uso del bus al mismo tiempo. Ello causa que la comunicación entre arquitecturas basadas en un chip bus sea un reto mayor para el diseñador del sistema con las actuales tecnologías SoC. Las arquitecturas de comunicación deben poder adaptarse por sí mismas de acuerdo con los requisitos de tiempo real de las IP. Por ello, los árbitros de buses son propuestos. El árbitro juega un papel importante en el bus de comunicación del SoC. Los máster en un bus de SoC pueden requerir simultáneamente y, por ello, un árbitro es requerido para decidir cuál máster es electo para el acceso del bus. El principal objetivo del algoritmo de arbitración es asegurar que solo un maestro tenga acceso al bus en cualquier tiempo dado, los demás maestros son forzados a permanecer ociosos hasta que reciben la concesión de usar el bus.

La industria electrónica ha crecido en los últimos cincuenta años, sobre todo en los países desarrollados, contribuyendo a su economía. En particular, en Baja California que se encuentra en el noroeste de México, tienen zonas industriales con empresas de otros países, principalmente de Estados Unidos, Japón, Alemania, Corea del Sur y China. En este lugar de la república mexicana, se encuentra la ciudad de Mexicali, en la frontera con Estados Unidos, donde se instaló un gran número de plantas industriales, siendo 80% del ramo electrónico y 20% de otra índole; en general, las empresas instaladas en esta ciudad tienen dispositivos y sistemas electrónicos utilizados en equipos y maquinaria industrial. En la industria electrónica de esta ciudad, los equipos y maquinaria industrial, tienden a reducir su rendimiento operativo por la exposición a la corrosión atmosférica. Con base en esto, se presenta, en el segundo artículo de este fascículo, un estudio para determinar los principales tipos de fallas eléctricas y, así, organizar las principales causas de reducción del rendimiento operativo de los equipos y maquinaria electrónica, utilizando la gráfica ABC junto con el software Matlab. El análisis mostró que el rendimiento operativo fue menor en algunos meses de verano y de invierno con índices de humedad relativa y temperatura superior a 75 y 30°C y concentraciones de sulfuros que excedieron el estándar de calidad de aire, originando la corrosión.

En el tercer trabajo se hace una propuesta de revisión de las premisas de diseño de planes y programas de estudio para ingenieros en comunicaciones y carreras afines considerando las certificaciones. Para obtener la propuesta, se analizaron los planes de entrenamiento de las principales certificaciones que les son solicitadas en México a los ingenieros de comunicaciones. Después se hace un análisis de los planes y programas de estudio de la carrera de Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica del Instituto Politécnico Nacional de México para realizar una comparación de las temáticas que cubren en las certificaciones con los programas de estudio y de esa forma hacer una propuesta de mejora en estos últimos, considerando las limitaciones en la duración de los estudios de ingeniería y los requerimientos académicos que deben cumplir las carreras de educación superior en México.

La tensión del hilo de trama durante la fase de inserción se caracteriza por altos valores máximos de la fuerza de tensión. Como se puede ver, a partir de una serie de estudios, el hilo de trama se mueve con tirones y vibra, mientras que el proyectil acelera sin sacudidas y se mueve con velocidad prácticamente constante después de la aceleración. De acuerdo con las observaciones, el hilo de trama forma holguras a lo largo de ella. Esto ocurre debido al corto periodo de tiempo durante el cual la trama se pone en marcha, el movimiento rápido de la palanca de compensador y propiedades elásticas del hilo de trama. Cuando se selecciona una holgura del hilo, el hilo de trama sufre un tirón y así surge la tensión máxima del hilo de trama. La primera holgura se produce cuando la palanca del compensador desciende (antes de inicio del movimiento de proyectil) y suelta el hilo de trama. Entonces el proyectil en movimiento recoge la holgura. Parte de la trama, entre almacenador de trama y el compensador, se pone en marcha por un corto tiempo, y por lo tanto, se produce grande fuerza extrema de tensión del hilo de trama. Se derivó, en este cuarto artículo, una fórmula para esta fuerza de tracción máxima, que utilizamos como base para solución del problema de la optimización del funcionamiento de compensador para reducir esta tensión máxima del hilo de trama. Los resultados de análisis teórico y la medición de la tensión del hilo de trama se presentan a continuación.

Este trabajo se centra en el estudio de los efectos resultantes tras un accidente automovilístico y específicamente en el Criterio de Lesión Encefálica (HIC, por sus siglas en inglés). Utilizando dos modelos numéricos diferentes de maniquí y representados en condiciones diferentes de acuerdo a las características propias para cada evento. Para el primer caso, se tiene un infante de 6 años bajo el efecto de una colisión vehicular frontal empleando un asiento porta infante en dirección del sentido de la marcha del vehículo. Para tal efecto, se incluyó un cinturón de seguridad del automóvil y el pretensor de 5 puntos que incluye la silla porta infante para visualizar los efectos de la silla perfectamente instalada y cuando no está adecuadamente anclada al vehículo. Para el segundo escenario, se busca evaluar la agresividad de los frontales de los vehículos de acuerdo a su geometría y composición. Donde la obtención de parámetros biomecánicos, como: fuerza, velocidad y aceleración son fundamentales para determinar el daño producido en el peatón. Los análisis numéricos presentados en este trabajo se desarrollaron bajo las directivas establecidas por la *Canadian Motor Vehicle Safety Standard 208* y la *United States Federal Motors Vehicle Safety Standard*. Con valores de HIC obtenidos, es posible establecer las bases y teorías capaces de predecir los daños que sufrirá cada uno de los casos estudiados.

El análisis teórico de esfuerzo flexionante en engranes rectos aún depende de la aplicación de la fórmula de Lewis en conjunto con factores de corrección, cuya selección, se realiza con base en fórmulas y en la experiencia del diseñador. Sin embargo, en la actualidad, la Ingeniería Asistida por Computadora (CAE) ha evolucionado el estudio de los sistemas mecánicos con nuevas herramientas que permiten realizar y validar el análisis a través de métodos numéricos. El objetivo, en este último artículo, fue determinar si existen diferencias significativas en los resultados obtenidos por el análisis teórico y por CAE en el cálculo de esfuerzo flexionante para engranes rectos mediante un análisis comparativo inferencial. La metodología consistió en analizar diez casos diferentes por ambos métodos variando dos parámetros principales: el factor de sobrecarga y el tamaño del mallado. Posteriormente, se realizó un análisis de varianza y la prueba de Tukey para identificar las diferencias. Los resultados revelaron diferencias significativas ($p < 0.05$) cuando se aplica un factor de sobrecarga alto o un mallado medio, por lo que se concluye que en casos de factores moderados y mallado fino la aplicación de ambos métodos es apropiada.

Científica agradece su preferencia y le invita a someter sus aportaciones a dictaminación en las áreas de la ingeniería que difunde: ingeniería mecánica, ingeniería eléctrica, ingeniería electrónica, ingeniería en telecomunicaciones, ingeniería en sistemas y temas sobre educación en ingeniería.

Árbitros semi-rotatorios con VHDL

Salvador **Saucedo-Flores**
Roberto **Galicia-Galicia**

Instituto Politécnico Nacional
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica,
Unidad Zacatenco, Unidad Profesional Adolfo López
Mateos, Col. Zacatenco, Delegación Gustavo A.
Madero, Ciudad de México, CP 07340.
MÉXICO

correo electrónico (email): ingesauz@msn.com

Recibido 04-11-2015, aceptado 31-05-2016.

Resumen

En los sistemas de buses en un chip (*System on-Chip*, SoC), las propiedades intelectuales (*Intellectual Property*, IP) necesitan comunicarse entre cada una para acceder a la funcionalidad requerida. Cuando el bus del SoC es conectado con más IP, la contención ocurre mientras múltiples IP requieren el uso del bus al mismo tiempo. Ello causa que la comunicación entre arquitecturas basadas en un chip bus sea un reto mayor para el diseñador del sistema con las actuales tecnologías SoC. Las arquitecturas de comunicación deben poder adaptarse por sí mismas de acuerdo con los requisitos de tiempo real de las IP. Por ello, los árbitros de buses son propuestos. El árbitro juega un papel importante en el bus de comunicación del SoC. Los máster en un bus de SoC pueden requerir simultáneamente y, por ello, un árbitro es requerido para decidir cuál máster es electo para el acceso del bus. Un árbitro de buses juega un rol vital en el manejo de peticiones desde el maestro y las respuestas del esclavo (como señal ACK, reintento, etc.). El principal objetivo del algoritmo de arbitración es asegurar que solo un maestro tenga acceso al bus en cualquier tiempo dado, los demás maestros son forzados a permanecer ociosos hasta que reciben la concesión de usar el bus.

Palabras clave: arbitración rotatoria de turno, transferencia a nivel de registro, diseño para sistemas en un integrado, multiprocesadores, codificador programable de prioridad, ancho de banda, división multiplexada de tiempo.

Abstract (Arbitration Mechanism with VHDL)

Performance of multicore shared bus embedded controller depends on how effectively the sharing resources can be utilized. Common bus in System on Chip (SoC) is one of the sharing resources, shared by the multiple master cores and also acting as a channel between master nucleus and slave core (peripherals) or memories. Arbiter is specialist to use the shared resource (shared bus) successfully, so operation also depends on arbitration techniques.

Arbitration mechanism is used to ensure that only one master has access to the bus at any one time. The arbiter performs this function by observing a number of different demands to use the bus.

Index terms: Round Robin Arbitration (RRA), Register Transfer Level (RTL), System-on-chip Design (SoCD), Multiprocessors, Programmable Priority Encoder (PPE), Bandwidth (BW), Time Division Multiplexed (TDM).

1. Introducción

El problema más significativo en el diseño del árbitro reside en su eficiencia y bajo costo. Se deben hallar arquitecturas de hardware factibles que puedan satisfacer los siguientes cinco objetivos: *i)* elegir una implementación paralela capaz de arbitrar las peticiones rápidamente [1], [2], [3]; *ii)* mantener el costo de su área a un mínimo valor; *iii)* mantener la ruta crítica a un mínimo valor; *iv)* permitir el procesamiento descentralizado de las entradas: esto es cada petición de entrada debe procesarse en una unidad individual para procesar unidades independientemente; y *v)* asegurar simplicidad en el diseño VLSI por eficiencia, rápidas y automáticas generaciones.

2. Desarrollo

2.1. Árbitro *round-robin* y lapsos iguales

Se obtuvo de la web el módulo VHDL para implementar un árbitro de prioridad rotatoria con espacios iguales de tiempo con cuatro peticionarios y cuatro concesiones, que lo

adecuamos para seis peticionarios y las mismas seis concesiones [4].

```

library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;

entity round_robin is
port (
  req : in std_logic_vector(5 downto 0); -- Request signal
  gnt : buffer std_logic_vector(5 downto 0); -- grant signal
  clk : in std_logic; -- system clock
  rst : in std_logic; -- async reset
end round_robin;

architecture arch of round_robin is

type state is (s_idle,s0,s1,s2,s3,s4,s5); -- State declaration
signal present_state,next_state : state; -- State container
begin -- arch

-- purpose: fixing the priority and grant signal assignment
-- type : combinational
-- inputs : req
-- outputs: gnt
priority: process (present_state,req)
begin -- process priority

case present_state is

when s_idle => if(req(0)='1')then
  gnt<="000001"; next_state<=s0;
  elsif req(1)='1' then gnt<="000010";
  next_state<=s1; elsif req(2)='1' then
  gnt<="000100"; next_state<=s2;
  elsif req(3)='1' then gnt<="001000";
  next_state<=s3; elsif req(4)='1' then
  gnt<="010000"; next_state<=s4;
  elsif req(5)='1' then gnt<="100000";
  next_state<=s5; else
  gnt<="000000"; next_state<=s_idle;
  end if;

when s0 => if(req(1)='1')then
  gnt<="000010"; next_state<=s1;
  elsif req(2)='1' then gnt<="000100";
  next_state<=s2; elsif req(3)='1' then
  gnt<="001000"; next_state<=s3;
  elsif req(4)='1' then gnt<="010000";
  next_state<=s0; elsif req(5)='1' then
  gnt<="100000"; next_state<=s0;
  else gnt<="000000";

```

```

  next_state<=s_idle;
end if;

```

```

when s1 => if(req(2)='1')then
  gnt<="000100"; next_state<=s2;
  elsif req(3)='1' then gnt<="001000";
  next_state<=s3; elsif req(4)='1' then
  gnt<="010000"; next_state<=s4;
  elsif req(5)='1' then gnt<="100000";
  next_state<=s5; elsif req(0)='1' then
  gnt<="000001"; next_state<=s0;
  elsif req(1)='1' then gnt<="000010";
  next_state<=s1; else
  gnt<="000000"; next_state<=s_idle;
end if;

```

--por brevedad se omiten los casos para s2 a s4

```

when s5 =>
  if(req(0)='1')then
    gnt<="000001";
    next_state<=s0;
  elsif req(1)='1')then
    gnt<="000010";
    next_state<=s1;
  elsif req(2)='1' then
    gnt<="000100";
    next_state<=s2;
  elsif req(3)='1' then
    gnt<="001000";
    next_state<=s3;
  elsif req(4)='1' then
    gnt<="010000";
    next_state<=s3;
  elsif req(5)='1' then
    gnt<="100000";
    next_state<=s4;
  else
    gnt<="000000";
    next_state<=s_idle;
  end if;
end case;
end process priority;
-- purpose: State Assignment
-- type : sequential
-- inputs : clk, rst, present_state
-- outputs: next_state

State_assignment: process (clk, rst)
begin -- process State_assignment
  if rst = '1' then -- asynchronous reset (active high)
    present_state<=s_idle;

```

```

elsif clk'event and clk = '1' then -- rising clock edge
    present_state<=next_state;
end if;
end process State_assignment;

-- purpose: Assertion_assignment
-- type : combinational
-- inputs : gnt
-- outputs:

Assertion_assignment: process (gnt)
begin -- process Assertion_assignment
if(gnt="000001") then
    assert false report "Request 0 is granted" severity note;

elsif gnt="000010" then
    assert false report "Request 1 is granted" severity note;

elsif gnt="000100" then
    assert false report "Request 2 is granted" severity note;

elsif gnt="001000" then
    assert false report "Request 3 is granted" severity note;
-- end if;

elsif gnt="010000" then
    assert false report "Request 4 is granted" severity note;
elsif gnt="100000" then
    assert false report "Request 5 is granted" severity note;
end if;
end process Assertion_assignment;
end arch;
    
```

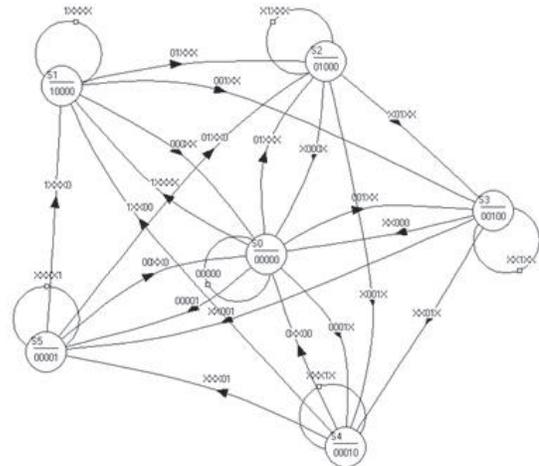


Fig. 1. Diagrama de estado del árbitro semi-rotatorio.

2.2. Árbitro semi-rotatorio con boole.deusto

Se empleó software didáctico gratuito de la web que se puede definir el diagrama de estados y es capaz de generar el módulo VHDL para implementar el diseño. Se implementó con éxito el módulo VHDL generado por el software vasco en una GAL22V10 para cinco peticionarios. La Fig. 1 cómo definir el diagrama de estados. Por brevedad, no se adjunta el módulo VHDL [5].

2.3. Árbitro con captura esquemática

Se usó el software profesional ispLEVER classic para crear un árbitro con prioridad rotatoria usando la biblioteca Vantis y el estilo jerárquico. La Fig. 2 exhibe el símbolo más importante [6], [7].

El diseño se probó sobre la tarjeta de desarrollo Breakout de Lattice, que usa el CPLD ispMACH4256ZE. Emplea un contador de anillo y cinco decoders 74138, también de la biblioteca Vantis (véase Fig. 3 y Fig. 4).

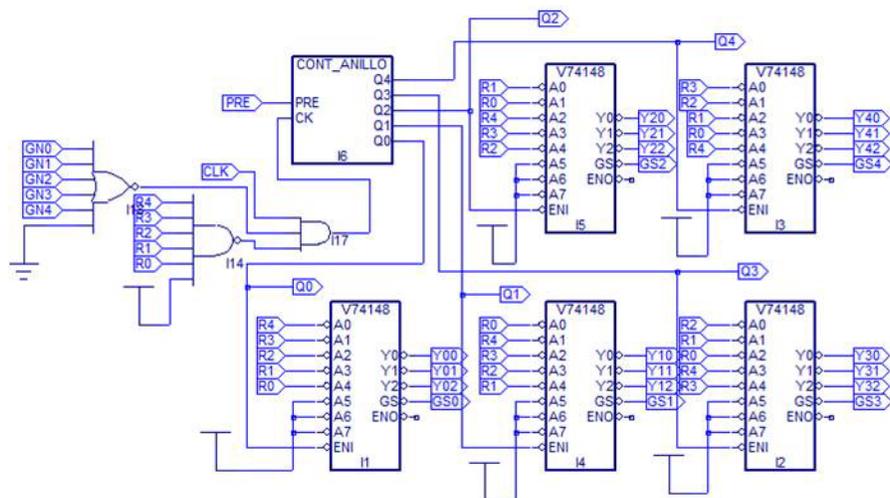


Fig. 2. Símbolo con codificadores de prioridad.

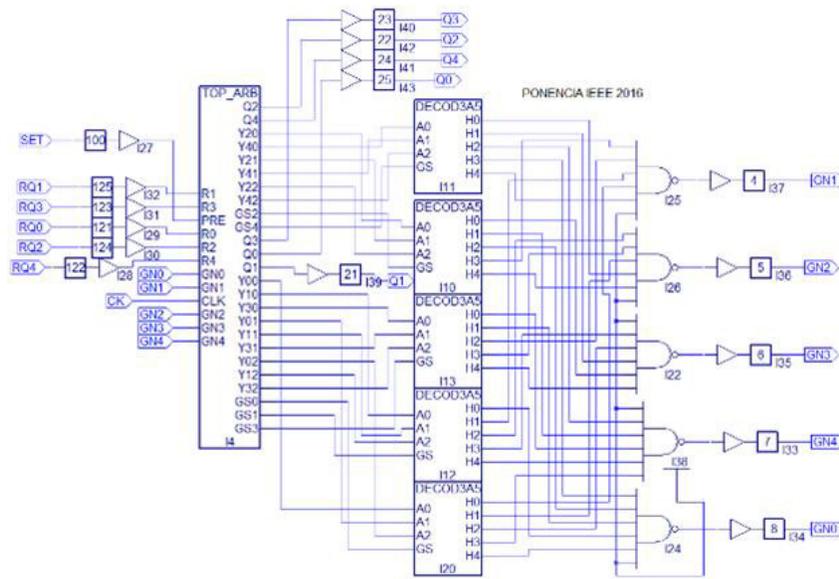


Fig. 3. Esquema de jerarquía máxima.

2.4. TDM esquema de división de tiempo

En el esquema de división multiplexada de tiempo (TDM), el tiempo de ejecución es dividido en ranuras de tiempo (minirranuras) y coloca cada ranura para la petición del maestro, Ello es un algoritmo de arbitración de dos niveles [8]. En primer nivel, se tiene una rueda de tiempo, donde las ranuras han sido reservadas para cada maestro particular, múltiples ranuras serían necesarias para realizar todas las transferencias, si hay algún maestro solicitando en el momento actual y tiene pendiente una petición para acceder el bus, el árbitro concede el acceso al que pide el bus y la rueda se moverá a otra ranura próxima, esto es muy simple y fácil de implementar pero su desventaja asociada con ella, la pobre latencia y el tiempo perdido en las ranuras. Para superar tal desventaja, el segundo nivel de arbitración permite que el bus para otro maestro solicitando. Por ejemplo, si la presente ranura está reservada para M1 para comunicarse y sus datos no están el segundo nivel de arbitración cuenta con

un puntero round-robin rr2 que incrementa el puntero desde su posición actual M2 hacia otra petición próxima M4, según se muestra en la Fig. 5. Otro árbitro similar se presenta en el siguiente listado.

Se muestra el árbitro de B. Krill [8] para 24 peticionarios con lapsos de tiempo iguales (véase Fig. 6).

```
-- Copyright (c) 2009 Benjamin Krill <benjamin@krill.de>
--
-- Permission is hereby granted, free of charge, to --- any
-- person obtaining a copy
-- of this software and associated documentation ---- files
-- (the "Software"), to deal
-- in the Software without restriction, including ----- without
-- limitation the rights
-- to use, copy, modify, merge, publish, distribute, sublicense,
-- and/or sell
```

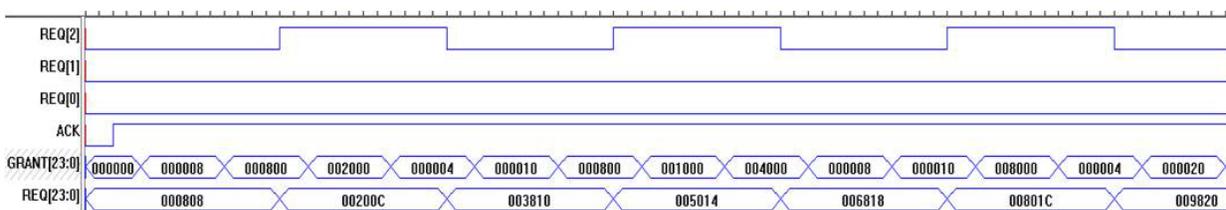


Fig. 4. Simulación de los vectores de prueba.

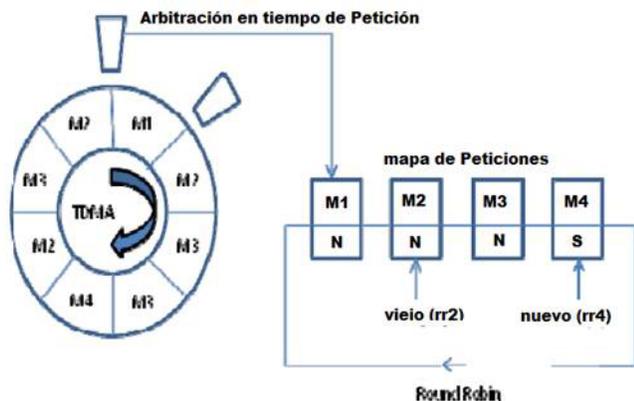


Fig. 5. Arquitectura de comunicación [5].

```
-- copies of the Software, and to permit persons to whom the
Software is
-- furnished to do so, subject to the following conditions:
--
-- The above copyright notice and this permission notice
shall be included in
-- all copies or substantial portions of the Software.
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.numeric_std.all;
```

```
entity rrbiter24 is
generic ( CNT : integer := 24 );
port (
clk : in std_logic;
rst_n : in std_logic;
req : in std_logic_vector(CNT-1 downto 0);
ack : in std_logic;
grant : out std_logic_vector(CNT-1 downto 0)
);
end;
architecture rrbiter of rrbiter24 is
signal grant_q : std_logic_vector(CNT-1 downto 0);
signal pre_req : std_logic_vector(CNT-1 downto 0);
signal sel_gnt : std_logic_vector(CNT-1 downto 0);
signal isol_lsb : std_logic_vector(CNT-1 downto 0);
0);
signal mask_pre : std_logic_vector(CNT-1 downto 0);
signal win : std_logic_vector(CNT-1 downto 0);
begin
grant <= grant_q;
mask_pre <= req and not
(std_logic_vector(unsigned(pre_req) - 1) or pre_req); --
Descarta a ganadores previos
sel_gnt <= mask_pre and
std_logic_vector(unsigned(not(mask_pre)) + 1); --
Selecciona nuevo ganador
isol_lsb <= req and
```

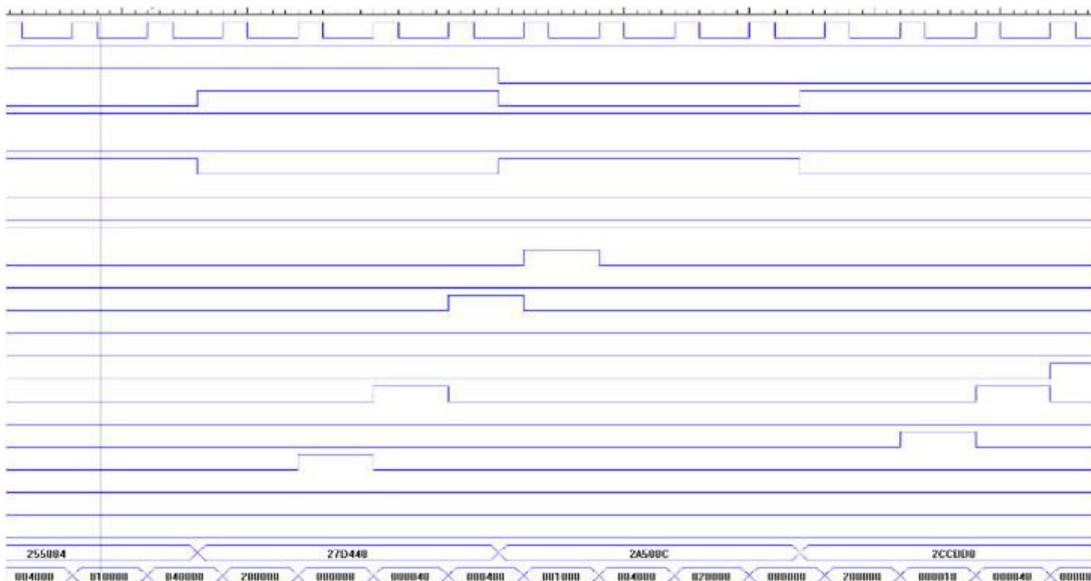


Fig. 6. Simulación con 24 masters.

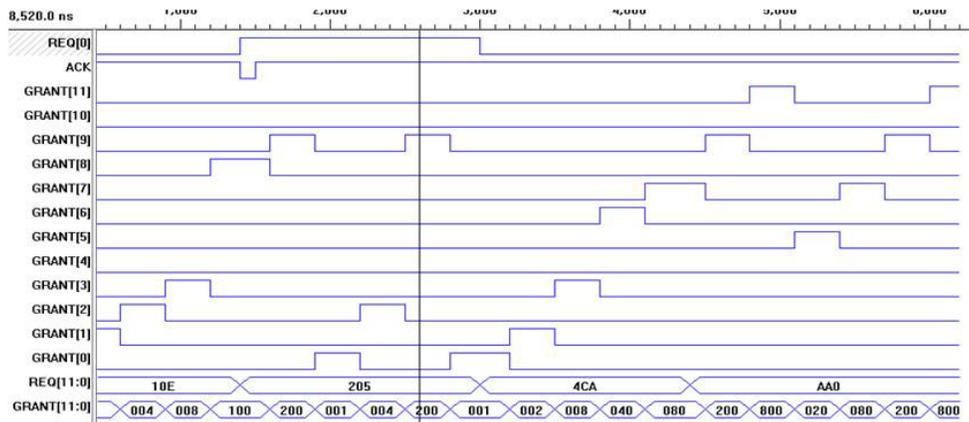


Fig. 7. Simulación con 12 masters.

```

std_logic_vector(unsigned(not(req)) + 1);    -- Isolate
least significant set bit.
win  <= sel_gnt when mask_pre /= (CNT-1 downto 0 =>
'0') else isol_lsb;

process (clk, rst_n)
begin
if rst_n = '0' then
pre_req <= (others => '0');
grant_q <= (others => '0');
elsif rising_edge(clk) then
grant_q <= grant_q;
pre_req <= pre_req;
if grant_q = (CNT-1 downto 0 => '0') or ack =
'1'
then
if win /= (CNT-1 downto 0 => '0')
then
pre_req <= win;
end if;
grant_q <= win;
end if;
end if;
end process;
end rarbiter;
    
```

Para facilitar el análisis de los vectores de prueba el listado anterior se redujo a doce peticionarios, generándose el diagrama de pruebas, según la Fig. 7.

2.5. Árbitro semi-rotatorio con biestables

Se diseñó mediante el software didáctico LogicAid un árbitro con cuatro peticiones que se pasa a su logigrama, mismo que se muestra en la Figura 8. Dicho logigrama se puede pasar a un CPLD o armarlo con flip-flops comerciales.

3. Conclusiones

- a) Es imperativo el introducir el software de diseño de circuitos digitales y evitar el uso de compuertas muy obsoletas.
- b) Es conveniente ver temas algo más avanzados como registros de corrimiento LFSR y diseño de árbitros.

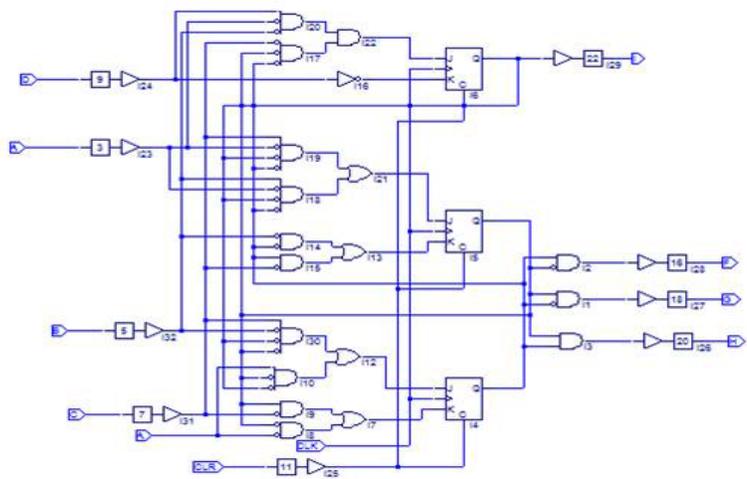


Fig. 8. Arbitro diseñado con LogicAid

- c) Otra sugerencia es el empleo del campus virtual de la escuela, que permite una interacción más ágil y más completa con el grupo.
- d) Se sugiere el uso de herramientas de diseño en la web, como AGT (*Arbiter Generator Tool*) para el diseño rápido de árbitros.

Referencias

- [1] J. M. Jou, Y. L. Lee and S. S. Wu, "Efficient design and generation of a multi-facet arbiter," en *Application Specific Processors (SASP), 2010 IEEE 8th Symposium*, Anaheim, CA, USA, julio, 2010, pp. 111-114 [en línea]. Disponible en doi:10.1109/SASP.2010.5521137
- [2] R. Shashidhar R., S. N. Sujay and G. S. Pavan, "Implementation of Bus Arbiter Using Round Robin Scheme," *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (IJIRSET)*, vol. 3, no. 7, pp. 14937-14944, julio, 2014.
- [3] S. S. Zalivaka, A. V. Puchkov, V. P. Klybik, A. A. Ivaniuk and C. H. Chang, "Multi-valued Arbiters for Quality Enhancement of PUF Responses on FPGA Implementation," *21st Asia and South Pacific Design Automation Conference (ASP-DAC)*, Macao, China, 25-28 enero, 2016.
- [4] VLSICoding, *VHDL Code for Round Robin Arbiter with Fixed Time Slices*, octubre, 2013 [en línea]. Disponible en: <https://vlsicoding.blogspot.mx/2013/10/design-round-robin-arbiter-with-fixed.html>
- [5] R. Khanam, H. Sharma and S. Gaur, "Design a low latency Arbiter for on chip Communication Architecture," en *2015 International Conference on Computing, Communication & Automation (ICCCA)*, Noida, India, 15-16 mayo, 2015, pp. 1421-1426.
- [6] E. S. Shin, V. J. Mooney and G. F. Riley, "Round-robin Arbiter Design and Generation," en *Proceedings of the 15th international symposium on System Synthesis ISSS'02*, 2-4 octubre, 2002, Kyoto, Japón, pp. 243-248.
- [7] A. Paul, M. Haque Khan, M. M. Rahman, T. Z. Khan, and Y. A. Podder, "Reconfigurable Parallel Architecture of High Speed Round Robin Arbiter," en *Electrical, Electronics, Signals, Communication and Optimization (EESCO)*, Visakhapatnam, India, 24-25 enero, 2015.
- [8] B. Krill, "VHDL Round-Robin Arbiter," octubre, 2015. Disponible en www.krill.de/portfolio/round-robin-arbiter

Sistema de Información Científica
Redalyc
Red de Revistas Científicas de
América Latina y el Caribe,
España y Portugal
www.redalyc.org

Científica

indizada en

Latindex

Sistema Regional de Información en Línea
para Revistas Científicas de América Latina,
el Caribe, España y Portugal.

www.latindex.org

Periódica

Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias.

http://132.248.9.1:8991/F/-/?func=find-b-0&local_base=PER01

Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina
y el Caribe, España y Portugal.

Sistema de Información Científica Redalyc.

www.redalyc.org

Competitiveness in the Electronics Industry of Mexicali Affected by Atmospheric Corrosion

Gustavo **López-Badilla***
César **Sánchez-Ocampo**
Judith Marisela **Paz-Delgadillo**

Universidad Politécnica de Baja California
Dirección de Ingeniería en Tecnologías de Manufactura
Mexicali, Baja California.
MÉXICO.

correo electrónico (email): *glopezbadilla@yahoo.com

Recibido 29-10-2015, aceptado 24-05-2016.

Abstract

The electronics industry has grown over the past fifty years, especially in developed countries, contributing to its economy. In particular, Baja California that is located in northwestern Mexico, have industrial parks with companies in other countries, mainly of United States, Japan, Germany, South Korea and China. In this State, is located Mexicali city, on the US border, where a large number of industrial plants was installed, with 80% of electronic trade industries, and the rest (20%), has electronic devices and systems in the industrial equipment and machinery. Based on this, a study was conducted to determine the main types of electrical faults and organize the main causes of reduced operating performance of equipment and electronic machinery, using the ABC graphs and together with the software Matlab graphics. The analysis showed that the operating performance was lower in some summer and winter periods, and when levels of relative humidity and temperature were higher than 75% to 30 ° C, and presence of sulfides concentrations exceeded the air quality standards, causing atmospheric corrosion.

Index terms: competitiveness, electronics industry, atmospheric corrosion.

Resumen (La competitividad de la industria electrónica afectada por la corrosión atmosférica)

La industria electrónica ha crecido en los últimos cincuenta años, sobre todo en los países desarrollados, contribuyendo a su economía. En particular, en Baja California que se encuentra en el noroeste de México, tienen zonas industriales con empresas de otros países, principalmente de Estados Unidos, Japón, Alemania, Corea del Sur y China. En este lugar de la república mexicana, se encuentra la ciudad de Mexicali, en la frontera con Estados Unidos, donde se instaló un gran número de plantas industriales, siendo 80% del ramo electrónico y 20% de otra índole; en general, las empresas instaladas en esta ciudad tienen dispositivos y sistemas electrónicos utilizados en equipos y maquinaria industrial. En la industria electrónica de esta ciudad, los equipos y maquinaria industrial, tienden a reducir su rendimiento operativo por la exposición a la corrosión atmosférica. Esto genera fallas eléctricas de forma continua o en determinados momentos. Con base en esto, se realizó un estudio para determinar los principales tipos de fallas eléctricas y, así, organizar las principales causas de reducción del rendimiento operativo de los equipos y maquinaria electrónica, utilizando la gráfica ABC junto con el software Matlab. El análisis mostró que el rendimiento operativo fue menor en algunos meses de verano y de invierno con índices de humedad relativa y temperatura superior a 75 y 30°C y concentraciones de sulfuros que excedieron el estándar de calidad de aire, originando la corrosión.

Palabras clave: competitividad, industria electrónica, corrosión atmosférica.

1. Introduction

The electronics industry is considered as one of major industries of the world, and is a factor of interest in the economy of each country with companies engaged in the manufacture of electronic products and companies that manufacture other products with electronic devices and systems,

used by industrial equipment and machinery [1]. In these type of companies, are utilized methods and techniques to evaluate the operating yielding, with statistical methods such as the ABC analysis graphs coupled in the MatLab software [2]. This study showed that the generation of the electrical failures were occurred by the presence of the atmospheric corrosion and appeared the decrease of competitiveness of the company evaluated. The electronic devices and systems, used in the industry evaluated, contained a variety of microelectronic devices and its operations, and were affected by the corrosion phenomena. If the functionality of some of these electronic components decreased, then the industrial equipment and the industrial machinery, decreased; and these systems were affected in its operational yielding [3], [4]. The sulfides penetrated by holes and cracks of walls, or roofs, and also by the air conditioning systems and even sometimes by the filters that are placed in the constructions of these companies, and its pollution agents, reacted with the metallic surfaces of electrical connections of electronic devices and systems, generating the corrosion process [5], [1]. Because of this, corrosion was originated and thereby was reduced the operating life time of industrial equipment and machinery, and were stopped working earlier than planned, suggested by the supplier [6], [7].

1.1. Competitiveness in the electronics industry

The creativity is one of the most valued and demanded aspects by companies in the field of the industrial engineering factors. This way is adequate to obtain the quality and quantity in the time required with the generation of new ideas, methods and processes applied to the industry, with a special relation with the engineering and the competitiveness.

1.2. Atmospheric corrosion indoors electronics industry

At higher levels of relative humidity and temperature than 75% and 30 ° C, begins the process of corrosion in indoors of the electronics industry in arid environments such is presented in the summer and winter seasons, which are typical in the Mexicali city. This creates a greater change in the valence state of the metals used in electronic devices, and deteriorates very fast, and with this, were damaged the metallic materials, utilized in the electronics devices and systems of the electronics industry [8], [1]. In the corrosion process, the metallic materials undergo changes and modified its physicochemical properties. This caused electrical failures in the industrial equipment and machinery, and is incremented

when the air pollutants mentioned exceeded the air quality indexes. These indices were proposed by the Secretariat of Environment and Natural Resources (SEMARNAT) of Mexico and the Environmental Protection Agency (EPA) of the United States [4].

1.3. ABC Graphics

The Graphics ABC are an important tool in the manufacturing areas of the electronics industry, with the use of statistical methods that provide relevant information on events of interest in operations [9]. The information obtained is concentrated in sections by percentage levels and were evaluated the three main types of groups of data of ABC graphs. This data may be part of the letters of the graphic: "A" area, which is a section of the graph with some data information, and "B" area of the same graphical representation with other type of data information and "C" other area with the last set of data analyzed. The "Graphic ABC" is a graphical representation or Rule 80/20.

2. Methodology

The generation of corrosion inside of the electronics industry in Mexicali, worried to specialized people and managers of these type of companies, because in this study showed that caused economic losses. Based on various problematic situations presented in the company evaluated, a study was developed to specifically determine the main causes of poor operating yielding of the industry analyzed. One of the main tools was the use of the Graphs ABC, with various graphical representations with which the main causes. The investigation was from 2013 to 2014 in three stages:

- 1) Evaluation of electrical failures. Was made an analysis of the historical data of electrical failures in the industrial equipment and machinery, at level of hourly, daily, weekly, monthly, seasonally and the annually periods, using a program called Scandia Industrial Computer (SIC), linked to a computer to develop remotely and instantly the evaluations in the MatLab software.
- 2) Analysis of Relative Humidity and temperature. The climatic factors were evaluated with a specialized device containing a digital thermometer and hygrometer (Mendity Instruments Co.), at level of hourly, daily, weekly, monthly, seasonal and annual periods. An instrument of Gasman N-15 was used in conjunction to monitor the sulfides in the

same periods, and the corrosion rate with the gravimetric method for determining levels of corrosively with ASTM [10] and ISO standard [11].

- 3) Evaluation of operation yielding. The main causes of poor operating performance of industrial equipment were determined to sort them according to the level of intensity and occurrence and was made a microanalysis of damaged by corrosion with the technique of scanning electron microscopy was performed metal surfaces with the technique of Scanning Electron Microscopy (SEM).

3. Results

3.1. Evaluation of electrical failures

The tables 1, 2 and 3 show the analysis according to the causes of higher level to lower intensity for schedule analysis, daily, weekly, monthly, seasonal and annual. Both the axial machines and radial machines, the defective causes of inoperability they resembled, in the placing of the electronic components in the manufactured products. The tables 1, 2 and 3 accounted the highest percentages of electrical faults in the morning shift and the lowest levels were for the evening

hours. This indicated that during the night and early morning, the condensation effect was generated and the increase of at least 1°C to 2°C, in the morning, and the corrosion originated in electrical connections and connectors equipment and electrical and electronic systems of the company analyzed. In the daily evaluations, in the days of beginning and end of week, was observed the presence of the electrochemical phenomenon and was continuously in these days. At weekly, the periods with higher rates of electrical faults were in the weeks corresponding to the months of January, February and November and the months of July and August where HR levels were higher than 80% and less than 30°C of temperature levels. The same was true when analyzing the monthly period when the winter was the key in the generating electrical failures of industrial machinery and at the annual level in 2011, and was the higher rates because every year in the city of Mexicali, where was observed at least a small percentage change from 1% to 3% RH and an increase in summer and winter decrease in at least 1°C in temperature. These small variations, caused the modification of indoor atmospheres of the electronics industry evaluated. The data in Tables 1, 2 and 3, were important to know the performance of the industrial equipment. The electrical failure levels was supported to know the periods of influence and take preventive measures.

Table 1. Evaluation of electrical failures in axial machines (2013-2014).

Factors of inadequate operability of axial machines	Periods					
	Hourly	Daily	Weekly	Monthly	Seasonally	Annually
Improper alignment in the electronic components	1 (35%) 11 AM	1 (33%) Wednesday	1 (32 %) Week 04	1 (32 %) February	1 (32 %) Winter	1 (31 %) 2014
Deficiency in the compressed air supply system of the electro-pneumatic machine	2 (27%) 10 AM	2 (27%) Tuesday	2 (26 %) Week 46	2 (25 %) November	1 (29 %) Winter	2 (22 %) 2014
Faulty operation of electronic components in the feeder unadjusted	3 (20%) 03 PM	3 (19 %) Monday	3 (22 %) Week 09	3 (19 %) March	2 (24 %) Winter	3 (21 %) 2014
Lack of communication with the computer program machine operation	4 (11%) 04 PM	4 (16 %) Thursday	4 (14 %) Week 31	4 (14 %) August	4 (09 %) Summer	4 (19%) 2013
Mismatch detection systems of improperly in the installed components	5 (07%) 03 PM	5 (05 %) Wednesday	5 (06 %) Week 27	5 (10 %) June	5 (06 %) Summer	5 (07 %) 2014

Table 2. Evaluation of electrical failures in radial machines (2013-2014).

Factors of inadequate operability of axial machines	Periods					
	Hourly	Daily	Weekly	Monthly	Seasonally	Annually
Improper alignment in the electronic components	1 (34%) 12 PM	1 (34%) Thursday	1 (30 %) Week 04	1 (32 %) January	1 (33 %) Summer	1 (30 %) 2013
Deficiency in the compressed air supply system of the electro-pneumatic machine	2 (28%) 09AM	2 (26%) Wednesday	2 (25 %) Week 46	2 (25 %) December	2 (27 %) Winter	2 (25 %) 2014
Faulty operation of electronic components in the feeder unadjusted	3 (18%) 04 PM	3 (20 %) Tuesday	3 (21 %) Week 09	3 (19 %) February	3 (22 %) Winter	3 (20 %) 2013
Lack of communication with the computer program machine operation	4 (12%) 05 PM	4 (13 %) Monday	4 (16 %) Week 31	4 (14 %) July	4 (10 %) Winter	4 (17%) 2014
Mismatch detection systems of improperly in the installed components	5 (08%) 02 PM	5 (07 %) Wednesday	5 (08 %) Week 27	5 (10 %) August	5 (08 %) Summer	5 (08 %) 2013

Table 3. Evaluation of electrical failures in electrical probe machines axial (2013-2014).

Factors of inadequate operability of axial machines	Periods					
	Hourly	Daily	Weekly	Monthly	Seasonally	Annually
Improper alignment in the electronic components	1 (34%) 12 PM	1 (32%) Thursday	1 (33 %) Week 06	1 (34 %) January	1 (34 %) Winter	1 (33 %) 2013
Deficiency in the compressed air supply system of the electro-pneumatic machine	2 (26%) 11AM	2 (26%) Monday	2 (26 %) Week 41	2 (23 %) December	2 (30 %) Winter	2 (25 %) 2014
Faulty operation of electronic components in the feeder unadjusted	3 (19%) 04 PM	3 (20 %) Wednesday	3 (21 %) Week 12	3 (19 %) February	3 (26 %) Summer	3 (22 %) 2013
Lack of communication with the computer program machine operation	4 (13%) 02 PM	4 (15 %) Friday	4 (12 %) Week 34	4 (14 %) July	4 (07 %) Summer	4 (15%) 2013
Mismatch detection systems of improperly in the installed components	5 (08%) 05 PM	5 (07 %) Monday	5 (08 %) Week 29	5 (10 %) August	5 (03 %) Winter	5 (05 %) 2014

3.2. Analysis with graphics ABC

The evaluations were performed with Graphics ABC, indicating the main types of causes of electrical failures in the industrial equipment and industrial machinery. Figure 1 shows the areas of the graph A, B and C, with the first three types of electrical failures, with the 30% that is the region A, along with the area B coupled to A 69% and completes the analysis area C represents a difference in the area before the end of 31%. Figure 1 is part of the evaluation of the radial machine in the time period, which shows that the first three types of power failures represent 30% which is the area A, and continuing with the region B reaches at 69% and finally reaching the area C, to the total percentage of 100%. Fig. 2 shows the radial percentage rates in the daily period machine, being 28% in zone A, 68% B and in totaling 100%, the region C, indicating that like the previous graphs of the electrical failures in the first three types represent about 70%. Fig. 2 is part of the analysis of the radial machine, showing the monthly period with the percentage levels of 28% in zone A, and then the B region with the 64%, and finally the area C indicating the 100%. In this graph, the differences between areas are contemplated to determine which of the five evaluated types of electrical failures, can be evaluated quickly and easily to phase out gradually the electrical failures that cause the concern of all staff working in this company. Assessments for the winter season in each year of study and in the axial machine were performed, being the electrical failures caused by others factors as minimum level. The analysis in Fig. 3 shows how the percentage rates of radial machine with a weekly evaluation in the region A being 27%, continuing the region B which exceeded 67% (71%) and ending area C which involves 100%.

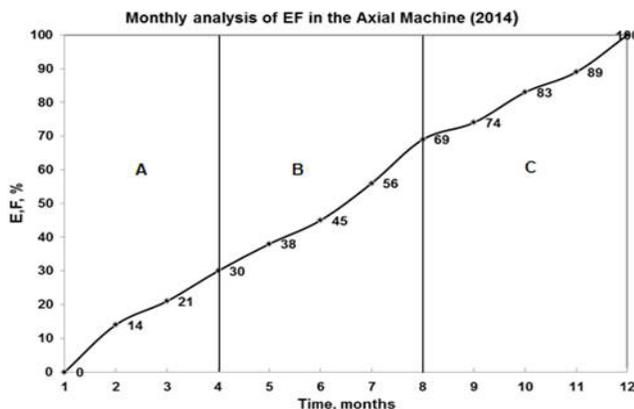


Fig. 1. Monthly Evaluation of the EF generated in the axial machines (2014).

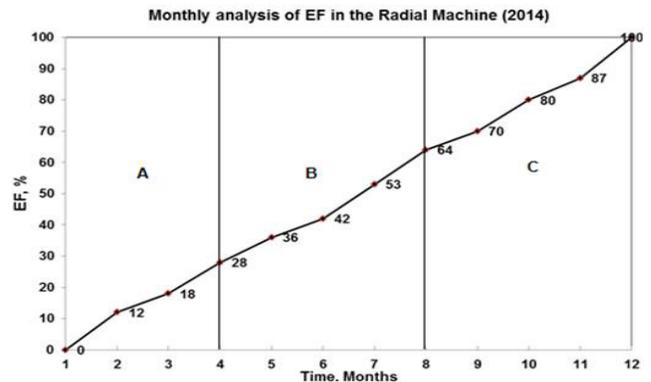


Fig. 2. Monthly Evaluation of the EF generated in the electrica probe machines (2014).

Once the assessments were made with the Graphics ABC, we proceeded to perform a correlation analysis of the variables of weather, electrical failures and corrosion rate (VC), indicating the degree of deterioration of electrical connections and connectors electronic equipment and systems for the electronics industry.

3.3. Analysis of microscopy

Contaminants that adhered to the metallic surfaces caused the presence of corrosion and their percentages were evaluated through an analysis at the microscopic level where a deterioration in micrographs (Fig. 4) was observed. Fig. 4a showed the damage to the electrical connections of electronic equipment in the summer being a little clear and Fig. 4b is noted for winter obscurely, by the presence of moisture in as

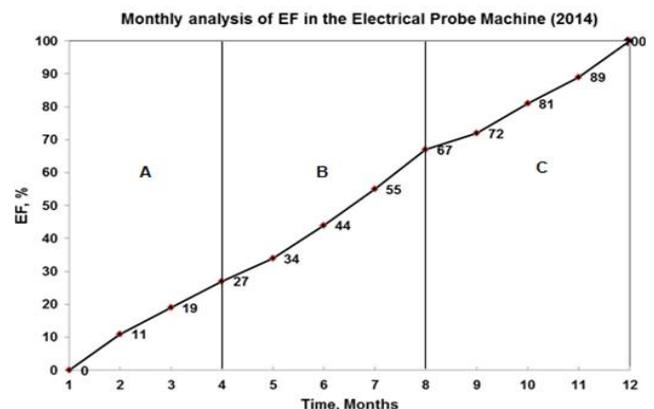


Fig. 3. Monthly Evaluation of the EF generated in the electrica probe machines (2014).

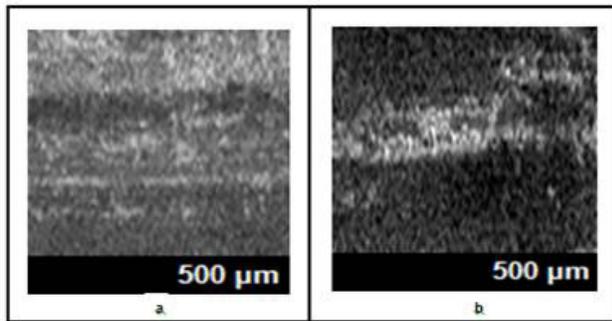


Fig. 4. Photomicrograph of deterioration of electrical connections of industrial equipment in the era of (a) summer and (b) winter.

many chances. This analysis describes in detail what happens on a microscopic scale.

4. Discussion

The presence of corrosion in the electronics industry installed in the Mexicali city caused an inadequate operation caused by the electrical failures. This resulted in decreased operability and sometimes late delivery of products to customers, which could result in potential loss of customers. One of the tools that supported in determining the causes of a variety of factors in problematic situations are the Graphics ABC, to organize and observe, and can be resolved immediately to reduce or eliminate the main causes major factors that have a negative effect. According to ABC analysis with graphics, the electrical failures with higher incidence and greater concern for the staff of the company, it was the first three data for each data information, with the percentages indicated. It should be noted that based on the evaluations with Graphic ABC, other electrical failures occurred on a smaller scale and took only these, to show the most commonly of the electrical failures, which occurred and indicated by the company evaluated, to be analyzed, and be organized on the data information and graphs.

5. Conclusions

The ABC graphics used in the manufacturing processes to evaluate the electrical failures by the presence of corrosion, of the electronics industry was a fundamental factor in the detection of the main reasons that cause stoppages of industrial equipment and machinery that used electronic devices and systems, and therefore specialized persons and managers were worried for this. In this study the most important

options which originated the lower operating performance of industrial equipment company enabling the study were identified. The effect of corrosion on the deterioration of electrical connections and connectors of electrical and electronic equipment and systems of the company, was an important aspect in the generation of electrical failures. This caused at certain times hourly, daily, weekly, monthly, seasonal and annual of electrical failures, with higher incidence were presented with, which kept alert to the specialized and management personnel, but neglected other operations to be performed.

References

- [1] G. López-Badilla, H. Tiznado-Vázquez, and G. Soto-Herrera Gerardo, "Análisis de EEA en la corrosión de cobre utilizado en la industria electrónica de ambientes áridos y marinos," *Nova Scientia*, vol. 4, no. 7, pp. 1-16, abril, 2012.
- [2] G. López, S. Valdez, K. Zlatev, P. Flores, B. Carrillo and W. Schorr, "Corrosion of metals at indoor conditions in the electronics manufacturing industry," *Anti-Corrosion Methods and Materials*, vol. 54, no. 6, pp. 354-359, 2007.
- [3] X. Chongchen, "Corrosion in Microelectronics," *Partial Fulfillment of MatE*, 234, 2003.
- [4] G. López-Badilla, "Caracterización de la corrosión en materiales metálicos de la industria electrónica en Mexicali, B.C.," tesis de doctorado, Universidad de Baja California, Mexicali, México, 2008.
- [5] L. Veleva, B. Valdez, G. Lopez, L. Vargas, and J. Flores, "Atmospheric corrosion of electro-electronics metals in urban desert simulated indoor environment," *Corrosion Engineering Science and Technology*, vol. 43, no. 2, pp. 149-155, 2008.
- [6] T. Shank and V. Govindarajan, *Gráficos ABC: el alto costo de producir*, México: Trillas, 2003.
- [7] R. S. Kaplan, and R. Cooper, *Gráficos ABC: costo y efecto*, México: Gestión, 2000.
- [8] A. Moncmanova, *Environmental Deterioration of Materials*, Slovak Republic: WIT Press, 2007.
- [9] E. N. Cartier, "El costo basado en actividades y la teoría del costo," *Costos y Gestión*, no. 11, 1994.
- [10] ASTM International, *Standard Guide for Measurement Systems Analysis (MSA)*, ASTM E2782-11e1, 2011.
- [11] ISO, *Corrosion of metals and alloys - Corrosion of metals and alloys - Classification of low corrosivity of indoor atmospheres - Part 1: Determination and estimation of indoor corrosivity*, ISO 11844-1, 2005.

Las certificaciones profesionales y su impacto en los planes de estudio de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica

Federico **Felipe-Durán**
Ignacio **Martínez-Sánchez**
Miguel **Sánchez-Meraz**

Instituto Politécnico Nacional
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Sección de Estudios de Posgrado e Investigación
Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Zacatenco,
Edif. 5, 2do. Piso, Col. Lindavista, CP 07830, Ciudad de México.
MÉXICO.

correo electrónico (email): ffelipe100@hotmail.com
ignacioms21@hotmail.com
mmeraz@ipn.mx

Recibido 10-01-2016, aceptado 24-05-2016.

Resumen

En este trabajo se hace una propuesta de revisión de las premisas de diseño de planes y programas de estudio para ingenieros en comunicaciones y electrónica, y carreras afines considerando las certificaciones que en los últimos años han ido evolucionando y volviéndose un requisito en muchos empleos. Para obtener la propuesta, se analizaron los planes de entrenamiento de las principales certificaciones que les son solicitadas en México a los ingenieros en comunicaciones y electrónica. Después se hace un análisis de los planes y programas de estudio de la carrera de Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica del Instituto Politécnico Nacional de México para realizar una comparación de las temáticas que cubren en las certificaciones con los programas de estudio y de esa forma hacer una propuesta de mejora en estos últimos, considerando las limitaciones en la duración de los estudios de ingeniería y los requerimientos académicos que deben cumplir las carreras de educación superior en México.

Palabras clave: certificaciones, ingeniero en comunicaciones, plan de estudio, CISCO, ITIL, Java, PMI.

Abstract (Design Study Schedules for Electronic and Communications Engineer Considering Certifications)

In this work we propose premises to design study schedules for electronic and communications engineer considering certifications for this career in Mexico. Engineer certifications are very important today to get an employ around the world and it is becoming a requirement to obtain it. We have analyzed the most important certifications for get a job in Mexico in order to make a proposal for improving these studies.

Index terms: certifications, communications and electronic engineer, CISCO, ITIL, Java, PMI.

1. Introducción

La Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) de México tiene sus antecedentes en la Escuela Nacional de Artes y Oficios para hombres establecida en el año de 1857 por decreto del presidente Ignacio Comonfort, sin embargo, debido a la difícil situación política imperante fue hasta 1867 que se retoma el proyecto y en 1868 se le asigna como sede el antiguo Ex Convento de San Lorenzo en el Centro Histórico de la Ciudad de México. Posteriormente, en 1916 y 1932, tuvo varios ajustes de tipo académico de donde surgió la carrera de Ingeniero en Comunicaciones Eléctricas y Electrónica que finalmente cambio a Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica (ICE), que es su actual denominación.

La carrera ha tenido varias actualizaciones de sus programas de estudio, siempre buscando mantener su pertinencia para el mercado laboral del país y en búsqueda de la independencia tecnológica de México. La última se realizó en el año del 2002 y fue precedida por dos, en el año de 1993 y de 1967 en la que se cambió de Plan de Estudios anual a semestral. La carrera tiene en sus primeros semestres una formación muy sólida en ciencias básicas como Física, Matemáticas, Química y Computación. Las ciencias básicas de ingeniería como Electromagnetismo, Circuitos Eléctricos y Teoría del Control también tienen esa orientación a las ciencias básicas [1].

El estudiante de la ICE también recibe formación en ciencias sociales y administrativas, y toman materias como *Administración, Desarrollo humano, La comunicación y la ingeniería, Desarrollo personal y profesional, Desarrollo prospectivo de proyectos, Proyecto de ingeniería*, entre otras, con el objetivo de que obtenga una formación integral que le ayude en su desempeño profesional.

Los alumnos de ICE toman una especialidad de dos semestres, tienen la opción de elegir entre Acústica, Comunicaciones, Computación, Control y Electrónica, y deben escogerla al terminar el séptimo semestre, se puede considerar que la carrera tiene un tronco común de siete semestres. Es importante remarcar que una vez concluido el séptimo semestre se tienen, prácticamente, todos los conocimientos básicos que requiere un Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica, una comparación entre las instituciones de educación superior que imparten en México carreras similares demuestra la anterior aseveración. Los alumnos tienen contacto con materias y profesores de las especialidades desde el primer semestre y al llegar al octavo han cursado materias previas a las que estudiarán cuando cursen en octavo y noveno semestre.

2. Marco teórico

2.1. Definición

Una certificación es un "procedimiento formal en el que una persona o agencia autorizada o autorizada evalúa y verifica las características, atributos, cualidades, aptitudes o estatus de organizaciones o individuos, bienes o servicios o eventos o situaciones, procesos de acuerdo con requerimientos o estándares ya establecidos" [2]. La certificación se vuelve en muchos casos un requisito para la contratación de un puesto de trabajo; en otros, se le solicita al ingeniero, que ya está trabajando que obtenga certificaciones para ascender en la escala laboral e incluso para conservar el puesto que tenga en ese momento. Las principales certificaciones que se relacionan con un Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica se describen a continuación.

2.2. Certificación Java

El lenguaje de programación más utilizado en el mundo es Java [3]. Oracle es la empresa propietaria de Java y la encargada de extender certificaciones en ese campo, Tiene dos líneas de certificación, en *Java Enterprise Edition* y en *Java Standard Edition*, la primera es para programadores dedicados al mundo empresarial y la segunda para aplicaciones

estándares. La primera línea tiene un total de seis posibles certificaciones, cada una con un campo específico de conocimiento. La segunda tiene ocho certificaciones, cabe aclarar que un programador de cada línea puede especializarse en alguna área y esto significa que sólo debe certificarse en alguna de ellas y no forzosamente en todas.

2.3. Certificación CISCO

CISCO es una empresa global de telecomunicaciones enfocada al diseño, construcción y venta de ruteadores, switches y hubs, también desarrolla software para administrarlos y en años recientes también software para telefonía, incluyendo conmutadores del tipo IP. CISCO es la mayor empresa en el mundo que desarrolla este tipo de tecnología, aunque nuevas empresas como Huawei y Juniper Networks han aparecido en los últimos años. En México cerca del setenta y cinco por ciento de las redes de computadoras o de telecomunicaciones emplean equipos de tal marca. Las principales certificaciones que maneja son CCNA, CCNP y CCIE, *Cisco Certified Network Associate, Cisco Certified Network Professional Cisco Certified Design Professional* y está agregando certificaciones en comunicación inalámbrica y en seguridad informática [4].

2.4. Certificación ITIL

El rápido desarrollo de las Tecnologías de la Información (TI) en el último medio siglo y su convergencia han provocado la necesidad de estandarizar procedimientos para evitar que diversos enfoques de diseño impidan el correcto funcionamiento de sistemas como la televisión digital terrestre, la telefonía digital, los servicios de acceso a internet y la telefonía celular por citar sólo algunos ejemplos. El ejemplo de los proveedores de internet tal vez sea el más claro, se puede obtener este acceso por línea telefónica, por medio de teléfonos celulares o bien de forma inalámbrica, también existen proveedores que a través de fibra óptica lo pueden proporcionar, incluyendo otros servicios como televisión y telefonía, como lo hacen en México las compañías Cablevisión o Izzi. Tal crecimiento ha obligado a que la comunidad de desarrolladores y prestadores de servicio de TI tengan que estandarizar sus procesos y por ese motivo nació la certificación conocida como ITIL por las siglas en inglés: *Information Technology Infrastructure Library* [5].

2.5. Certificación PMI

El Project Management Institute es una asociación a nivel mundial de especialistas en Dirección de Proyectos. La Aso-

ciación cuenta con alrededor de medio millón de miembros en todo el mundo y extiende certificaciones, en varias categorías y áreas de dirección de proyectos. Es una tendencia a nivel mundial a buscar que los directores de proyectos de alto desempeño sean personas certificadas, por lo que se va volviendo una necesidad ser certificado para obtener estos puestos de trabajo. Algunas de las certificaciones son *Profesional en dirección de proyectos* (PMP), *Técnico certificado en dirección de proyectos* (CAPM), *Profesional en dirección de tiempos del PMI* (PMI-SP), entre otros. Según cálculos del instituto se gastan al año doce trillones de dólares en proyectos y sobre todo las áreas de telecomunicaciones y finanzas se llevan estos recursos, de ahí nace la importancia para los ingenieros en comunicaciones y electrónica participar en esta área porque tienen herramientas tanto técnicas como directivas para competir en esta área [6], [7].

2.6. Otras certificaciones

Existen otras certificaciones, que también son importantes, pero que pueden considerarse muy especializadas y menos comunes en el mundo laboral para el ingeniero en comunicaciones y electrónica; por ejemplo, las de Microsoft para aplicaciones web o de Windows, las de Oracle para bases de datos y recientemente para desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles.

3. Análisis

Los planes de estudio de ICE tienen materias que abordan temáticas que son necesarias e indispensables para obtener una certificación. Por ejemplo, los principios básicos de programación que son útiles en certificaciones sobre Java o bien de Oracle. A continuación se hace una descripción de tales coincidencias.

3.1. Lenguajes de programación

Las materias del Plan de Estudios de ICE, *Fundamentos de programación* y *Programación orientada a objetos* tienen una relación directa con la certificación Java. En la primera se aborda la programación como una disciplina sistemática con una metodología de análisis de problemas, la generación de una solución y su codificación en un lenguaje de programación, en este caso lenguaje C. En la segunda materia se abordan los principios de diseño de objetos, su implementación y su programación. En esta materia se usa lenguaje C++ como herramienta, no debe olvidarse que Java se diseñó y desarrolló teniendo como paradigma a este lenguaje. La experiencia

de profesores de lenguajes de programación indica que un programador de C++ pasa de forma simple, casi natural, a Java en tiempos breves. Se puede afirmar que un buen aprendizaje de lenguaje C++ garantiza un aprendizaje exitoso de Java, aclarando que las aplicaciones de Java van mucho más lejos que las de C++ que es un lenguaje que no está diseñado para desarrollar aplicaciones de usuario final.

En los semestres tres y cuatro, todos los alumnos de ICE toman las materias de *Estructuras y bases de datos* y *Análisis numérico*, si bien ambas materias no impactan directamente en una certificación de Java, sí sirven para desarrollar las habilidades típicas de la programación de computadoras, de forma que la capacidad de análisis de algoritmos y la estructuración lógica y sistemática de soluciones se refuerza en los estudiantes de estas materias.

Los alumnos que eligen la especialidad de computación reciben además un curso de *Lenguajes de internet*, en donde aprende Java y además deben desarrollar proyectos utilizando esta herramienta de programación. También llevan la materia de *Ingeniería de software*, donde aprenden a desarrollar en Visual Studio.NET, de esa manera, se complementa su formación en este aspecto de la programación y desarrollo de sistemas. Si bien no todos los alumnos de ICE toman esas materias, si tienen herramientas de programación y manejo de objetos para que por su cuenta o bien tomando cursos de preparación pueda lograr las primeras certificaciones de este lenguaje.

3.2. Redes de computadoras

Los conocimientos de redes de computadoras y los sistemas de comunicación que lo involucran son las bases para obtener certificaciones ITIL y CISCO. Las formas en que se conectan y las varias formas en que se comunican, vía satélite, vía microondas o por fibra óptica son ejemplos de estos conocimientos. Los cursos de *Redes básicas* que es común a todos los estudiantes de ICE, *Redes LAN*, *Aplicaciones de redes de computadoras* que se imparten a los alumnos que eligen la especialidad de computación. Los alumnos que optan por la especialidad de comunicaciones tienen los cursos de *Redes de área amplia*, *Diseño y administración de redes* y *Redes convergentes*. En todos esos cursos, van a recibir conocimientos útiles para una certificación ITIL o CISCO. Los profesores que imparten tales materias consideran que en sus cursos se cumple con el contenido de 80% de la certificación para CISCO de la primera especialidad en redes de computadoras.

La certificación ITIL también es cubierta por los cursos de redes de computadoras antes enumerados, pero son enriquecidas por otras, aunque ya no son comunes a todos los ingenieros en comunicaciones y electrónica. Las materias son: *Comunicaciones por medio de fibra óptica, Sistemas de radiocomunicación, Transmisores y Televisión y video*. La certificación en redes de computadoras es de las más extensas, consiste de nueve subespecialidades que incluyen todas las opciones para crear redes, desde los *Data Centers*, pasando por seguridad informática, redes inalámbricas, voz y video, entre otras [8], [9]. Es imposible para una carrera de ingeniería cubrir, en sus planes de estudio, todas esas subespecialidades por lo que las instituciones educativas deben ser muy asertivas para impartir lo fundamentos de tales áreas de conocimiento.

3.3. Desarrollo de proyectos

Buena parte de la Ingeniería, hoy en día, se desarrolla por medio de Proyectos con fecha de inicio y de término preestablecidas. La construcción de un puerto marítimo o aéreo, una carretera, centros comerciales o financieros. Esto significa que los ingenieros en la actualidad deben ser capaces de elaborar anteproyectos, presentarlos, administrarlos, supervisarlos como tercero, entre otras actividades. El Instituto de Administración de Proyectos (PMI) es la instancia certificadora más extendida en el mundo. Temas de la certificación PMI son tratados por las materias de *Economía, Administración, Desarrollo prospectivo de proyectos y Proyecto de Ingeniería*. Estas materias son comunes a todos los alumnos y le permiten al alumno abordar la elaboración de proyectos en todas sus etapas incluyendo todos los conocimientos que ha adquirido en las materias previas. El alumno debe incorporar conocimientos de materias técnicas, básicas como *Matemáticas y Física*, de ingeniería aplicada, además de las materias de proyectos. Esta es un área descuidada para los ingenieros en la ESIME, por parte de los alumnos, ya que no se considera importante para su formación, sin embargo, se debe motivarlos ampliamente por la importancia económica que tiene el desarrollo de proyectos y se les debe hacer conocer que buena parte de la ingeniería de diseño se lleva a partir de proyectos en muy diversas áreas.

4. Discusión

La duración típica de un curso curricular de ingeniería es de 4.5 horas semanales durante 18 semanas. Esto significa que el curso abarca alrededor de ochenta horas totales. La duración típica de un curso de certificación ronda las 16 semanas

y por lo general las certificaciones inician con un nivel elemental que va creciendo en conocimientos y habilidades, de forma que llegar a niveles de alta demanda laboral requiere obtener un promedio de tres certificaciones. Por ejemplo CISCO contempla cuatro certificaciones relacionadas a Data Centers y posiblemente cinco si se llega a la certificación de arquitecto. Lo anterior implica bastante complejidad para incorporar todas las certificaciones al Plan de Estudios de ICE, no es posible asignar tantos cursos de la Ingeniería idénticos en contenido a los de las certificaciones.

Se observa otra situación cuando las certificaciones cumplen con objetivos comerciales de empresas y no se enfocan directamente en la transmisión y generación de conocimiento, como si lo hace una institución de educación superior. Por ejemplo, la empresa de computadoras IBM abandonó los equipos para cálculo científico y sólo lo comunicó a sus antiguos clientes de esos equipos una vez tomada la decisión. Algo similar sucede con las empresas comerciales que promueven certificaciones ya que primero van sus intereses comerciales, aunque ellos sepan que el mercado se esté moviendo en otro sentido.

En contraparte debe considerarse que cualquier certificación en sus niveles básicos es idéntica en cerca del sesenta por ciento con los cursos académicos que se imparten en las universidades, tal vez sea un hecho no muy claro que una empresa dedicada a preparar ingenieros para una certificación nunca parte de cero ya que sus candidatos han recibido una parte importante del conocimiento en las aulas, talleres y laboratorios de una institución educativa. Sin esa formación, la preparación sería más larga y consumiría tiempo en talleres y laboratorios enfocados en el conocimiento básico de la materia sobre la cual el ingeniero desea obtener una certificación.

Una situación muy importante a considerar es la inversión necesaria para que una institución de educación superior pueda impartir materias relacionadas con las certificaciones, los costos de ruteadores, firewalls o servidores, es muy alto para una institución de educación superior, además los cambios tecnológicos son fuente de nuevas certificaciones y mantener actualizados los equipos se vuelve imposible para la mayoría de las Instituciones realizar tales cambios. Algo similar sucede con las licencias de software, las licencias de Visual Studio.NET se actualizan constantemente y no es sencillo conservarlas vigentes. Si bien en algunos casos existen simuladores que permiten aprender sin instalaciones físicas indispensables, esto sólo es un paliativo para la falta de infraestructura. Existe la posibilidad de establecer convenios de colaboración, sin embargo algunas instituciones, las públicas para ser más específicos, se mueven lentamente en las

cuestiones legales, por lo mismo, no se logran dichos convenios.

Es importante comentar que la mayoría de las escuelas y facultades de ingeniería proporcionan una formación básica muy importante que le permite a sus egresados actualizarse por su cuenta lo que combinado con la gran cantidad de información disponible en Internet de forma que puedan presentar sus exámenes de certificación con muy altas posibilidades de éxito. Además la ESIME brinda una excelente formación por lo que sus egresados obtienen certificaciones la mayoría de las veces que se presentan a exámenes.

5. Conclusiones

Se ha hecho un análisis de certificaciones que son comunes a la práctica de la Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica, y como las temáticas son abordadas en diversas materias que se imparten durante la misma. Debe remarcarse que se eligieron las certificaciones de JAVA, ITIL, CISCO y PMI pero que existen otras que también son importantes, pero tal vez más especializadas y menos comunes para el Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica. También se hizo un repaso de las limitantes a las que se enfrenta una institución educativa para formar a sus ingenieros en las certificaciones, tanto en tiempo, infraestructura y en recursos humanos.

Sin embargo, no deja de resaltarse la importancia de que una Institución educativa considere las certificaciones como una guía de su quehacer académico y la importancia de vincularse con empresas del sector productivo que finalmente serán los principales empleadores de sus egresados.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo recibido por los Sistemas de Becas por Exclusividad de la COFAA (SIBE) y del Programa de Estímulos al Desempeño Docente del IPN (EDD). Este trabajo es derivado del proyecto de investigación: "Seguridad Informática, clave 20150536" de la Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional de México.

Referencias

- [1] Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, *Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica, (plan de estudio)*, 2003. [en línea]. Disponible en <http://www.esimez.ipn.mx/OfertaEducativa/Paginas/Ingenieria-en-Comunicaciones-y-Electronica.aspx>
- [2] Web Finance Inc., *Business Dictionary*, 2015 [en línea]. Disponible en: <http://www.businessdictionary.com/definition/certification.html>. Consultado: 10 marzo, 2015.
- [3] S. Cass, "Top 10 Programming Languages," *IEEE Spectrum*, 19 julio, 2014 [página web]. Disponible en: <http://spectrum.ieee.org/computing/software/top-10-programming-languages>. Consultado: 10 marzo, 2015.
- [4] CISCO Systems, "Training & Certifications," *CISCO*, 2015 [página web]. Disponible en: <http://www.cisco.com/web/learning/training-index.html>. Consultado: 10 marzo, 2015.
- [5] NYCE, Normalización y Certificación Electrónica, *NYCE*, 2015 [página web]. Disponible en: www.nyce.org.mx/sistemas/iso-20000. Consultado: 10 marzo, 2015.
- [6] Project Management Institute, "Certifications," *PMI*, 2015 [página web]. Disponible en: <http://www.pmi.org/certification.aspx>. Consultado: 10 marzo, 2015.
- [7] Project Management Institute, "Certificaciones," *PMI Latinoamérica* [página web]. Disponible en: <https://americalatina.pmi.org/latam/CertificationsAndCredentials.aspx>. Consultado: 10 marzo, 2015.
- [8] ISO/IEC, *Information technology - Service management - Part 2: Guidance on the application of service management systems*, ISO/IEC 20000-2:2012, 2012 [en línea]. Disponible en: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=51987. Consultado: 10 marzo, 2015.
- [9] ISO/IEC, *Information security management*, ISO/IEC 27001, 2015 [en línea]. Disponible en: <http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso27001.htm>. Consultado: 10 marzo, 2015.

Portal de portales **Latindex**: <http://www.latindex.ppl.unam.mx/>

Instituto Politécnico Nacional

Científica

La Revista Mexicana
de Ingeniería Electromecánica

Número de artículos descargados por región (2007-2012):

México
54 024

América Latina y el Caribe
40 194

Estados Unidos y Canadá
13 254

Europa
15 967

Asia, África y Oceanía
6 025

Fuente: Sistema de Información Científica Redalyc
www.redalyc.org

Weft Thread Tension during Filling Insertion Process on Projectile Weaving Machines

Liudmila Oleynikova¹

Vitalii Oleinikov²

¹University of Guadalajara,
CUCEI, Department of Mechanical and Electrical Engineering
Blvd. Marcelino García Barragán no. 1421, CP 44430,
Guadalajara, Jalisco.
MEXICO.

²RosBusiness Consulting
78, Profsoyuznaya str. Moscow.
RUSSIA.

correo electrónico (email): loleinik_l@bk.ru

Recibido 01-12-2015, aceptado 14-06-2016.

Abstract

Weft thread tension during filling insertion process on projectile weaving machines is time dependent and is characterised by big values of tension force maximums. As one can see from a number of investigations a weft yarn moves by jerks and vibrates though a projectile inserting a weft moves with almost constant velocity after its starting. In accordance with observations a weft thread forms slacks along it in the course its filling insertion. It follows owing to a short time during which a weft comes to a movement, a quick compensator lever movement and elastic properties of a yarn. When a weft slack is hauled in, a weft undergoes a jerk and so a maximum of a weft thread tension arises. First weft slack arises when a compensator lever quickly sinks and releases a weft thread. Then a projectile comes to a movement and hauls a weft slack. A part of a weft between a weft accumulator and a compensator comes to its movement during a short time and thus extremely big maximum of a weft thread tension force arises. We deduce formulas for this maximum of tension force, which we use as a basis for resolving of a problem of compensator function optimisation

with the aim of to reduce a weft thread tension. Results of theoretical consideration and weft thread tension measurements are reported below.

Index terms: projectile weaving machine, weft tension, slack, compensator lever movement, jerk.

Resumen

(Tensión de hilo de trama durante el proceso de inserción de llenado en máquinas de tejer)

La tensión del hilo de trama durante la fase de inserción se caracteriza por altos valores máximos de la fuerza de tensión. Como se puede ver, a partir de una serie de estudios, el hilo de trama se mueve con tirones y vibra, mientras que el proyectil acelera sin sacudidas y se mueve con velocidad prácticamente constante después de la aceleración. De acuerdo con las observaciones, el hilo de trama forma holguras a lo largo de ella. Esto ocurre debido al corto periodo de tiempo durante el cual la trama se pone en marcha, el movimiento rápido de la palanca de compensador y propiedades elásticas del hilo de trama. Cuando se selecciona una holgura del hilo, el hilo de trama sufre un tirón y así surge la tensión máxima del hilo de trama. La primera holgura se produce cuando la palanca del compensador desciende (antes de inicio del movimiento de proyectil) y suelta el hilo de trama. Entonces el proyectil en movimiento recoge la holgura. Parte de la trama, entre almacenador de trama y el compensador, se pone en marcha por un corto tiempo, y por lo tanto, se produce grande fuerza extrema de tensión del hilo de trama. Derivamos una fórmula para esta fuerza de tracción máxima, que utilizamos como base para solución del problema de la optimización del funcionamiento de compensador para reducir esta tensión máxima del hilo de trama. Los resultados de análisis teórico y la medición de la tensión del hilo de trama se presentan a continuación.

Palabras clave: máquina de tejer con proyectiles, la tensión de la trama, holgura, palanca de retroceso (compensador), tirón.

1. Introduction

Over the past 40 years the Sulzer shuttleless weaving machine has been the undisputed "frontrunner" for all but a few specialist applications. The range of flexibility of the machine has been steadily expanded and there is now little difference between its fabric-producing capabilities and that of the automatic bobbin-change loom [1]. In these weaving machines they use a projectile equipped with a gripper for a weft thread to insert it into a shed. This principle of projectile filling insertion allows the insertion of practically any weft yarn [2]. Projectile filling insertion systems function with high economical efficiency and low energy consumption.

A sketch of a weft tread drawing on projectile weaving machine is shown on Fig.1. Weft thread 2 is taken up directly from fixed bobbin 1 or by means of a weft thread accumulator 3.

It passes through a brake system 4, a weft thread conductor hole of a compensator lever 5 and is fixed in a gripper of a projectile 7 by pressing force. A projectile is started by a projectile picking mechanism at an instant of its unloading owing to elastic force power of rod shaft 11. A projectile transports a weft thread at a velocity up to 35 m/s and up to 1000 g, where g is acceleration of gravity, through directing channel of a slay 10 into reception box. After braking in reception box a projectile with a weft thread comes back to fabric selvage, releases a weft thread, and is lowered on a conveyer. A weft thread is cut off by means of scissors 8. A weft thread is clamped in thread holders 9 of selvage formers, moves toward a fabric fell and is beaten-up by a reed.

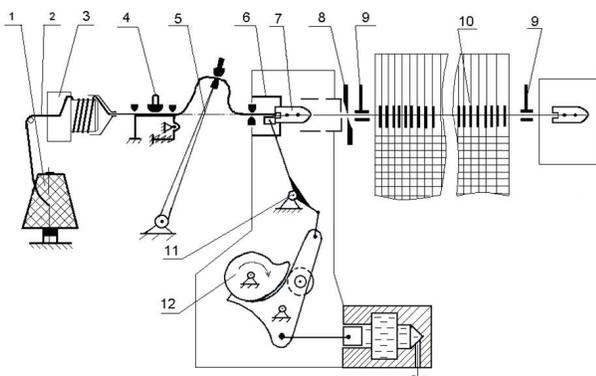


Fig. 1. Weft thread filling insertion into a shed.

Experimental studies and measuring of a weft thread tension in an area between a compensator and a projectile on projectile weaving machines during its filling insertion have shown that a weft thread movement is jerky [2], [3], [4] and is accompanied by big maximums of a weft thread tension (Fig. 2). There is a danger of technological breakdowns being quickened, such as a break of a weft thread or letting a weft thread to slip out from projectile clamps [5].

A lever of compensator begins to sink before projectile starting. Such way angles of a weft thread rounding of thread conductor hole in a compensator lever and thread conductor holes nearest to compensator lever become smaller to reduce friction and weft tension when a projectile will pull a weft then. Thus two slacks arise from each side of a compensator lever. First maximum of weft thread tension corresponds to the beginning of a projectile starting. In accordance with experimental results this first maximum is not so big as a next second maximum of a weft thread tension.

A projectile continues its movement and hauls a slack from a side nearest to it. After the haul of this slack have finished the haul of a slack between a thread conductor hole of a compensator lever and a thread conductor nearest to a brake system begins. There is no big increase of a weft thread tension at this moment. A projectile quickly moves and pulls a weft thread, so this slack decreases nevertheless a compensator lever sinks down. When a weft thread between a thread conductor of a compensator lever and a thread conductor nearest to a brake system is becoming almost like straight line a remaining part of a weft thread between a thread conductor of a brake system nearest to a compensator and a thread conductor of a weft thread accumulator begins sharply

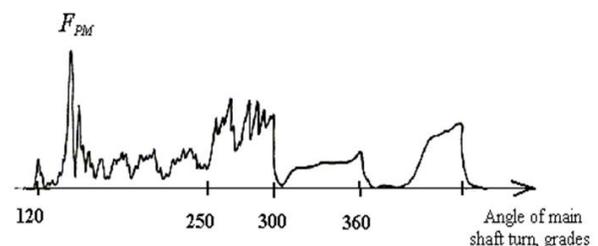


Fig. 2. Typical diagram of a weft thread tension during filling insertion process on a projectile weaving machine.

to move. So second maximum of a weft thread tension is arising. In accordance with investigations this maximum of a weft thread tension is the biggest one [3], [4]. Owing to weft elastic properties and inertia forces a weft thread continues to vibrate and forms repeated slacks again some times. So there are a few maximums of a weft thread tension on a tension diagram of a weft thread. These third and next maximums of a weft thread tension are smaller than a second one.

Let us consider a situation when there are no slacks before of a projectile starting and a compensator lever sinks down very quickly and in concord with the acceleration of a projectile to avoid a creation of slacks near a compensator lever and thread conductors nearest to it. As it follows from the dynamic analysis it is practically impossible to carry out without an additional increase of a weft thread tension because of inertia and elastic properties of a weft yarn. From technical point of view it is difficult to fulfil because of it would demand of a very high precision of projecting of a compensator cam. This goal would entail an increase of dimensions of a compensator cam and a compensator roller and distances between the axes of a compensator cam and a compensator lever to avoid a big strain between a cam and roller or a big angle between a normal to contacting parts of cam and roller surfaces and direction of movement of roller axis. From other side it would be difficult to adjust a compensator and projectile picking mechanisms for concordant function.

Further we give a short review of a method of estimation of maximum thread tension force when a thread slack is hauled by a projectile in a case without of a compensator lever [3]. In next sections this method is generalized for weft thread tension estimation for filling insertion process on projectile weaving machines. Results of theoretical and experimental investigation of weft thread tension forces and optimisation of filling insertion process are presented below.

2. Maximum of thread tension force in a simple case of a thread slack hauling

The simplest problem of a thread tension determination in presence of a slack, which is hauled by a projectile, may be formulated as it follows. A thread of linear density μ is located between points with coordinates x_b and x_p and forms a slack between thread conductors with coordinates 0 and x_0 as it is shown on Fig. 3. A projectile moves with constant velocity V_p and pulls a thread by its end x_p with tension force F_p . A part of

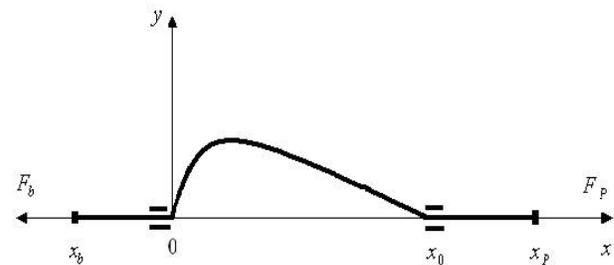


Fig. 3. Geometry of the simplest case of a slack hauling.

a thread between x_b and 0 is motionless at initial moment of time. A slack is hauled by a projectile and a thread between points 0 and x_0 becomes almost as a straight line. So a part of a thread between x_b and 0 begins sharply to move and therefore a significant maximum of a thread tension arises in a thread between points 0 and x_0 .

This problem was considered in [3]. In a case when thread extensibility is not important a maximum of a thread tension force in a part of a thread between points x_0 and x_p is

$$F_{pim} = 12 \mu V_p^2 \left[\frac{x_b}{x_0} \right]^2 \left[1 + 0.25 \frac{x_0}{|x_b|} \right] \quad (1)$$

A tension force F_p is essentially big during characteristic time interval

$$t_c = 0.06 \frac{x_0^2}{|x_b| V_p} \quad (2)$$

When a distance $|x_b|$ is becoming a big enough that a longitudinal wave of a thread extension is not able to reach point x_b and come back to point 0 during this characteristic time interval an extensibility of a thread is important. In this case a maximum of a thread tension force F_{pem} in a part of a thread between points x_0 and x_p is the solution F_{pem} with respect to F of the equation

$$F \varepsilon(F) = \mu V_p^2 \quad (3)$$

that is

$$F_{pem} \varepsilon(F_{pem}) = \mu V_p^2 \quad (3a)$$

where $\varepsilon(F)$ is relative extension of a thread when a tension force F is applied to it.

Relative extension of a thread $\varepsilon(F)$ can be measured for any thread as its tension diagram. Usually dependence of relative extension $\varepsilon(F)$ from tension force F is not linear and may be written approximately by the relation

$$\varepsilon(F) = \varepsilon_0 \left[\frac{F}{F_0} \right]^\delta \quad (4)$$

where ε_0 is relative extension of a thread when tension force F_0 is applied to it, δ is adjustment parameter.

As it was shown in [3] with the aim to determine a maximum value of a thread tension in a part of a thread between points x_0 and x_p in the simplest case represented on Fig. 3 anyone needs to evaluate maximum tension forces F_{pim} in accordance with Formula (1) and F_{pem} in accordance with Equation (3a) and choose the smallest value from F_{pim} and F_{pem} . If a value of F_{pim} appears smaller than a value of F_{pem} it means that a thread may be considered as inextensible or almost inextensible one. If a value of F_{pem} appears smaller than a value of F_{pim} it means that a thread is extensible one during the process (see Table 1).

3. Maximum of weft thread tension force during filling insertion process on projectile weaving machine

3.1. Theory

On Fig. 4 it is shown geometry corresponding to filling insertion process on a projectile weaving machine.

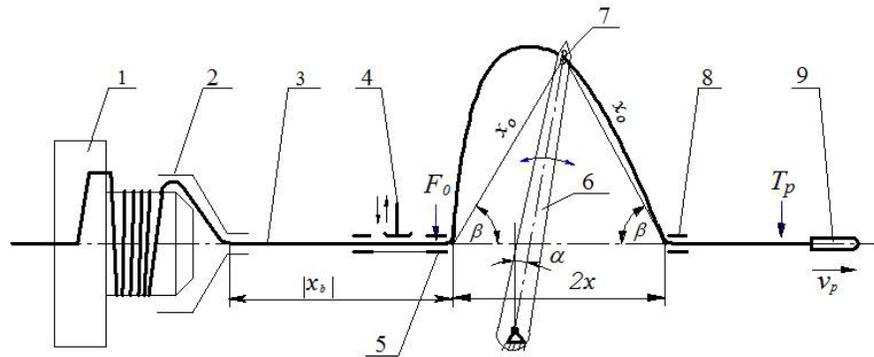


Fig. 4. Geometry of a weft thread slack hauling on a projectile weaving machine.

In previous simple consideration we neglected by friction forces because of rounding angles near thread conductors were small at final stage of a thread hauling. Now we need to take into account friction forces in thread conductors and the influence of a compensator lever movement.

After a slack hauling between thread conductors 5 and 7 (Fig. 4) is finished a remaining part of a weft thread between a weft thread accumulator and a thread conductor 5 begins sharply to move and reaches velocity value,

$$V_b = V_p + 2 \frac{dx_0(t)}{dt} \quad (5)$$

where V_p is a projectile velocity, $x_0(t)$ is decreasing distance between thread conductors 5 and 7 (or 7 and 8) owing to a compensator lever sinking down. Derivative $dx_0(t)/dt$ is negative and must be taken at the moment of time when a weft thread between points 5 and 7 is becoming a straight line.

Taking into account a rounding angle β near a thread conductor 5 and a friction force in this thread conductor with coefficient of friction k_f we can write the equation of motion for a part of a weft thread between a weft thread accumulator and a thread conductor 5

$$\mu |x_b| \dot{x}_b = Fe^{-k_f \beta} - F_b \quad (6)$$

where F is a weft thread tension force near a thread conductor 5 from a side of a slack arch, is a weft thread tension force created by a weft thread accumulator. The equation (6) holds now instead of Equation (10) of [3].

Making mathematical treatment almost analogously to [3] and having in mind Equation (6) we receive for a maximum of a weft thread

Table 1. Parameters for the approximation of relative extension $\varepsilon(F)$ by relation (4) for some threads.

Yarn type and density (tex)	ε_0	$F_0(N)$	δ	Tension force interval where relation 4 is valid with accuracy better than 5%,N
Cotton (100)	0.0203	0.34	0.0203	0.3 - 1.5
Cotton (200)	0.0282	0.42	0.0282	0.65 - 2.60
Cotton (330)	0.0367	0.44	0.0367	0.75 - 2.00
Wool (500)	0.0306	0.41	0.0306	2.0 - 10.0
Artificial fibre 1	0.00521	0.53	0.00521	8.0 - 30.0
Artificial fibre 2	0.0122	0.90	0.0122	4.0 - 10.0

tension force directly near a thread conductor 5 from a side of an accumulator the expression

$$F_{0im} = 12 \mu \left[V_p + 2 \frac{dx_0}{dt} \right]^2 \left[\frac{x_b}{x_0} \right]^2 e^{k_f \beta} \quad (7)$$

We neglected in it an influence of a weft accumulator tension force F_b as a small one if to compare with right side of the expression (7).

Taking into account that rounding angles in sum equal 4β when a weft thread passes through thread conductors 5, 7, 8 we can derive for a maximum of weft thread tension force in a weft thread part between a thread conductor 8 and a projectile the formula

$$F_{0im} = 12 \mu \left[V_p + 2 \frac{dx_0}{dt} \right]^2 \left[\frac{x_b}{x_0} \right]^2 e^{5k_f \beta} \times \left[1 + 0.25 \frac{x_0}{|x_b| e^{k_f \beta}} \right] \quad (8)$$

where values of $dx_0(t)/dt$ and β must be taken at the moment of time when a weft thread between points 5 and 7 is becoming a straight line.

The formulas (7) and (8) are valid in a case when a weft thread extensibility is not important.

A weft thread tension force F_p is essentially big during characteristic time interval

$$t_c = 0.06 \frac{x_0^2}{|x_b| \left[V_p + 2 \frac{dx_0}{dt} \right] e^{5k_f \beta}} \quad (9)$$

When a distance $|x_b|$ is becoming a big enough that a longitudinal wave of a weft thread extension is not able to reach point x_b and come back to point 0 during this characteristic time interval an extensibility of a thread is important analogously to a simple case of a slack hauling considered above. In this case maximum of a weft thread tension force F_{0em} directly near a thread conductor 5 from a side of a weft thread accumulator is the solution with respect to F of the equation

$$F \varepsilon(F) = \mu \left[V_p + 2 \frac{dx_0}{dt} \right]^2 \quad (10)$$

that is

$$F_{0em} \varepsilon(F_{0em}) = \mu \left[V_p + 2 \frac{dx_0}{dt} \right]^2 \quad (10a)$$

where $\varepsilon(F)$ is relative extension of a weft thread when a tension force F is applied to it.

To determine a maximum of a weft thread tension force in a part of a weft thread between nearest to projectile thread conductor 8 and a projectile we need to take into account rounding angles in sum equal 4β when a weft thread passes through thread conductors 5, 7, 8 in accordance with Fig. 4. Thus we receive for a maximum of a thread tension force in a weft thread part between a thread conductor 8 and a projectile the formula for case of extensible weft thread

$$F_{pem} = F_{0em} e^{5k_f \beta} \quad (11)$$

Analogously to simple case of a thread slack hauling considered above with the aim to determine a maximum value of a weft thread tension force in a part of a weft thread between a nearest to a projectile thread conductor 8 and a projectile in the case of projectile weaving machine with moving compensator lever represented on Fig. 4 anyone needs to evaluate maximum tension forces F_{pim} in accordance with formula (8) and F_{pem} in accordance with Equation (10a) and formula (11) and choose the smallest value from F_{pim} and F_{pem} . If a value of F_{pim} appears smaller than a value of F_{pem} it means that a weft thread may be considered as inextensible or almost inextensible one. If a value of F_{pem} appears smaller than a value of F_{pim} it means that a weft thread is extensible one during the process.

4. Graphic methods for determination of functions being involved into formulas

To determine the moment of time when a weft thread between points 5 and 7 is becoming a straight line during filling insertion process and appropriate values of functions in formulas (8), (11) or Equation (10a) at this moment it is advisable to plot graphs of a weft thread length released by a compensator lever $2[x_0(\varphi_u) - x_0(\varphi)]$, velocity of this length releasing

$$2 \frac{d}{d\varphi} [x_0(\varphi_u) - x_0(\varphi)] \frac{d\varphi}{dt} = -2 \frac{dx_0}{dt}$$

distance that a projectile passed from the beginning its starting

$$\int_{t(\varphi_u)}^{t(\varphi)} V_p(t') dt'$$

friction function for a weft thread tension increasing at the expense of rounding angles $e^{4k_f\beta(\varphi)}$, (Fig. 5), where φ is angle of the main shaft turning of projectile weaving machine, $\varphi - a$ value of this angle when a compensator lever is staying in upper position and a lever and projectile are still motionless, $d\varphi/dt$ is angular velocity of the main shaft rotation.

Function $2[x_0(\varphi_u) - x_0(\varphi)]$ can be determined for definite projectile weaving machine by turning of the main shaft by hand and measuring a weft thread releasing on condition that a brake system does not allow a weft thread to pass through a thread conductor 5, (Fig. 4). Function $2dx_0/dt$ can be obtained by differentiation of function $2[x_0(\varphi_u) - x_0(\varphi)]$ relative to angle φ and multiplication on $d\varphi/dt$ as it was written early. Distance

$$\int_{t(\varphi_u)}^{t(\varphi)} V_p(t') dt'$$

can be found by a high-speed filming of a projectile movement from the first moment of its starting. Friction function can be obtained by measuring of a tension force of a weft thread that has to be applied by its end to drag a weft thread through thread conductors 5, 7, 8 (Fig. 4), when to a weft thread end nearest to a weft thread accumulator a definite tension force is applied. A value of $e^{4k_f\beta(\varphi)}$ is just a ratio of drag tension force to definite force applied at fixed angle of the main shaft turning φ .

At the moment of time when a weft thread between points 5 and 7 is becoming a straight line after a slack hauling is finished, Fig. 4, distance that a projectile passed from the beginning its starting equals to weft thread length released by a compensator lever

$$\int_{t(\varphi_u)}^{t(\varphi)} V_p(t') dt' = 2[x_0(\varphi_u) - x_0(\varphi)] \quad (12)$$

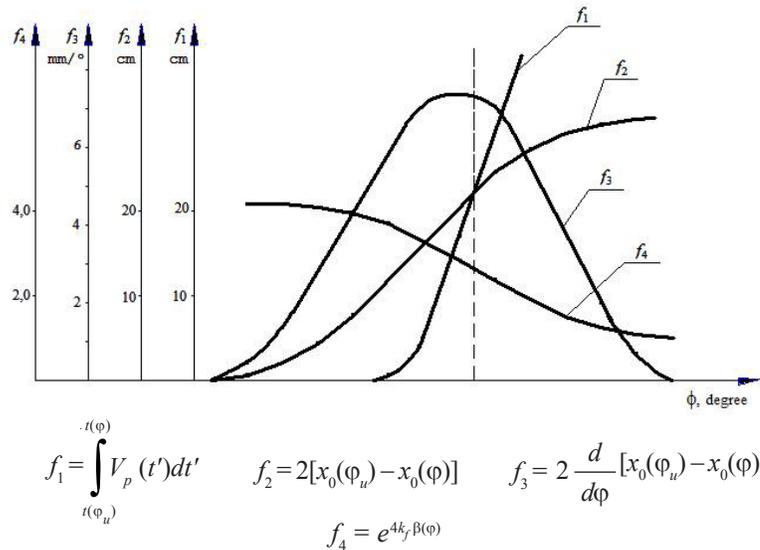


Fig. 5. Graphs of functions for maximum weft thread calculations.

So this moment corresponds to the point of intersection of graphs of functions $2[x_0(\varphi_u) - x_0(\varphi)]$ and $\int_{t(\varphi_u)}^{t(\varphi)} V_p(t') dt'$ on Fig. 5.

It determines the values of functions $2[x_0(\varphi_u) - x_0(\varphi_m)]$ and $x_0(\varphi_m)$ at the moment of time when the biggest maximum of weft thread tension force takes place and corresponding angle of the main shaft turning φ_m . Vertical line passing through the point of intersection shows on the values of other functions $2dx_0/dt$ and $e^{4k_f\beta(\varphi)}$ at this moment of time. The values of $e^{k_f\beta}$ or $e^{5k_f\beta}$ can be obtained as $[e^{4k_f\beta(\varphi)}]^{1/4}$ or $[e^{4k_f\beta(\varphi)}]^{5/4}$.

5. Comparison experimental and theoretical results

For the verification of derived equations and formulas the second maximums of a weft thread tension were measured during filling insertion process on projectile weaving machine STB2.216 at usual tuning of it with rotation velocity of the main shaft 220 revolutions per minute and velocity of projectile $V_p = 20$ m/s. Distance between thread conductors 5 and 8 equaled $2x = 0.14$ m, lever length $L = 0.195$ m. In accordance with the exploitation instructions angle between lever of compensator and vertical line, when a compensator lever was staying in upper position and lever and projectile were still motionless, $\alpha(\varphi_u) 9$ degrees. As it was mentioned above a first maximum of a thread tension corresponds to the beginning of a projectile starting and relatively is not big in

comparison with next ones. In accordance with the investigations [3], [4] the second maximums of a weft thread tension are the biggest ones.

Experiments were carried out with cotton weft threads of different linear densities 100, 210, and 330 tex. The measurements were fulfilled with two values of $|x_b|$, which equaled to 0.235 m and 0.302 m. Three changeable cams of compensator were used in the course of measurements. These cams had almost the same profiles corresponding to interval of angles of main shaft turning φ where compensator lever released a weft thread. The profiles were characterized by different beginning of lever sinking relatively to beginning of projectile starting. First cam ensured the beginning of lever sinking approximately on 35 degrees earlier the beginning of projectile starting, second one on 15 degrees, and third one on 3 degrees. That way the values of angle β (Fig. 4), and friction function values were different for that or other cam at the moment of time when a weft thread between points 5 and 7 was becoming a straight line after a slack hauling was finished.

The results of experiments and calculations of the biggest (second) maximums of weft thread tension forces and standard deviations for a part of weft threads between thread conductor 8 and projectile are presented in Table 2.

As it follows from the viewing of Table 2 the experimental and theoretical data are in good agreement. The biggest maximums of weft thread tension forces are increasing with increase of

distance $|x_b|$ between weft thread accumulator and nearest to brake system thread conductor of compensator and with increase of weft thread linear density. First cam of compensator that ensured the beginning of lever sinking approximately on 35 degrees earlier the beginning of projectile starting had appeared the best one in the sense, that the biggest maximums of weft thread tension forces were smaller for this cam than when other two cams were used.

6. Optimisation of filling insertion process

6.1. Theoretical analysis

From the results of analysis and calculations fulfilled with the aim to decrease the biggest maximum of a weft thread tension forces based on equations and formulas stated above it follows that exists optimum angle α_m corresponding to the moment when a slack hauling between thread conductors 5 and 7 (Fig. 4) is finished and a weft thread between these conductors is becoming a straight line during filling insertion process. Optimum angle α_m depends from geometrical parameters of a compensator such as its length L and distance $2x$ between thread conductors 5 and 8. Angle α_m depends also from a projectile velocity V_p , derivative $d\alpha/d\varphi$ and angular velocity of the main shaft rotation $d\varphi/dt$. Influences of friction coefficient k_f and adjustment parameter δ for approximation of relative extension of a thread $\varepsilon(F)$ by formula (4) are not so big if friction coefficient k_f lies in interval from 0.20 to 0.25 and adjustment parameter δ lies in interval from 0.34 to 0.90.

Table 2. Biggest maximums of weft thread tensions forces for weft threads of different linear density.

Number of cam	$ x_b $ (cm)	Maximum (cN)	μ (tex)		
			100	210	330
1	23.5	Experiment	147 ± 9	291 ± 16	328 ± 20
		Theory	194 ± 17	305 ± 27	374 ± 34
	30.2	Experiment	162 ± 9	310 ± 16	370 ± 20
		Theory	194 ± 17	305 ± 27	374 ± 34
2	23.5	Experiment	162 ± 15	304 ± 22	373 ± 30
		Theory	162 ± 14	329 ± 30	453 ± 41
	30.2	Experiment	182 ± 11	341 ± 25	401 ± 35
		Theory	232 ± 21	366 ± 33	453 ± 41
3	23.5	Experiment	231 ± 19	387 ± 33	-
		Theory	239 ± 22	451 ± 41	553 ± 50
	30.2	Experiment	317 ± 24	492 ± 46	529 ± 66
		Theory	285 ± 26	451 ± 41	553 ± 50

The biggest maximum of a weft thread tension force decreases with decreasing of distance $|x_b|$ between weft thread accumulator and nearest to a brake system thread conductor of a compensator. Influence of smaller distances $|x_b|$ becomes essential when

$$|x_b| \approx 1.5x_0(\varphi_m) \quad (13)$$

where $x_0(\varphi_m)$ is the distance x_0 between thread conductors 5 and 7 when a weft thread between these conductors is becoming a straight line and the biggest weft thread maximum takes place, φ_m is corresponding angle of the main shaft turning.

For the projectile weaving machine STB2.216 with rotation velocity of the main shaft 220 revolutions per minute and velocity of projectile $V_p = 20$ m/s, distance between thread conductors 5 and 8

equalled $2x = 0.14$ m and former lever length $L_f = 0.195$ m it was founded that new lever length $L_n = 0.207$ m could be established after small reconstruction of compensator mechanism. In this case for the cams with the typical value of derivative $d\alpha/d\varphi = 1.35$ and cotton weft threads tested optimum angle α_m equalled 65 degrees. To suit this optimum angle α_m new angle $\alpha_n(\varphi_u) = 26$ degrees was established between lever of compensator and vertical line, when compensator lever was staying in upper position and a lever and projectile were still motionless, instead former value $\alpha_f(\varphi_u) = 9$ degrees.

The brake system was reconstructed with the aim to short it size along weft thread passing through it. It allowed to obtain the smallest distance $|x_b| = 0.06$ m between weft thread accumulator and thread conductor 5 of compensator nearest to brake system.

The calculations with new values of $L_n = 0.207$ m, $\alpha_n(\varphi_u) = 26$ degrees and $|x_b|$ values were laying in interval from 0.06 m to 0.302 m were fulfilled for first cam that ensured the beginning of lever sinking approximately on 35 degrees earlier the beginning of projectile starting. It was predicted an essential decrease of biggest maximums of weft thread tension forces from 1.7 to 2.0 times.

7. Comparison of results on weft thread tension measuring at usual tuning of projectile weaving machine and after optimisation of filling insertion process

Experiments were carried out with cotton weft threads of linear densities 210 and 330 tex during filling insertion process on projectile weaving machine STB2.216 with rotation velocity of the main shaft 220 revolutions per minute and velocity of projectile $V_p = 20$ m/s. Distance between thread conductors 5 and 8 equalled $2x = 0.14$ m. First cam of compensator was installed that ensured the beginning of a lever sinking approximately on 35 degrees earlier of the beginning of a projectile starting. Tension forces of weft threads were measured with lever length $L_f = 0.195$ m and angle $\alpha_f(\varphi_u) = 9$ degrees established between lever of compensator and vertical line, when compensator lever was staying in upper position and lever and projectile were still motionless, with two values of distance $|x_b|$ equalled 0.302 m and 0.235 m. Measurements of weft thread tension forces were fulfilled also after the reconstructions of compensator mechanism and brake system with lever length $L_n = 0.207$ m and angle $\alpha_n(\varphi_u) = 26$ degrees established with three values of distance $|x_b|$ equalled 0.302 m,

0.235 m and 0.060 m. Three types of maximums of weft thread tension forces were measured: first maximums F_{pm1} that arose after beginning of projectile starting, second maximums F_{pm2} after first slack hauling between thread conductors 5 and 7 (Fig. 4) was finished, third maximums F_{pm3} after second (repeated) slack hauling between thread conductors 5 and 7 was finished. Mean values of weft thread tension forces F_{pmean} were measured during the time interval from the beginning of projectile starting and just till brake system was put in action at the end of projectile flight. All weft thread tension force measurements were fulfilled on weft thread part nearest to thread conductor 8 from the side of projectile. The results of measuring are presented in Tables 3 and 4.

It follows from the viewing of Tables 3 and 4 that there was appreciable reduce of maximums of weft thread tension forces F_{pm1} , F_{pm2} , F_{pm3} and mean values of weft thread tension forces F_{pmean} measured during the time interval from the beginning of projectile starting and just till brake system was put in action at the end of projectile flight after the reconstructions of compensator mechanism and brake system with new lever length $L_n = 0.207$ m and angle $\alpha_n(\varphi_u) = 26$ degrees established. In that way the theory that was presented above allowed to

Table 3. Results of weft thread force measurements for cotton weft thread of linear density 210 tex.

Conditions	$ x_0 $ (cm)	F_{pm1}	F_{pm2}	F_{pm3}	F_{pmean}	
$L_f = 0.195$ m	30.2	241	310	242	102	
	$\alpha_f(\varphi_u) = 90^\circ$	23.5	222	291	218	97
		30.2	152	174	201	71
$L_n = 0.207$ m	23.5	125	115	140	52	
	$\alpha_n(\varphi_u) = 260^\circ$	6.0	113	136	138	56

Table 4. Results of weft thread force measurements for cotton weft thread of linear density 330 tex.

Conditions	$ x_0 $ (cm)	F_{pm1}	F_{pm2}	F_{pm3}	F_{pmean}	
$L_f = 0.195$ m	30.2	268	370	360	140	
	$\alpha_f(\varphi_u) = 90^\circ$	23.5	230	328	346	151
		30.2	135	206	219	81
$L_n = 0.207$ m	23.5	189	185	220	78	
	$\alpha_n(\varphi_u) = 260^\circ$	6.0	115	170	191	73

find optimum parameters of compensator mechanism with the aim to decrease the biggest weft thread tension force maximums. Fortunately it appeared that these optimum parameters entailed also the decrease of other maximums of weft thread tension forces and mean thread tension forces.

8. Conclusions

Weft thread tension during filling insertion process on projectile weaving machines was investigated theoretically and experimentally with the aim to decrease weft thread tension and in that way to favour reliability of the process. It was shown that weft thread moves by jerks owing to slack formation and subsequent hauling by a projectile. When a weft thread between thread conductors is becoming a straight line after a slack hauling is finished a maximum of weft thread tension force is observed. Equations and formulas for determination the biggest maximum of a weft thread tension force were developed. Obtained theoretical and experimental data are in good agreement. The search of optimal parameters for filling insertion process based on stated equations and formulas and suitable reconstruction

of compensator mechanism and brake system ensured essential decrease of maximum values and mean value of weft thread tension forces for weft thread being investigated.

References

- [1] A. Ormerod and W. Sondhelm, *Weaving: Technology and Operations*, Manchester, England: Textile Institute, 1995.
- [2] S. Adanur, *Handbook of Weaving*, Alabama, USA: CRC Press, 2001.
- [3] L. Oleinikova and V. Oleinikov, "Motion of thread with a jerk: Theory and experiment," *The Journal of the Textile Institute*, vol. 96, no. 6, 381-388, 2005.
- [4] J. Lünenschloß and S. Schlichter, "Die Fadenbelastung in Kette und Schuß in Abhängigkeit von der Schußeintragsfrequenz und anderen Webmaschinenparametern," *Melliand Textilberichte*, vol. 61, no. 2, pp. 93-98, 1987.
- [5] A. D. Bogza and V. A. Ornatskaya, *Investigation of Reliability of Process of Lining of Weft String on Weaver's Machine Tools*, Moscow: Legkaya Industriya, 1978.

Sistema de Información Científica

Redalyc:

Red de Revistas Científicas de América Latina
y el Caribe, España y Portugal

www.redalyc.org

**INSTITUTO
POLITÉCNICO**

NACIONAL

80

ANIVERSARIO

1936-2016

Simulación numérica del índice de lesión encefálica provocado por un accidente vehicular en diferentes escenarios de colisión

Omar **Cortés-Vásquez**
Iván Lenin **Cruz-Jaramillo**
Christopher René **Torres-San Miguel**
Gustavo Adrián **Reyes-Jiménez**
Víctor Fernando **Verduzco-Cedeño**
Rafael **Rodríguez-Martínez**
Beatriz **Romero-Ángeles**
Guillermo **Urriolagoitia-Sosa**

Instituto Politécnico Nacional
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica,
Sección de Estudios de Posgrado e Investigación.
Unidad Profesional Adolfo López Mateos
Col. Lindavista, CP 07340, Ciudad de México.
MÉXICO.

correos electrónicos (emails): omar-poli@hotmail.com
breaking_182@hotmail.com
ctorress@ipn.mx
adreji0713@yahoo.com.mx
verduzcomx@yahoo.com.mx
rafarm68@hotmail.com
romerobeatriz97@hotmail.com
guiurri@hotmail.com

Recibido 04-11-2015, aceptado 31-05-2016.

Resumen

Este trabajo se centra en el estudio de los efectos resultantes tras un accidente automovilístico y específicamente en el Criterio de Lesión Encefálica (HIC, por sus siglas en inglés). Utilizando dos modelos numéricos diferentes de maniquí y representados en condiciones diferentes de acuerdo a las características propias para cada evento. Para el primer caso, se tiene un infante de 6 años bajo el efecto de una colisión vehicular frontal empleando un asiento

porta infante en dirección del sentido de la marcha del vehículo. Para tal efecto, se incluyó un cinturón de seguridad del automóvil y el pretensor de 5 puntos que incluye la silla porta infante para visualizar los efectos de la silla perfectamente instalada y cuando no está adecuadamente anclada al vehículo. Para el segundo escenario, se busca evaluar la agresividad de los frontales de los vehículos de acuerdo a su geometría y composición. Donde la obtención de parámetros biomecánicos, como: fuerza, velocidad y aceleración son fundamentales para determinar el daño producido en el peatón. Los análisis numéricos presentados en este trabajo se desarrollaron bajo las directivas establecidas por la *Canadian Motor Vehicle Safety Standard 208* y la *United States Federal Motors Vehicle Safety Standard*. Con valores de HIC obtenidos, es posible establecer las bases y teorías capaces de predecir los daños que sufrirá cada uno de los casos estudiados.

Palabras clave: seguridad pasiva, índice de lesión, maniquí, impacto frontal, atropello.

Abstract (Numerical Simulation of the Encephalic Injury Index Caused by a Vehicular Accident in Different Collision Scenarios)

This work focuses on the study of the effects resulting after a car accident and specifically, Brain Injury Criterion (HIC, for its acronym in English). Using two different numerical models dummy and represented in different conditions according to the specific characteristics for each event. In the first case, you have an infant of 6 years under the effect of a frontal vehicle collision using an infant carrier seat toward the direction of travel of the vehicle. To this end, a safety belt pretensioner car and 5 points including infant carrier seat to see the effects of the chair and perfectly installed when not properly anchored to the vehicle was included. For the second scene, it seeks to assess the aggressiveness of the front of the vehicle according to its geometry and composition. Where obtaining biomechanical parameters such as: force, speed and acceleration are essential to determine the damage to the pedestrian. The numerical analyzes presented in this paper were developed under the guidelines established by the Canadian Motor Vehicle Safety Standard 208 and the United States Federal Motors Vehicle Safety Standard. With HIC values obtained, it is possible to establish the foundations and theories able to predict who will suffer damage each of the cases studied.

Index terms: passive safety, Injury index, dummy, frontal impact, outrage.

1. Introducción

Los accidentes de tránsito son sucesos donde se provocan daños tanto a los automóviles como a los ocupantes, esto conlleva a pérdidas monetarias y lesiones en las personas involucradas e incluso la muerte de las mismas [1]. Las lesiones de tránsito más comunes son traumatismos encefálicos craneanos, lesiones del aparato locomotor (que generalmente son en la pelvis y en la columna), lesiones maxilofaciales, fractura de costillas, contusiones abdominales, heridas, desgarros e incluso quemaduras [2].

Con base en el informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2013, las lesiones causadas por accidentes viales son la octava causa de muerte a nivel mundial y la primera entre los jóvenes de 15 a 29 años [3]. Las tendencias actuales indican que para el 2030 se convertirá en la quinta causa de muerte. En México, el panorama de los accidentes viales no es alentador. En países como Holanda, Alemania y Suecia redujeron en 35 años, que comprende de 1970 al 2006, sus tasas de mortalidad en alrededor del 80%. Tomando en cuenta que los viajes vehículo/ kilómetro han aumentado 2.7 veces en promedio. Sin embargo, en México se incrementó la tasa de mortalidad en el mismo periodo en un 94% [4].

Además, más de 260 000 niños mueren anualmente a nivel mundial a consecuencia de colisiones de tránsito y se calcula que hasta 10 millones más sufren traumatismos no mortales. Los traumatismos causados por accidentes de tránsito son la segunda causa de mortandad en niños de 5 a 14 años. El 22.3% de todos los niños fallecidos en el 2004 de 0 a 14 años fue por accidentes de tránsito, de los cuales los de mayor tasa de mortandad fueron niños de 5 a 9 años [5]. En México a partir del 2000 al 2010 han fallecido 17 700 niños menores de 15 años por accidentes de tránsito. En el 2011, los accidentes de tránsito ocurridos en la Ciudad de México se volvieron la tercera causa de mortandad en niños de 5 a 9 años y en la cuarta de 10 a 14 años. En las colisiones frontales, generalmente se sufren graves lesiones en la pelvis, hombro, tórax, cuello y cabeza. Asimismo el cuello normalmente experimenta una carga inercial en la cabeza [6]. Durante la fase inicial de estas situaciones, la carga es en el cuello y la cabeza normalmente se somete a un desplazamiento en traslación horizontal con respecto al torso. Induciendo movimiento de prolongación del cuello en colisiones frontales [7]. Además, el cuello está expuesto a cargas mecánicas significativas cuando el extremo de la gama natural de prolongación y flexión del cuello se alcanza, originando la elongación e incluso desgarró en los diferentes ligamentos y en un punto extremo de la luxación anterior de las articulares; las articulares inferiores de la vértebra suprayacente se enganchan en el pico anterosuperior

de las articulares de la vértebra subyacente; este tipo de luxación con "enganche" de las articulares es muy difícil de reducir y pone en peligro al bulbo y la médula, con riesgo de muerte súbita, de cuadriplejía o paraplejía [8].

Existe una larga lista de diferentes tipos de accidentes pero el 70% está relacionado a colisiones entre vehículos, el 11.5% es debido a colisiones con objetos fijos como postes, baquetas, camellones, semáforos, etc. Los usuarios vulnerables como los motociclistas, ciclistas y peatones ocupan el 10%. Este último sector es el más afectado y particularmente los peatones poseen la mayor tasa de mortalidad, donde por cada 100 000 habitantes mueren 4.21 peatones, 0.26 ciclistas y 0.45 motociclistas. En la distribución de los vehículos involucrados en un accidente de tránsito en el que también estuvo involucrado un peatón se observa que con un 62%, los automóviles provocan más accidentes mientras que con solo el 4% los camiones urbanos de pasaje tienen menor contacto con los peatones. El número de defunciones de usuarios vulnerables puede variar respecto al sexo y la edad. En el 2011, el 78% de los peatones eran del sexo masculino, mientras que la edad oscila de entre los 15 a 70 años [9].

Las lesiones ocasionadas a consecuencia de un impacto de vehículo a peatones así como a infantes en el habitáculo han sido exhaustivamente investigadas, donde se han empleado diferentes formas de sustituir a las víctimas, por medio de cadáveres, animales, maniquíes, simulaciones virtuales e impactadores [10]. Para este caso de estudio, se aplica un sistema de modelo numérico por medio de algoritmos de elemento finito, donde es posible representar al peatón por medio de un modelo Hybrid III en posición vertical. Además de utilizar dos modelos de vehículos tipo sedán con distintos materiales y geometrías de capó. Asimismo, se emplea un maniquí virtual para método de elementos finitos Hybrid III de 6 años y un sistema de retención infantil marca Nania, modelo Trio SP Comfort, perteneciente al grupo 0, 1 y 2 (ajustable de 0-6 años o de 0-25 kg). El cual cuenta con un arnés de 5 puntos con ajuste central. A continuación, se revisa la metodología general para la obtención numérica de daño encefálico de un peatón adulto y un infante dentro del habitáculo bajo condiciones establecidas por las diferentes normativas actuales.

2. Metodología

Para el primer caso donde el infante sufre un impacto frontal al interior del vehículo. El análisis se lleva a cabo empleando el cinturón de 3 puntos, que sujete a la silla al vehículo como se indica en el manual de la propia silla para un infante de 6 años de edad. Mediante el pretensor de 5 puntos que incluye la silla. El mismo caso de estudio se lleva a cabo pero en esta ocasión sin anclar la silla adecuadamente, para ello el infante

será montado en la silla, pero la silla no se encontrará adecuadamente instalada sobre el asiento del vehículo.

Lo anterior para evaluar las lesiones que sufrirá el infante al utilizar cada uno de estos sistemas de retención infantil y cuando estos no son montados de manera adecuada (véase Fig. 1).

Para el segundo caso de estudio, se hace una reconstrucción del accidente elaborando una teoría que explique secuencialmente el desarrollo espacio-temporal con las mismas herramientas numéricas. Utilizando dos escenarios. Primero donde el maniquí se encuentra al frente del vehículo modelado únicamente con la superficie necesaria para el atropello en posición frontal y el segundo escenario donde el maniquí se encuentra de frente un vehículo completamente modelado (véase Fig. 2).

3. Desarrollo

3.1. Fase preparatoria

La reconstrucción del accidente implica una investigación para determinar las causas del accidente y entender cómo se suscitó, logrando así tomar medidas de seguridad para reducir la probabilidad de accidentes semejantes en el futuro. Se agrupa en dos procesos sucesivos y complementarios que son:

- Proceso material.
- Proceso intelectual.

El proceso material está compuesto por tareas de campo que involucra inspección ocular, fotografías, mediciones, análisis

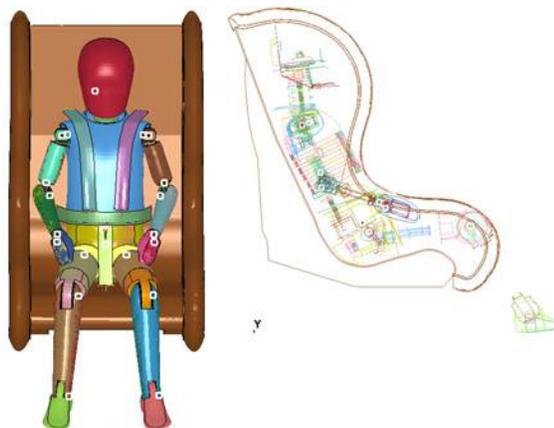


Fig. 1. Maniquí con cinturón de seguridad de 5 puntos.

de laboratorio, entre otros. El proceso intelectual de la investigación implica la elaboración de hipótesis iniciales, partiendo de los datos de campo recopilados, continuando con la reconstrucción analítica y secuencial del siniestro y se termina comprobando la validez de la hipótesis con un programa de simulación [11].

La reconstrucción de los hechos es una fase técnica dirigida por el proceso intelectual que consiste en la elaboración de una teoría que explique secuencialmente el desarrollo espacio-temporal del suceso, para el vehículo y el individuo implicado, de acuerdo con las leyes de la física mediante modelos matemáticos. La reconstrucción cinemática de un siniestro vial se resume con los siguientes puntos:

- Fase preparatoria.
- Establecer la secuencia del siniestro.
- Planteamiento del problema cinemático.
- Definir escenarios individuales.
- Análisis de coherencia global de la reconstrucción.

La reconstrucción de los accidentes suele implicar la aplicación de la física para determinar la dinámica del vehículo que existe antes, durante y después del accidente. Previamente a la colisión, el vehículo posee una energía cinética descrita en la ecuación (1) [12].

$$E_c = \frac{1}{2} mv^2 \quad (1)$$

Donde E_c es la energía cinética, m es la masa y v es la velocidad. Una vez que el vehículo colisiona, necesita disipar la energía cinética que poseía para poder detenerse por completo. Dicha energía es absorbida por la carrocería, los ocupantes y el objeto contra el que se impacta. En caso que el vehículo colisione contra una barrera indeformable, dicha barrera no absorberá nada de energía por lo cual únicamente se disipará en el vehículo y los ocupantes. La energía disipada por el automóvil está cuantificada mediante la ecuación (2) [13].

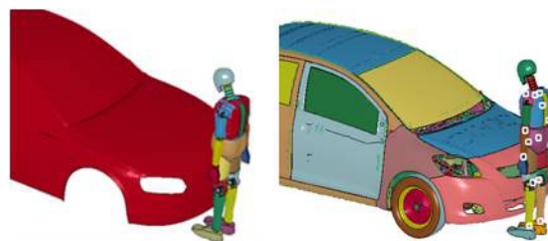


Fig. 2. Escenarios de atropello con maniquí en posición de frente al vehículo.

$$E_d = Fd \quad (2)$$

En una forma idealizada para la reconstrucción analítica del caso de atropello, se suele utilizar las ecuaciones del movimiento de una partícula que tras describir un tiro parabólico, se desliza sobre una superficie hasta llegar a su posición final. La expresión matemática que se aplica para calcular el valor de la velocidad de salida del peatón después del impacto es la siguiente [14]:

$$v_0 = \frac{\sqrt{2\mu g d}}{\cos \theta + \mu \sin \theta} \quad (3)$$

Donde v_0 es la velocidad de salida, θ es el ángulo de salida del centro de gravedad del peatón, g es la gravedad (9.8 m/s^2), d es la distancia de proyección en deslizamiento y μ es el coeficiente de rozamiento.

En la mayoría de los casos el ángulo de salida θ es desconocido, y aunque puede servir para establecer un rango de valores de la velocidad de salida, el resultado obtenido dista de ser práctico. Por este motivo derivando la fórmula con respecto al ángulo de salida, se obtienen dos expresiones que ofrecen el valor máximo y mínimo de la velocidad de salida del peatón [15]:

$$v_{\min} = \sqrt{\frac{2\mu g d}{1 + \mu^2}} \quad (4)$$

$$v_{\max} = \sqrt{2\mu g d} \quad (5)$$

Finalmente se tiene:

$$v = \frac{\sqrt{2\mu g(d + \mu h)}}{\cos \theta + \mu \sin \theta} \quad (6)$$

$$v_{\min} = \sqrt{\frac{2\mu g(d + \mu h)}{1 + \mu^2}} \quad (7)$$

3.2. Medición de lesiones

Los traumatismos craneales son las lesiones con mayor probabilidad de fatalidad tras un impacto en el peatón. Los mecanismos de lesiones en la cabeza son complejos y siempre son el foco constante de investigaciones. Tanto la aceleración lineal como angular se debaten para ser el principal determinante de la lesión en el cerebro. Otros factores que intervienen son el tipo de impacto (sea lateral o frontal), la duración

de la fase aceleración/desaceleración y el movimiento del cerebro con relación al cráneo.

La curva de tolerancia *Way State University* fue determinada a partir de pruebas en cadáveres, donde se describe el umbral de lesiones con respecto a la duración de un impulso de aceleración lineal, basado en la probabilidad de fractura de cráneo después de un impacto. Los puntos por encima de la curva indican una alta probabilidad de daño cerebral o muerte. La búsqueda de un criterio común para la evaluación de lesiones en la cabeza durante las pruebas de impacto, ayudo en el desarrollo de GSI (*Gadd Severity Index*). Una integración de la curva de tolerancia, con el componente de la aceleración elevado a 2.5, se obtendrá un valor que representa la pendiente de la curva de tolerancia presentado de forma logarítmica con un tiempo de entre 2.5 y 50 milisegundos. Por lo tanto la expresión de GSI es [16]:

$$GSI = \int_{t_1}^{t_2} a^{2.5} dt \quad (8)$$

Donde a es la aceleración lineal y t_1, t_2 es el intervalo de tiempo del impacto. Esto permitió la aparición de *Head Injury Criterion* (HIC). Este criterio se centra en la integración del intervalo de tiempo en la parte más perjudicial del impulso. Definiendo t_1 y t_2 como el momento en que iguales niveles de aceleración se producen en ambos lados en un instante de máxima aceleración. La aceleración lineal resultante en el centro de gravedad de la cabeza es medida en múltiplos de la aceleración de la gravedad. La expresión de HIC es la siguiente [17]:

$$HIC = (t_2 - t_1) \left[\frac{1}{(t_2 - t_1)} \int_{t_1}^{t_2} a dt \right]^{2.5} \quad (9)$$

t_1 y t_2 se seleccionan a fin de proporcionar un valor máximo de HIC para un intervalo de tiempo dado.

Para el contacto con superficies duras se utiliza comúnmente un intervalo de 15 milisegundos. El HIC no tiene en cuenta algunos factores, como la aceleración rotacional de la cabeza, o cualquier efecto en la localización del impacto sobre la cabeza. Aun así es común su uso a nivel mundial. El máximo valor que puede alcanzar este indicador es 1000, cuando el HIC supera este valor se considera que ha alcanzado el umbral a partir del cual se esperan lesiones en la persona (véase Fig. 3) [18].

Actualmente se tiene una correlación entre el HIC (*Head Injury Criterion*) y AIS (*Abbreviated Injury Scale*). Basado en pruebas realizadas por ETH zürich, a partir de pruebas experimen-

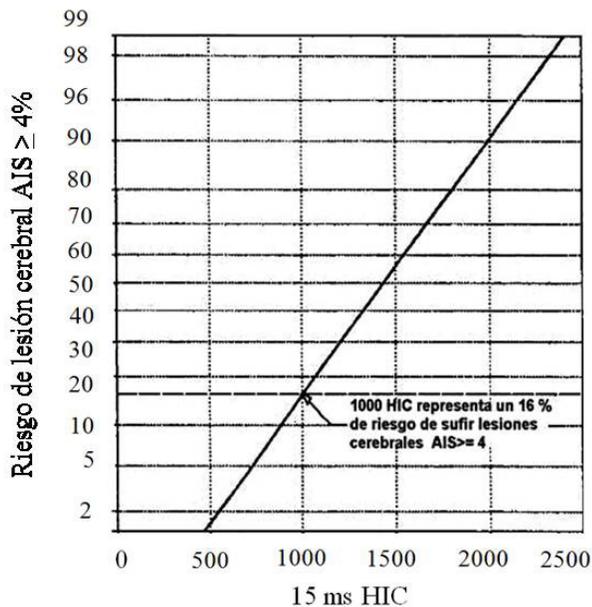


Fig. 3. Relación entre el riesgo de lesión cerebral y el índice HIC.

tales hechas con cadáveres. Estos experimentos dieron como resultado la gráfica que se muestra en la Fig. 4 y que se usará más adelante para determinar el daño sobre el peatón y el infante. Es importante mencionar que esta gráfica que fue desarrollado únicamente en impacto frontal [19].

3.3. Modelado en CAD de silla y perfil del vehículo sedán

Se realizó el modelado CAD del asiento porta infante mediante SolidWorks 2014 versión estudiantil. El modelado se reali-

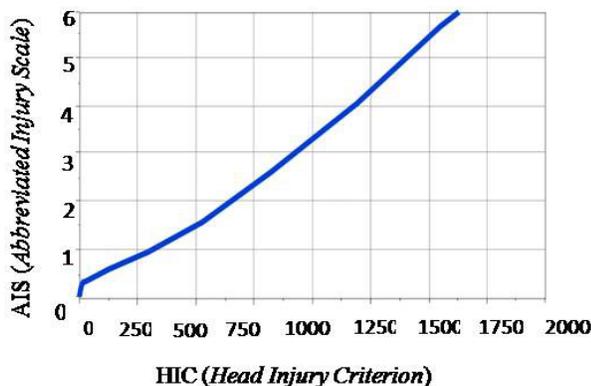


Fig. 4. Relación entre el AIS con HIC.



Fig. 5. Vistas de la silla porta infante.

zó únicamente de la silla sin contemplar en el diseño el arnés de 5 puntos. Para realizar el diseño de la silla se procedió a tomar fotografías de 3 vistas: frontal, lateral y aérea (véase Fig. 5). De igual manera, a partir del plano del vehículo Audi A6 modelo 2005 donde se especifican las medidas necesarias, se modeló en el programa de diseño por computadora (véase Fig. 6).

Finalmente los modelos creados en CAD son discretizados en el programa HyperMesh para cada pieza diseñada con un tamaño de malla de 8 mm y elementos 3D tetraedros, con lo que se obtuvo el mayor número de nodos y elementos posibles, siendo su principal objetivo minimizar la distorsión de la malla del maniquí, con la finalidad de obtener valores más precisos para su uso en el programa basado en elementos finitos.

Uno de los modelos de automóvil utilizado fue desarrollado por *National Crash Analysis Center* (NCAC) y pertenece al modelo Yaris del segmento B producido por el fabricante japonés Toyota. Este modelo se comenzó a producir en el año 1999, existiendo 3 generaciones a través de los años. El modelo Yaris es uno de los vehículos más representativos en el parque vehicular de la Ciu-

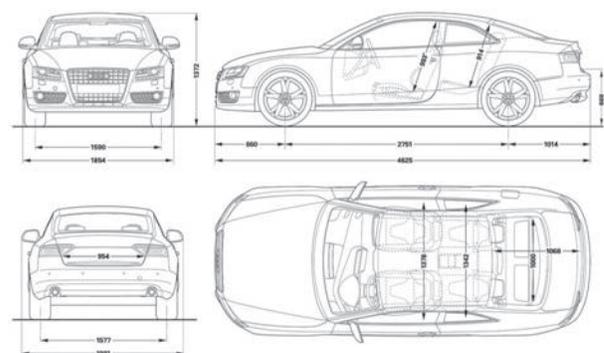


Fig. 6. Vistas y dimensiones del vehículo.

dad de México. El desarrollo de este modelo se llevó a cabo por el proceso de ingeniería inversa en la NCAC en el año 2012. Los modelos se han mantenido actualizados y se encuentra de manera libre desde su página oficial (véase Fig. 7) [20].

El maniquí Hybrid III percentil 50 masculino, es el maniquí para pruebas de impacto más utilizado a nivel global para la evaluación de los sistemas de seguridad en el automóvil y medir las fuerzas, momentos y aceleraciones que pueda interpretarse, en la medida de lesiones humanas que se experimentarían en condiciones de impacto (véase Figura 3a). En términos técnicos se llaman "dispositivos de prueba antropomórficos". El modelo del maniquí en elementos finitos fue desarrollado por *Livermore Software Technology Corporation* (LSTC) en el año 2010 (véase Fig. 8a). El tamaño y peso del maniquí percentil 50 representa el promedio de la población adulta del sexo masculino en el continente americano. Para el infante, el maniquí fue desarrollado conjuntamente por *Livermore Software Technology Corporation* y el *National Crash Analysis Center* en el código de elementos finitos LS-DYNA (véase Fig. 8b), el cual está basado en el Hybrid III 6C (Versión Beta). Este modelo se ha validado para las pruebas de certificación que se describen en el Código de Regulaciones Federales, Título 49, Parte 572.

4. Escenarios de colisión

En total se llevaran a cabo cuatro análisis. Para el primer caso de estudio donde el infante sufre una colisión frontal contra un cuerpo rígido. Se tiene que *a)* está anclado correctamente al vehículo y *b)* no se encuentra correctamente anclado al vehículo. El segundo caso de estudio se enfoca en el efecto del atropello contra un peatón. Donde existe un choque frontal del vehículo con peatón en posición lateral y un choque frontal del vehículo con peatón en posición de frente.

5. Condiciones de frontera

Para el primer caso donde el infante sufre un impacto contra un cuerpo rígido. La velocidad inicial para todas las partes es

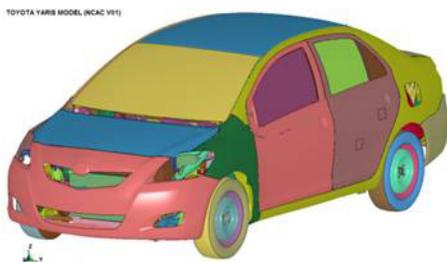


Fig. 7. Modelo Yaris desarrollados por NCAC.

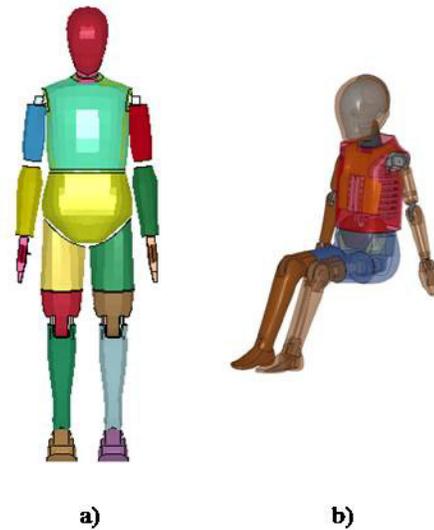


Fig. 8. Dispositivos antropomórficos: a) Maniquí Hybrid III percentil 50, b) Maniquí Hybrid III 6C.

13.34 m/s, la curvatura de desaceleración frenara los asientos del vehículo (véase Fig. 9).

Para el caso de atropello, la velocidad que se aplicarán a los vehículos será con base en la normativa establecida por la *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA) y la *European New Car Assessment Programme* (EuroNCAP), donde establecen que la velocidad a partir de la cual el umbral de daño puede ser considerablemente peligroso comienza desde los 40 km/hr = 11.11 mm/ms y una velocidad rotacional de $w_y = 0.0366$ rad/ms.

La gravedad impuesta se establece en dirección vertical con un sentido perpendicular, aplicado a todas las partes del sistema,

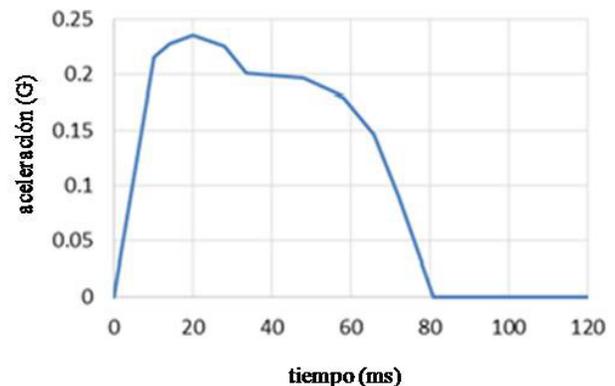


Fig. 9. Función de desaceleración para 48 km/hr.

siendo para los análisis realizados el eje y. El valor de la gravedad se introduce como una desaceleración en función del tiempo, en este caso toma el valor constante de 0.00981 mm/ms^2 .

6. Resultados

En el primer caso de estudio, la simulación numérica se llevó a cabo en un intervalo de 120 ms. El resultado se muestra con la secuencia del análisis en vista lateral desde el instante $t = 0$ hasta $t = 120 \text{ ms}$ (véase Fig. 10).

Los índices de lesión HIC_{15} de los dos primeros análisis se pueden observar en la Fig. 11. En el análisis 1, se obtuvo un $\text{HIC}_{15} = 547.7$ en un intervalo de tiempo $t_1 = 56.35$, $t_2 = 71.34$. En el análisis 2, debido a que el infante sale disparado montado en la silla e impacta contra el asiento del copiloto, se tienen

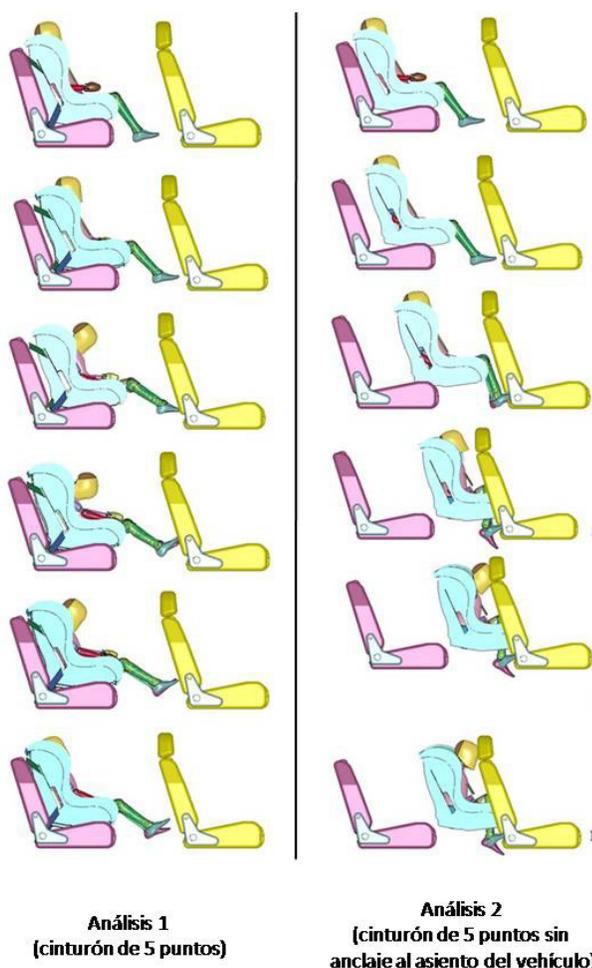


Fig. 10. Análisis con silla montada adecuada e inadecuadamente con pretensor de 3 y 5 puntos.

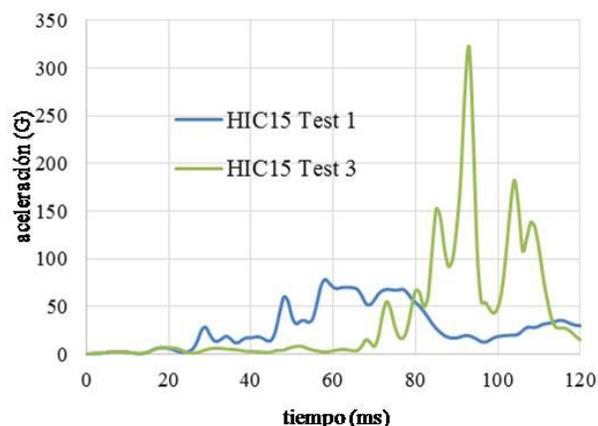


Fig. 11. Índices de lesión en cabeza en infante.

valores elevados con un $\text{HIC}_{15} = 4421$ en el tiempo que se da el impacto severo contra el asiento de copiloto ($t_1 = 91.62$, $t_2 = 94.02$).

Para el caso de atropello, la simulación numérica se llevó a cabo en un intervalo de 150 ms. El resultado se muestra en la secuencia del análisis con vista lateral desde el instante $t = 0$ hasta $t = 120 \text{ ms}$ (véase Fig. 12).

Los índices de lesión HIC de los últimos análisis se pueden observar en la Fig. 13. Para el análisis 3, se obtuvo un $\text{HIC} = 3662$. Para el análisis 4, el HIC obtenido es de 1708.

7. Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis del infante, es recomendable emplear la silla de retención infantil con el cinturón de 5 puntos para infantes de 6 años de edad, ya que genera una mejor disipación de la energía transmitida por el impacto del automóvil, generando menores índices de lesión. Al emplear la silla porta infantes con el cinturón de 3 puntos que incluye el vehículo, como se recomienda por el fabricante de la silla, ocasiona un mayor latigazo cervical, propiciando un mayor HIC, el cual se encuentran por encima del umbral de lesión.

Si no se empleara cinturón de seguridad para el infante de 6 años o se olvidara sujetar el sistema de retención infantil, el infante moriría ya que el HIC supera las gravedades que tolera el cuerpo, ocasionando fracturas e inclusión en órganos internos y desgarros musculares.

Si el cinturón de seguridad del vehículo se llegara a desabrochar por descuido del usuario o por falla mecánica, el cintu-

rón quedaría atorado en la silla y permitía retener a la silla y al infante, sin embargo, esto ocasionara que el infante sufra mayores lesiones que si la silla es anclada correctamente.

Pasando al segundo caso de estudio. Los resultados obtenidos sobre el atropello, serán considerados como estadísticos debido a la incertidumbre de diferentes variables que resultan ser muy difíciles de representar (orientación, respuesta muscular, velocidad del peatón).

El vehículo que menor daño representa es el análisis 4 (modelo Yaris del año 2010) y se puede determinar que se debe a dos aspectos fundamentales, el material y su perfil frontal o distancia de envolvimiento (WAD). El material usado en el parachoques corresponde a un compuesto llamado polipropileno que a pesar de ser un termoplástico parcialmente cristalino, ofrece una elevada amortiguación a vibraciones, buena rigidez y dureza, pero un material de baja densidad que produce

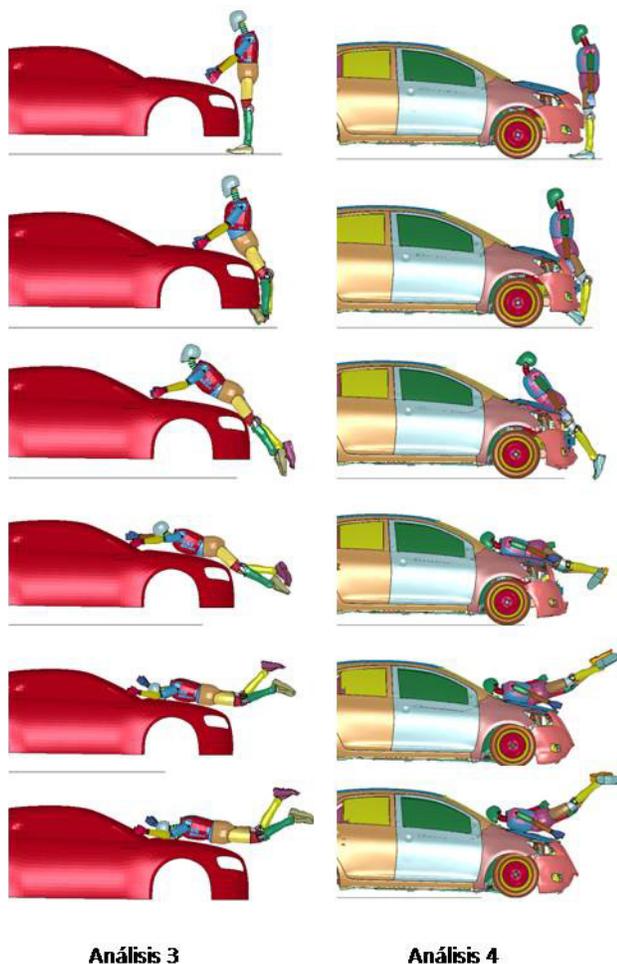


Fig. 12. Secuencia de atropello de frente al vehículo.

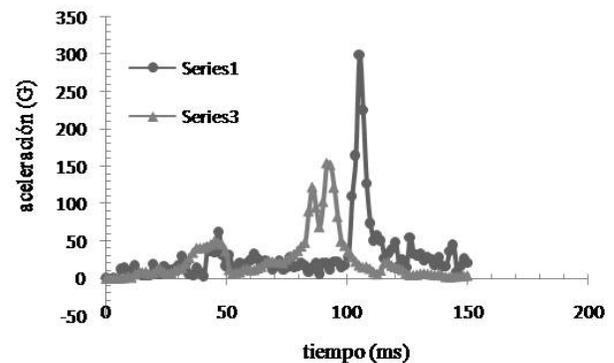


Fig. 13. Índices de lesión en cabeza del peatón durante el atropello.

sensibilidad a impactos. Es esta última propiedad la que beneficia al peatón. Los daños en la cabeza pueden reducirse a: inconciencia mayor a 24 horas, lesión del tallo cerebral crítico y hematoma intracraneal.

El modelo del análisis 3 fue diseñado sólo con la superficie fundamental para simular el atropello, fue basado en el Audi A6 año 2005, se toma como referencia este modelo debido a su parecido del perfil frontal con otros vehículos contenidos dentro del parque vehicular en México. Se sabe que el parachoques está fabricado con un compuesto llamado poliacetales, presenta propiedades de resistencia mecánica, rigidez y dureza elevadas; así como, elevada resistencia a la cedencia. Los daños generados en este análisis causan la muerte del peatón.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo otorgado para la realización de este trabajo al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, al Instituto Politécnico Nacional, a la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Politécnico Nacional, ESIME Zacatenco y la participación del grupo de biomecánica de INSIA incorporado a la Universidad Politécnica de Madrid.

Referencias

- [1] INEGI, *Principales Causas de Muerte en el Estado 2006 a 2011*, [en línea]. Disponible en http://www.conapra.salud.gob.mx/Interior/Perfil_Accidentes_Estado.html, 2013.
- [2] R. Hinojosa and P. Leobard, "Sinistralidad por accidentes de tránsito en México; una aproximación desde el análisis espacial, GESIG-UNLUG," *Revista Digital del Grupo de Estudio sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica*, no. 4, pp. 292-296, 2012.
- [3] OMS, *Global Status Report on Road Safety*, Department of Violence and Injury Prevention and Disability, 2013.

- [4] OMS, *Informe sobre el Estado de la Seguridad Vial en la Región de las Américas*, Washington, DC: Biblioteca sede Organización Panamericana de la Salud, 2009.
- [5] INEGI, *Siniestros de tránsito 2006 a 2011*, 2012 [en línea]. Disponible en www.inegi.org.mx.
- [6] OMS, *Informe sobre el Estado de la Seguridad Vial en la Región de las Américas*, 2015 [en línea]. Disponible en http://www.paho.org/par/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=ambiente-y-desarrollo&alias=514-informe-sobre-la-situacion-de-la-seguridad-vial-en-la-region-de-las-americas&Itemid=253
- [7] European Enhanced Vehicle-Safety Committee, *Improved Test Methods to Evaluate Pedestrian Protection Afforded by Passenger Cars*, WG 17 Report, 2002.
- [8] F. Pintar, "Analysis of Human Tolerance To Side Impact," The 41st Stapp Car Crash Conference, no. 973320, Warrendale, PA, USA, pp. 12-17, 1997.
- [9] D. Wood, "Impact and Movement of Pedestrian in Frontal Collisions With Vehicles," *Journal of Automobile Engineering*, vol. 202, no. 2, pp 101- 107, 1988.
- [10] D. Marzougui, *Extended Validation of the Finite Element Model for the 2010 Toyota Yaris Passenger Sedan*, FHWA/NHTSA National Crash Analysis Center, vol. W-005, pp. 1-6, 2013.
- [11] D. Reid, "Modeling Crushable Foam for the SAFER Racetrack Barrier," en *8th International LS-DYNA Users Conference*, vol.6, pp. 2-6, 2004.
- [12] A. Nouredine, "Computer Modeling and Validation of a Hybrid III Dummy for Crashworthiness Simulation," *Mathematical and Computer Modelling*, vol. 35, no. 7, pp. 885-891, 2002.
- [13] P. Mohan, "Dummy Model Development," en *11th Int. LS-Dyna Users Conference*, vol. 11, pp 3-7, 2010.
- [14] W. Rust, "Finite Element Limit Load Analysis of Thin Walled Structures," *Thin. Walled Structures*, vol. 41, no. 2, pp. 228-232, 2003.
- [15] H. F. Quintero, S. Cardona, C. A. Romero, "Respuesta transitoria del tren de potencia de un vehículo," *Scientia Et Technica*, vol. 11, no. 28, octubre, 2005, pp. 95-99. [en línea]. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84911707018>
- [16] Y. Mizuno, "Summary of IHRA Pedestrian Safety WG Test Methods to Evaluate Pedestrian Protection," en *15th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles*, Melbourne, Australia, mayo, 1996.
- [17] D. Ma, L. Obergefell, A. Rizer and L. Rogers, *Biodynamic Modeling and Simulation of the Ejection Occupant System*, Veridian Engineering Dayton OH, No. 2000-0080, pp. 20-29, 2000.
- [18] G. Maudes, *Influencia de la defensa de un todoterreno en las lesiones sufridas por un peatón en caso de atropello*, Granada: Universidad Carlos III De Madrid, pp. 60-63, 2010.
- [19] H. Mertz, A. Irwin, J. Melvin, R. Stanaker *et al.*, *Size, Weight and Biomechanical Impact Response Requirements for Adult Size Small Female and Large Male Dummies*, Society of Automotive Engineers Technical Paper 890756, 1989. Disponible en <http://papers.sae.org/890756/>
- [20] J. Kajzer and G. Schroeder, *Examination of Different Bumper System Using Hybrid II, RSPD Subsystem and Cadavers*, Society of Automotive Engineers Technical Paper 922519, 1992. Disponible en <http://papers.sae.org/922519/>

PERIÓDICA

Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias

periodica.unam.mx

IPN

80

Años

1936-2016

ESIME

100

Años

1916-2016

Estudio comparativo inferencial de esfuerzo flexionante en engranes rectos aplicando análisis teórico e Ingeniería Asistida por Computadora

Jorge Carro-Suárez
Fabiola Flores-Salazar
Irma Flores-Nava

Universidad Politécnica de Tlaxcala
Av. Universidad Politécnica, núm.1,
San Pedro Xalcatzingo, Tepeyanco, Tlaxcala.
MÉXICO.

Teléfono: (246) 46 51 300 ext. 3003

correos electrónicos (email): jorge.carro@uptlax.edu.mx
fabiola.flores@uptlax.edu.mx
irma.flores@uptlax.edu.mx

Recibido 13-10-2015, aceptado 08-03-2016.

Resumen

El análisis teórico de esfuerzo flexionante en engranes rectos aún depende de la aplicación de la fórmula de Lewis en conjunto con factores de corrección, cuya selección, se realiza con base en fórmulas y en la experiencia del diseñador. Sin embargo, en la actualidad, la Ingeniería Asistida por Computadora (CAE) ha evolucionado el estudio de los sistemas mecánicos con nuevas herramientas que permiten realizar y validar el análisis a través de métodos numéricos. No obstante, siempre existe la incertidumbre sobre qué método es más apropiado y preciso. El objetivo fue determinar si existen diferencias significativas en los resultados obtenidos por el análisis teórico y por CAE en el cálculo de esfuerzo flexionante para engranes rectos mediante un análisis comparativo inferencial. La metodología consistió en analizar diez casos diferentes por ambos métodos variando dos parámetros principales: el factor de sobrecarga y el tamaño del mallado. Posteriormente, se realizó un análisis de varianza y la prueba de Tukey para identificar las diferencias. Los resultados revelaron diferencias significativas ($p < 0.05$) cuando se aplica un factor de sobrecarga alto o un mallado medio, por lo que se concluye que en casos de factores moderados y mallado fino la aplicación de ambos métodos es apropiada.

Palabras clave: esfuerzo flexionante, engranes rectos, análisis comparativo, ingeniería asistida por computadora.

Abstract (Inferential Statistics Comparative Study of Bending Stress in Spur Gears Applying Theoretical Analysis and Computer-Aided Engineering)

Theoretical analysis of bending stress in spur gears still depends on the application of the Lewis formula with correction factors. This selection is made based on formulas and experience of the designer. However, at present, the Computer Aided Engineering (CAE) has evolved the study of mechanical systems with new tools that allow the analysis and validation through numerical methods. However, there is always uncertainty about which method is more appropriate and accurate. The aim of this study was to determine whether there are significant differences in the results obtained by the theoretical analysis and CAE in the calculation for bending stress of spur gears by an inferential comparative analysis. The methodology consisted of ten different cases analyzed by both methods varying two main parameters: the overload factor and mesh size. Subsequently, an analysis of variance and Tukey's test was performed to identify the differences. The results revealed significant differences ($p < 0.05$) when it is applied either a high load factor or average mesh, so it is concluded that in cases of moderate factors and fine mesh, the application of both methods is appropriate.

Index terms: bending stress, spur gears, inferential statistics, Computer-Aided Engineering.

1. Introducción

El diseño teórico de un sistema de engranaje en muchas ocasiones es complejo debido al número de variables, limitaciones y relaciones que se involucran [1]. Sin embargo, su extensa aplicación en la industria hace que su análisis siga siendo pertinente, en la búsqueda de métodos que permitan su estudio de una manera más simple y, al mismo tiempo, confiable [2], lo que conlleva a la consideración de diversos criterios de diseño y teorías de cálculo, ya sea con la filosofía de diseño por evolución como por la de innovación [3].

La teoría clásica de esfuerzo flexionante se fundamenta en la ecuación de Lewis, la cual parte del supuesto de que el diente es como una viga en voladizo cuya sección crítica está en la raíz, sujeta a una carga uniformemente distribuida a lo largo

del ancho de la cara del diente [4]. Es claro que cuando un engrane aplica una carga a otro, la carga se desplaza a todo lo largo del diente, iniciando su aplicación en la punta del mismo [5]. Estos principios siguen siendo válidos, pero han sido aumentados con factores adicionales para tomar en consideración mecanismos de falla que a través del tiempo fueron comprendidos, como lo es la concentración de esfuerzos [6]. Actualmente, el análisis teórico es regido por la *American Gear Manufacturers Association* (AGMA), que presenta un conjunto de normas bien estructuradas de información para el diseño y análisis de sistemas de transmisión por engranes.

Por otra parte, en Ingeniería Mecánica se ha venido desarrollando una nueva área llamada Ingeniería Asistida por Computadora (*Computer Aided Engineering*, CAE), que es una herramienta para realizar cálculos, estudios y simulaciones de sistemas dinámicos con base en el uso de programas computacionales que permiten el modelado y análisis de piezas, y que se fundamenta en la aplicación del Método del Elemento Finito (MEF). Para tal fin, el modelo se divide en numerosas piezas de formas simples llamadas "elementos" permitiendo su análisis en forma individual. Este proceso de división se conoce como "mallado del modelo", siendo uno de los parámetros que mayor influencia tiene durante el proceso de cálculo [7].

Tanto el análisis teórico como del CAE presentan diferencias, ventajas y desventajas en su aplicación. No obstante, ambos son de gran utilidad para los diseñadores, ya que son una referencia confiable para tomar decisiones. Sin embargo, dependen muchas veces del criterio, conocimientos y habilidades de quién los aplica [8]. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue determinar si existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos por ambos métodos en el análisis de esfuerzo flexionante en engranes rectos con un nivel de significancia del 95%, a través del estudio de diez casos sometidos a diferentes tipos de carga variando dos parámetros de control principales: el factor de sobrecarga en el análisis teórico y el tamaño de malla en la aplicación de CAE.

2. Desarrollo

El presente trabajo se estructuró en tres etapas de análisis, las cuales, se describen a continuación.

2.1. Análisis teórico

De los métodos más reconocidos para el análisis de esfuerzo flexionante en engranes rectos, se destaca el de la norma AGMA 2001-D04, el cual, presenta un método teórico para diseñar satisfactoriamente un sistema de engranaje de ejes paralelos aplicando una serie de factores adicionales de mo-

dificación al esfuerzo flexionante calculado en conjunto con la ecuación de Lewis modificada [9], dando como resultado una mejor estimación del valor real del esfuerzo que se produce en los dientes de los engranes [10]. La ecuación de Lewis considera como variables principales a la fuerza tangencial (W_t), el paso diametral (P_d), el ancho de la cara del diente (F) y el factor de forma de Lewis (J) que depende de la geometría del diente. Aunque ya no se aplica en su forma general, sirve como base para la propuesta definida en AGMA 2001-D04, cuya fórmula para calcular el esfuerzo de flexión en los dientes de un engrane recto es [8]:

$$\sigma_b = \frac{W_t P_d}{FJ} K_o K_s K_m K_B K_v \quad (1)$$

Donde los factores adicionales que influyen en el análisis son [10]:

K_o = factor de sobrecarga para resistencia flexionante

K_s = factor de tamaño

K_m = factor de distribución de carga

K_B = factor de espesor de orilla

K_v = factor dinámico

Para el cálculo y estimación de estos factores, existen métodos y fórmulas en la misma norma, a excepción del factor de sobrecarga K_o , en el que sólo se especifica que se debe considerar la probabilidad de variaciones que puedan causar cargas máximas mayores que W_t durante el funcionamiento. Sin embargo, no presenta valores específicos. Por tal motivo, diversos autores han establecido valores que juzgan adecuados con base en su experiencia para una aplicación particular [11], siendo una de las más reconocidas la propuesta de Shigley y Mischke [12], la cual se muestra en la Tabla 1.

En la Tabla 1 se observa como característica principal que el valor de K_o para el nivel uniforme entre la fuente y la máquina impulsada es mayor que 1.0 ya que Shigley y Mischke [12] establecen que el factor de aplicación debe ser mayor, salvo que exista una clara evidencia que indique que la carga es

Tabla 1. Factores de sobrecarga K_o .

Fuente de potencia	Características de carga de la máquina impulsada		
	uniforme	choque moderado	choque pesado
Uniforme	1.15	1.25	al menos 1.75
Choque ligero	1.25	1.50	al menos 2.00
Choque moderado	1.50	1.75	al menos 2.50

perfectamente uniforme, situación que no se presenta comúnmente, ya que toda maquinaria tiene pares de torsión o fuerzas variando con el tiempo que influyen en el esfuerzo que experimentan los dientes en adición a los valores promedio [6].

Dada la ausencia de información definitiva sobre cargas dinámicas en máquinas impulsoras, en el presente trabajo se consideró sólo a la fuente de potencia uniforme empleando un motor eléctrico a velocidad constante [10] y aplicando el factor K_o en los tres niveles de carga para la máquina impulsada, la cual consideraría para analizar el incremento del esfuerzo sobre el diente con base en el grado de impacto de la maquinaria conectada al tren de engranes [6].

Para aplicar la ecuación de esfuerzo flexionante, en la Tabla 2 se presentan los datos de las variables principales para los diez casos de estudio analizados y sometidos a los tres niveles de carga mostrados en la Tabla 1, con una fuente de potencia uniforme.

Finalmente, en la Tabla 3 se presentan los valores considerados para los factores de corrección con base en los criterios establecidos por la norma AGMA 2001-D04.

2.2. Análisis aplicando Ingeniería Asistida por Computadora

Hoy en día, los programas computacionales han logrado una mejora significativa en diversas áreas de la Ingeniería Mecánica generando un auge por las técnicas de computación y por el empleo de nuevos procesadores matemáticos cada vez

Tabla 3. Factores de corrección calculados.

Estudio	Factores de corrección				
	K_v	K_s	K_m	K_B	J
1	1.26	1.00	1.18	1.00	0.34
2	1.38	1.00	1.22	1.00	0.40
3	1.24	1.00	1.14	1.00	0.45
4	1.32	1.00	1.23	1.00	0.33
5	1.40	1.00	1.25	1.00	0.34
6	1.38	1.00	1.21	1.00	0.36
7	1.56	1.00	1.18	1.00	0.40
8	1.45	1.00	1.19	1.00	0.33
9	1.35	1.00	1.18	1.00	0.33
10	1.37	1.00	1.22	1.00	0.24

más veloces que posibilitan el incluir nuevas técnicas de Diseño Asistido por Computadora (CAD) para el diseño y análisis de sistemas mecánicos, específicamente, en sistemas de engranaje [1], lo que ha hecho más común el uso de la Ingeniería Asistida por Computadora como una nueva referencia de análisis para la toma de decisiones, en conjunto con los estudios teóricos [13].

Para tal fin, existen diversos programas de CAE que se fundamentan en el Método del Elemento Finito, planteando ecuaciones que permiten una descripción cuantitativa del fenómeno estudiado. Este método es una herramienta que permite realizar una gran cantidad de análisis que difícilmente se obtienen por métodos analíticos clásicos [14]. De esta forma, el conocimiento del comportamiento mecánico en modelos ensayados virtualmente, permite diseñar productos más competitivos, de mejor calidad, en menor tiempo y a menor coste [15] con resultados confiables y acorde con la teoría [16].

Así, para esta segunda etapa de análisis, el programa seleccionado

Tabla 2. Datos para el análisis teórico.

Estudio	Variables					
	Potencia de diseño Hp	Velocidad rpm	Paso diametral, P_d	Número de dientes, N	Ancho de la cara, F (in)	Carga tangencial W_t (lb)
1	20	1750	20	21	1.25	685.99
2	4	600	4	17	1.50	494.32
3	10	3000	10	55	1.00	91.67
4	18	2400	18	25	2.13	378.15
5	4	1800	4	30	2.00	149.39
6	45	600	45	26	2.50	1818.03
7	40	1200	40	35	2.00	720.29
8	25	1750	25	20	1.50	720.29
9	5	1750	5	18	1.00	240.10
10	10	1600	10	18	1.50	437.68

SolidWorks 2014 con su complemento SolidWorks Simulation y Catia V5R19 con su módulo Generative Part Structural Analysis, ambos por su alta capacidad de análisis y muy buena resolución numérica.

Para el desarrollo, se consideró la metodología de análisis propuesta por Carro et al., [8], en la cual, se aplican las restricciones en el soporte para el eje del engrane y se aplica la carga total en la cara superior del diente tal como lo propone Lewis [4], obteniendo como resultado final el esfuerzo de von Mises equivalente al teórico en el punto crítico.

En SolidWorks, la carga total se insertó en el estudio a través de sus componentes tangencial y radial, tal como se muestra en la Fig. 1 para facilitar la captura de los valores en el caso 1.

De la misma forma, en la Fig. 2 se muestra la configuración de la carga total y las restricciones sobre el modelo del caso 1 para el análisis CAE aplicando Catia.

Una de las etapas más importantes en la realización de la simulación numérica es la definición del mallado tridimensional del modelo [15]. El software utilizado tienen la ventaja de estimar de forma automática el tamaño grueso, medio y fino de la malla en función de las dimensiones y de la forma geométrica de la pieza. Es claro que este parámetro influye en la precisión de los resultados y en la velocidad de cálculo [14], [15] por lo que para el presente trabajo se consideró el análisis con malla media y fina. Finalmente, las cargas requeridas para el análisis CAE de los diez casos propuestos se muestran en la Tabla 4.

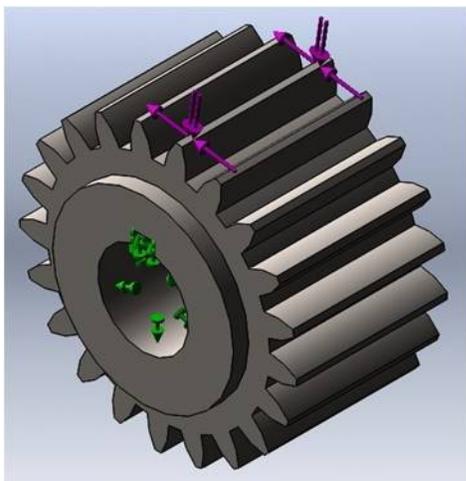


Fig. 1. Análisis CAE con SolidWorks.

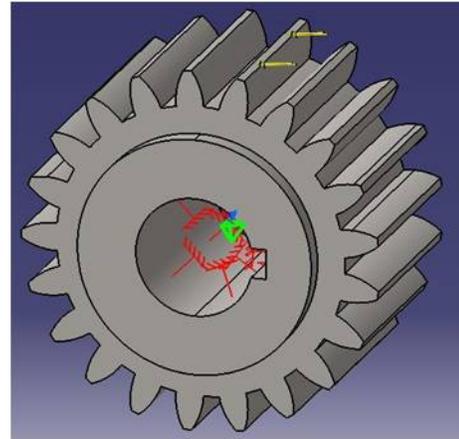


Fig. 2. Análisis CAE con Catia.

En todos los casos, el punto crítico se ubicó en la vecindad de la raíz del diente, tal como se muestra en la Fig. 3 y la Fig. 4 que corresponden al caso 1, identificado con SolidWorks y Catia respectivamente.

2.3. Análisis inferencial

El análisis inferencial se utiliza principalmente, para estimar parámetros poblacionales en las que la inferencia de dichos parámetros dependen de que se haya elegido una muestra probabilística que asegure un nivel de significancia, el cual, es un nivel que establece la probabilidad de equivocarse [17].

Tabla 4. Datos para el análisis CAE.

Estudio	Cargas		
	Total (lb)	Tangencial (lb)	Radial (lb)
1	730.01	685.99	249.68
2	526.04	494.32	179.92
3	97.56	91.67	33.37
4	402.42	378.15	137.64
5	158.98	149.39	54.37
6	1934.71	1818.03	661.71
7	766.51	720.29	262.16
8	766.51	720.29	262.16
9	255.50	240.10	87.39
10	465.76	437.68	159.30

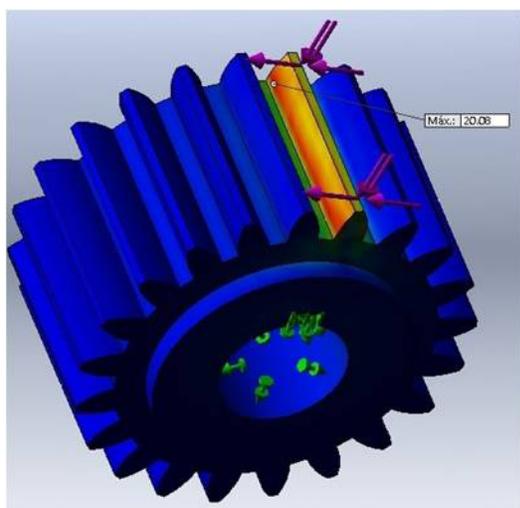


Fig. 3. Punto crítico con SolidWorks.

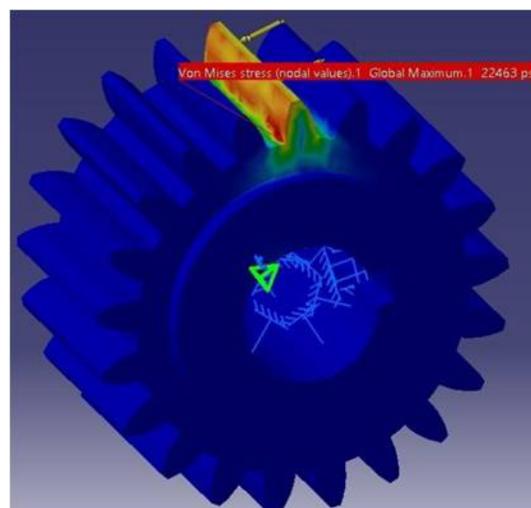


Fig. 4. Punto crítico con Catia.

Existen dos niveles convenidos estadísticamente: $p < 0.01$, que implica que en el análisis se tiene un 99% a favor y 1% en contra para generalizar sin temor, y $p < 0.05$ que establece un 95% de seguridad y sólo un 5% en contra.

Con base en lo anterior y para determinar si existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos por ambos métodos, en el presente trabajo se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para un modelo completo de bloques aleatorizados [18], que es una prueba estadística que analiza si más de dos grupos difieren significativamente entre sí en cuanto a sus medias.

Como resultado, produce un valor conocido como distribución F que es una razón que compara las variaciones entre y dentro de los grupos. Si el valor de F es significativo, implica que los grupos de interés difieren entre sí en sus promedios [17].

Finalmente, para identificar los componentes significativos que difieren, se aplicó la prueba de Tukey que es una prueba que realiza todas las posibles comparaciones de resultados de dos en dos, agrupando aquellos que pre-

sentan diferencias con un determinado nivel de significancia, que en este caso, fue del 95% ($p < 0.05$) [19]. Los resultados fueron obtenidos y analizados empleando Minitab 16.

3. Resultados

Los resultados obtenidos por el análisis teórico y por CAE de los diez casos considerados se muestran en la Tabla 5.

Asimismo, los resultados del análisis ANOVA con los datos de la tabla 5, así como los de la prueba de Tukey correspondiente se muestran en las tablas 6 y 7 respectivamente.

Tabla 5. Resultados del análisis teórico y CAE.

Estudio	Método teórico			Método CAE			
	$K_o = 1.15$ (ksi)	$K_o = 1.25$ (ksi)	$K_o = 1.75$ (ksi)	SW malla media (ksi)	SW malla fina (ksi)	Catia malla media (ksi)	Catia malla fina (ksi)
1	27.65	30.05	42.07	20.08	25.28	22.46	32.18
2	14.11	15.34	21.48	13.23	16.16	14.43	16.41
3	3.97	4.31	6.04	3.23	3.69	3.98	3.89
4	10.13	11.01	15.42	6.49	6.83	6.72	7.11
5	7.07	7.68	10.75	3.49	4.12	4.01	4.65
6	19.37	21.06	29.48	13.21	14.42	12.22	14.73
7	11.45	12.45	17.43	7.59	7.99	7.00	8.79
8	23.11	25.12	35.17	14.19	19.13	15.39	21.60
9	16.06	17.46	24.44	11.17	16.47	11.92	17.28
10	23.71	25.77	36.08	11.16	16.85	12.54	15.54

Tabla 6. Resultados del análisis ANOVA.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	valor p
Método de análisis	1236	6	206.04	3.17	0.009
Error	4099	63	65.06		
Total	5335	69			

Tabla 7. Resultados de la prueba de Tukey.

Método de análisis	Media calculada ¹ (ksi)
Teórico $K_o = 1.75$	23.84 ± 5.10 a
Teórico $K_o = 1.75$	17.03 ± 5.10 a,b
Teórico $K_o = 1.75$	15.66 ± 5.09 a,b
Catia malla fina	14.22 ± 5.10 a,b
SW malla fina	13.09 ± 5.09 a,b
Catia malla media	11.07 ± 5.10 b
SW malla media	10.38 ± 5.09 b

4. Discusión de resultados

De los datos más relevantes de la Tabla 6, se observa que el cuadrado medio entre los resultados de los métodos de análisis es 206.04 que es varias veces mayor que el cuadrado medio del error (65.06), lo que indica que no es posible que las medias obtenidas sean iguales [18]. Para complementar esta afirmación, también se verifica que sí existen diferencias significativas ya que $p < 0.05$ (0.009) lo que demuestra que al menos una media de los métodos de análisis es diferente.

Con base en lo anterior, en la Tabla 7 se muestra el resultado de la prueba de Tukey, la cual, indica que la media obtenida por el análisis teórico aplicando un factor de sobrecarga $K_o = 1.75$ representado por la letra *a* presenta una diferencia significativa ($p < 0.05$) en sus resultados. Asimismo, los resultados obtenidos por el análisis CAE en ambos software al aplicar una malla media también presentan una diferencia significativa ($p < 0.05$), siendo identificados por la letra *b*.

Los métodos aplicados con factor de sobrecarga uniforme y de choque moderado, así como los que aplicaron CAE con malla fina no presentaron diferencias significativas entre ellos, lo cual demuestra congruencia en sus resultados al realizar un estudio comparativo inferencial y también, que pueden ser considerados como una buena referencia y alternativa para la toma de decisiones.

Finalmente, de acuerdo con los resultados de este trabajo, se propone que el factor de sobrecarga sea contemplado como un factor de corrección que influya también en el esfuerzo resultante en CAE al aplicar un mallado medio o fino, siempre y cuando el criterio de diseño considere que K_o debe ser mayor a 1.25 por las características del sistema. De esta forma, se garantiza que no existan diferencias significativas que generen incertidumbre en los cálculos y en el análisis, ya que de acuerdo con la prueba de Tukey, no hay diferencias significativas entre la teoría con $K_o \leq 1.25$ y el análisis con mallado medio y fino.

5. Conclusiones

Como resultado de esta investigación se concluye que el análisis inferencial permitió cumplir con el objetivo de identificar si existen diferencias significativas al realizar un análisis de esfuerzo flexionante en engranes rectos aplicando métodos teóricos e Ingeniería Asistida por Computadora, resaltando el hecho de que el factor de sobrecarga y el mallado de la pieza son muy influyentes en los resultados.

Asimismo, se demuestra que el análisis teórico en conjunto con el análisis CAE son dos buenas alternativas para obtener resultados confiables y congruentes.

Por otra parte, se revela la importancia que tiene el incluir al factor de sobrecarga en el análisis teórico ya que influye significativamente en los resultados, por lo que se resalta el valor que tiene el determinarlo y seleccionarlo correctamente. Sin embargo, aún se depende del criterio del diseñador y sobre todo, de cómo visualiza el comportamiento del sistema.

De la misma forma, en el análisis CAE se observó que el mallado de la pieza puede influir significativamente, ya que puede llevar a obtener valores más precisos. No obstante, también depende de la precisión del modelado de la pieza en CAD, por lo que se recomienda que el análisis CAE siempre se realice con un mallado fino.

Referencias

- [1] G. González, P. Frechilla and R. J. García, "El método de elementos finitos como alternativa en el cálculo de engranajes," *Revista Ingeniería Mecánica*, no. 1, pp. 55-67, 2002.
- [2] A. Fuentes and I. González, "Análisis tensional por elementos finitos de engranajes rectos con geometría modificada," *Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica*, vol. 8, no. 1, pp. 15-30, 2004.
- [3] T. M. Reydezel, G. Urriolagoitia G. and T. T. David, "Aplicación y análisis comparativo de los criterios de

- diseño mecánico por resistencia a esfuerzos, rigidez y modos de vibración," *Científica*, vol.11, no. 1, pp. 33-40, enero, 2007.
- [4] A. C. Ugural, *Mechanical Design An Integrated Approach*, New York: McGraw Hill, 2004.
- [5] G. Urriolagoitia, L. Hernández, G. Villa, Y. Medina. and H. Vázquez, "Aplicación de elementos finitos al diseño de engranes y algunos aspectos fundamentales relativos a la mecánica de fractura," *Científica*, no.4, pp. 1-7, julio, 1997.
- [6] R. L. Norton, *Diseño de máquinas*, 4ª ed., México: Pearson Prentice Hall, 2013.
- [7] J. Carro-Suárez, I. Flores-Nava and F. Flores-Salazar, "Análisis de esfuerzo de contacto en engranes rectos aplicando el criterio de Hertz con Ingeniería Asistida por Computadora," *Científica*, vol. 16, no. 1, pp. 25-32, enero, 2012.
- [8] J. Carro-Suárez, I. Flores-Nava and F. Flores-Salazar, "Propuesta de una metodología para el análisis de engranes rectos aplicando Ingeniería Asistida por Computadora," presentado en el 10º Congreso Nacional de Mecatrónica, México, 2011.
- [9] American Gear Manufacturers Association (AGMA), *Norma 2001-D-04: Fundamental Rating Factors and Calculations Methods for Involute Spurs an Helical Gear Teeth*, Virginia USA, 2004.
- [10] R. L. Mott, *Diseño de elementos de máquinas*, 4ª ed., México: Pearson Prentice Hall, 2006.
- [11] R. Budynas, and J. K. Nisbett, *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*, 8ª ed., México: McGraw-Hill, 2008.
- [12] J. E. Shigley and C. R. Mischke, *Standard Handbook of Machine Design*, 2ª ed., New York: McGraw-Hill, 1996.
- [13] J. Carro-Suárez, I. Flores-Nava, and F. Flores-Salazar, "La Ingeniería Asistida por Computadora como una alternativa de análisis de engranes helicoidales," presentado en *First International Conference on Advanced Mechatronics, Design and Manufacturing Technology, AMDM 2012*, Pereira, Colombia, 7-9 septiembre, 2012.
- [14] J. A. Vázquez, *Análisis y diseño de piezas de máquinas con Catia V5*. México: Alfaomega, 2009.
- [15] S. Gómez, *SolidWorks Simulation*, México: Alfaomega Ra-Ma, 2010.
- [16] R. D. Chacón-Morón, M. J. Vergara-Paredes, M. A. Díaz-Rodríguez, and L. Andueza, "Programa de Simulación para Engranajes de dientes rectos por elementos finitos", *Revista Ciencia e Ingeniería*, vol. 32, no. 3, pp. 123-128, agosto, 2011.
- [17] R. Hernández, C. Fernández, and P. Baptista, *Fundamentos de metodología de la investigación*, México: McGraw-Hill, 2010.
- [18] D. C. Montgomery, *Diseño y análisis de experimentos*, 2ª ed., México: Limusa Wiley, 2014.
- [19] E. Wong-González, "¿Después de un análisis de varianza... qué?," *Agronomía Mesoamericana*, vol. 21, no. 2, pp. 349-356, 2010.

PERIÓDICA

Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias

periodica.unam.mx

Indicaciones para los autores que deseen publicar en Científica

La revista *Científica* es una publicación semestral editada por la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) de México, que presenta trabajos de investigación y propuestas originales e inéditas de la Ingeniería Eléctrica, Mecánica, en Sistemas, Electrónica, en Telecomunicaciones y de la Educación en Ingeniería.

Los manuscritos pueden estar escritos en español o inglés y se reciben en formato electrónico (archivo digital adjunto), por medio del correo electrónico revistacientifipn@yahoo.com.mx con atención al Comité Editorial (Tel. (+52) 55 5729 6000 ext. 54518; Edificio 5, 1^{er} Piso, oficina de la revista *Científica*; Sección de Estudios de Posgrado e Investigación (SEPI) de la ESIME Zacatenco, Col. Lindavista, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, CP 07738, Ciudad de México, México).

Los trabajos recibidos son revisados por el Comité Editorial quienes designan a un Editor Asociado (que desconoce tanto la autoría y procedencia de los manuscritos) de acuerdo a la disciplina que cubren los artículos. El Editor Asociado selecciona dos árbitros para que evalúen el escrito (por pares ciegos). Los trabajos pueden ser aceptados para su publicación, aceptados si se realizan modificaciones necesarias o rechazados. La aceptación está sujeta a la aprobación, en todos los casos, de dos revisores; cuando no hay consenso entre los dos primeros revisores el Editor Asociado resuelve el dictamen. Los trabajos deben ser investigaciones o propuestas originales inéditas, sin excepción, sobre las áreas mencionadas y no pueden estar sujetas a revisión en ninguna otra publicación de forma simultánea; además, el resultado del proceso de arbitraje es inapelable y se sujeta, estrictamente, a las políticas dictadas por el Comité Editorial en funciones. Una vez aceptado un artículo, el autor o autores transfieren los derechos de publicación a la institución editora que está representada por el Editor en Jefe de la revista, los artículos estarán bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Estructura de los artículos

Los manuscritos deben contener los siguientes elementos: *título*, *datos de los autores*, *resumen* (con palabras clave en español), *abstract* (con palabras clave en inglés: *index terms*), *introducción*, los apartados correspondientes al *desarrollo*, *conclusiones* y *referencias*. Dentro del artículo se numeran, solamente, las secciones desde la introducción hasta las conclusiones.

Título

El título debe ser lo más corto posible (sin utilizar abreviaturas de preferencia) y no exceder de tres líneas.

Datos del autor

Se muestran el o los nombres completos de los autores (sin abreviaturas y distinguiendo los nombres de los apellidos con letras en **negrita** Nombre **Apellido**), la dirección postal de la institución a la cual pertenecen, país, el teléfono (con la clave internacional de su país) y correo electrónico. En el caso de dos autores o más (de diversas instituciones), se deben mencionar los datos completos de cada uno.

Resumen

Debe contener 250 palabras como máximo. Consiste en una pequeña descripción de la investigación y una breve información de los resultados del trabajo que permite a los lectores identificar con rapidez los aspectos fundamentales del artículo y discernir su relevancia.

Abstract

Se incluye el resumen en inglés.

Palabras clave (Index Terms)

Se deben incluir de tres a cinco descriptores del trabajo en español e inglés.

Declaración de subvenciones

Se debe indicar si el trabajo ha sido realizado con la ayuda de una subvención o fondo especial.

Introducción

Expresa los antecedentes, límites, alcances y relevancia del problema. Plantea las premisas del mismo y el objetivo del trabajo. Se sugiere no extenderla como si fuera una exposición analítica.

Desarrollo

Se refiere al desarrollo del tema que puede ser teórico, experimental, teórico-experimental o la descripción de un nuevo diseño.

Conclusiones

Se establece la respuesta global del problema, son los objetivos alcanzados, las hipótesis comprobadas, modificadas o rechazadas.

Referencias

Es la lista de fuentes bibliográficas: artículos, libros, memorias de congresos, etcétera. Deben aparecer en el orden en el cual se mencionan dentro del artículo, señalándose con el número entre corchetes [1], con las siguientes especificaciones (*IEEE Editorial Style Manual*, AENOR UNE-ISO 690):

Artículo de revista científica:

- [1] A. Autor, "Nombre del artículo," *Nombre de la revista*, volumen, número, páginas, mes, año. [en línea]. Disponible en: URL. Consultado: día mes, año.

Ejemplo:

- [1] R. Ponce-Morales, F. Sánchez-Silva, I. Carvajal-Mariscal, M. Toledo-Velázquez, and J. S. Cruz-Maya, "Estudio experimental de la reducción de fricción en la conducción de fluidos usando surfactantes," *Ingeniería Mecánica. Tecnología y Desarrollo*, vol. 4, no. 6, pp. 205-217, junio, 2014. [en línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/revista.oa?id=768&idp=1>. Consultado: 20 octubre, 2014.

Libro:

- [2] A. Autor, *Título del libro*, número de edición. Ciudad: Editorial, año. [en línea]. Disponible en: URL. Consultado: día mes, año.

Ejemplo:

- [2] J. P. Alperin, D. Babini, and G. E. Fischman, *Indicadores de acceso abierto y comunicaciones académicas en América Latina*, 1ª ed., Buenos Aires: CLACSO, 2014. [en línea]. Disponible en: http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/se/20141217052547/Indicadores_de_acceso_abierto.pdf. Consultado: 5 febrero, 2015.

Tesis:

- [3] A. Autor, "Título de la tesis," grado, departamento, institución, ciudad de la institución, país, año. [en línea]. Disponible en: URL. Consultado: día mes, año.

Ejemplo:

- [3] O. I. López-Suárez, "Análisis del desempeño de una prótesis cardíaca en posición aórtica," tesis de maestría, Depto. Ing. Mecánica, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México, 2010. [en línea]. Disponible en: <http://itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/handle/123456789/10306>. Consultado: 17 junio, 2013.

Memorias en congreso:

- [4] A. Autor, "Nombre de la ponencia," en *Nombre del Congreso*, ciudad, país, periodo, año [en línea]. Disponible en: URL. Consultado: día mes, año.

Ejemplo:

- [4] S. Agrawal, P. Chaporkar, and R. Udmani, "Call admission control for real-time applications in wireless network," en *INFOCOM, 2013 Proceedings IEEE*, Turín, Italia, 14-19 abril, 2013. [en línea]. Disponible en: doi, 10.1109/INFCOM.2013.6566789. Consultado: 28 noviembre, 2014.

Agradecimientos

Los agradecimientos se consideran dentro del cuerpo del artículo y se incorporan después de las conclusiones.

Anexos

Los anexos (nomenclatura, simbología, notación) se consideran parte del artículo.

Otras consideraciones

El trabajo se entrega en un procesador de textos (*word*) con páginas en tamaño carta con tipo de letra Times New Roman de 10 puntos, interlineado sencillo y espacio entre párrafos sin sangría (párrafo moderno), alineados a la izquierda, se puede solicitar la plantilla para manuscritos al correo electrónico de la revista revistacientifpn@yahoo.com.mx.

Las ecuaciones y fórmulas se enumeran para mayor claridad, deben encontrarse en formato editable, no como imágenes; los acrónimos y abreviaciones deben definirse la primera vez que sean usados en el texto.

Las figuras deben aparecer en el cuerpo del manuscrito y, además, entregarse en archivos por separado (.tif, .jpeg), es importante que al pasar cualquier imagen por un escáner debe hacerlo con una resolución de 300 ppp (puntos por pulgada). Las tablas deben aparecer en el documento en formato editable.

Los pies de las figuras deben estar debajo de estas con la indicación 'Fig. 1'; además, el título de los ejes en figuras a menudo es causa de confusión, por lo que se sugiere usar palabras en lugar de símbolos. Los encabezados de las tablas deben estar arriba de estas. Se requiere el uso, en todo caso, de símbolos (SI) en lugar de abreviaturas.

En el formato de las referencias se han considerados los lineamientos del *IEEE Editorial Style Manual* (2014) del Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) y las especificaciones de la norma UNE-ISO 690 (2013) para su adaptación al español, traducida por la Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR.

Científica considera que el material utilizado por los autores para su publicación está debidamente autorizado para tal propósito y le corresponde a los autores, no a *Científica*, obtener los permisos correspondientes para dicho material.

La revista *Científica* realizará las modificaciones editoriales pertinentes para el diseño de los manuscritos en el formato vigente.

Information for Authors Submitting Papers to Científica Journal

Científica is a biannual Journal sponsored by the Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) of Instituto Politécnico Nacional Mexico, it publishes theoretical and experimental research on Electromechanical and Electronics Engineering, Computer Engineering, Telecommunications, and also Education in Engineering.

Manuscripts could be written in English or Spanish and sent by email to revistacientifpn@yahoo.com.mx addressed to the Editorial Board [Tel. (+52) 55 5729 6000 ext. 54518; Sección de Estudios de Posgrado e Investigación (SEPI), ESIME Zacatenco, Col. Lindavista, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, CP07738, Mexico City, DF, Mexico].

Papers are reviewed by the Editorial Board and sent to an Associate Editor (AE doesn't know authors and their affiliations), he chooses two referees (blind peer review) selected for their expertise in a given field and reports to the Editorial Board the results. Authors should only submit original work that has neither appeared elsewhere for publication, nor which is under review for another refereed journal. Author accepts sending his/her paper the Editorial Board Policies. Once a manuscript has received the final approval of the reviewers and Editor-in-Chief, the author will be notified and sent a copyright form, in any event, authors must transfer copyright to *Científica*, papers will be shared by a Creative Commons License -Attribution-NonCommercial-ShareAlike4.0 International (CC BY-NC-SA4.0)

Manuscripts

The manuscript must be prepared in a *word* format with the sections, starting with an abstract, as shown below:

- **Abstract**
- **Resumen (Spanish abstract)**
- **Introduction**
- **Body of the manuscript**
- **Conclusions**
- **References**

Title

Must be concise and no longer than 3 lines using capital and lower case letters.

Authors' Name and Affiliations

The authors' name must be written below the title using a one column format starting with the given name followed by one or two family names, if two family names applies,

they should be joined by a hyphen (family names must be in **bold** type). Below the authors names must be written the affiliation including the address quality, fax, telephone number and email.

Abstract

The abstract with about 250 words must give a brief description about the research including some comments about the experimental or simulation results and conclusion.

Resumen (Spanish abstract)

It is desirable that, if it is possible, a Spanish abstract be provided.

Index Terms (*palabras clave*)

All papers must contain index terms as provided by the authors. They must be incorporated in Spanish too.

Financial support

All financial support for the work must be listed here and not in the acknowledgment at the end of the paper.

Body of the Manuscript

The body of the manuscript must include an introduction in which the relevance of the research must be explained. A review of related research works by either, the same or another authors must be included. The body of the manuscript also must include the theoretical aspects of the research, as well as experimental or simulation results if any, together with a Conclusions Section.

References

A numbered list of references must be provided at the end of the paper. The list should be arranged in the order of citation in text, not in alphabetical order. List only one reference per reference number. It is not necessary to mention the authors of a reference unless such mention is relevant to the text (see *IEEE Editorial Style Manual*). Sample correct formats for various types of references are as follows.

Periodicals:

- [1] F. N. Author, "Name of paper," *Title of Periodical*, vol. x, no. x, pp. xxx-xxx, abbrev. Month, year. [Online]. Available: URL. Accessed on: Month Day, year.

Example:

- [1] L. H. Hernández-Gómez, I. Saucedo-Meza, G. Urriolagoitia-Calderón, A. Balankin, and O. Susarrey, "Evaluation of crack initiation angle under mixed mode loading at diverse strain rates," *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, vol. 42, no. 1, pp. 53-61, Sep. 2004. [Online]. Available: http://www.mfractal.esimez.ipn.mx/integrantes/balankin/balankin_publications/public02/2004_3.pdf. Accessed on: May 25 , 2012.

Book:

- [2] F. N. Author, *Title of Published Book*, xth ed. City of Publisher: Abbrev. of Publisher, year. [Online]. Available: URL. Accessed on: Month Day, year.

Example:

- [2] L. Jayamaha, *Energy-Efficient Industrial Systems: Evaluation and Implementation* , 1st ed., Portland: McGraw-Hill Education, 2014.

Theses and Dissertations:

- [3] F. N. Author, "Title of thesis/dissertation," M. S. thesis or Ph. D. dissertation, Abbrev. Dept., Abbrev. Univ., City of Univ., year. [Online]. Available: URL. Accessed on: Month Day, year.

Example:

- [3] L. H. Hernández-Gómez, "Crack Initiation under Shock Loading: Validation of a New Testing Technique," Ph. D. dissertation, Dep. Mech. Ing., Oxford Univ., Oxford, UK, 1992.

Published Conference Proceedings:

- [4] F. N. Author, "Title of paper," in *Abbreviated Name of Conf.*, City of Conf., Country, year, pp. xxx-xxx [Online]. Available: URL. Accessed on: Month Day, year.

Example:

- [4] S. Agrawal, P. Chaporkar, and R. Udmani, "Call admission control for real-time applications in wireless network," in *INFOCOM, 2013 Proceedings IEEE*, Turin, Italy, 14-19 Apr., 2013. [Online]. Available: doi, 10.1109/INFCOM.2013.6566789. Accessed on: Nov. 28, 2014.

Preparation for publication

The following is a list of general guidelines for the submission of electronic media by prospective authors:

The operating system and word processing software used to produce your document should be noted on your e-mail (postscript and Adobe Acrobat PDF files are not acceptable because the files cannot be edited).

Text in Times New Roman at 10, single spacing without paragraph indent; check that your files are complete. Include: abstract, index terms, text, references and figure captions.

Figures comments must be below them and tables comments above. It is necessary to use the International Systems of Units not abbreviations.

In order to achieve the highest quality of reproduction, resolutions of 600 dpi (1 bit/sample) at final printed size for line art (graphs, charts or drawing) and 300 dpi (8 bits/sample) at final printed size for photographs and other grayscale images are required.

Científica assumes that material submitted to its publication is properly available for general dissemination for the readership of this publication. It is the responsibility of the authors, not *Científica*, to determine whether disclosure of their material requires the prior consent of other parties and, if so, to obtain that consent. If an author uses charts, photographs, or other graphics from previously printed material, he/she is responsible for obtaining written permission from the publisher to use the material in his/her manuscript.

Científica does not provide drafting or art services. Thus, the better the quality of the material submitted, the better the published result. Try to adhere to the accepted style as much as possible. Of particular importance here is the references list, editing references guidelines are from the *IEEE Editorial Style Manual* (Chapter V. Editing References, pp.34-40).

Científica

ISSN 1665-0654

Instituto Politécnico Nacional, México.

Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Zacatenco.

Sección de Estudios de Posgrado e Investigación.

www.cientifica.esimez.ipn.mx
revistacientifipn@yahoo.com.mx

COMITÉ EDITORIAL

Guillermo Urriolagoitia Calderón
Instituto Politécnico Nacional
MÉXICO

Alexander Balankin
Instituto Politécnico Nacional
MÉXICO

Jesús del Castillo
Instituto Venezolano de Investigación Científica
VENEZUELA

María Teresa Alonso Rasgado
University of Manchester
REINO UNIDO

Manuel Elices Calafat
Universidad Politécnica de Madrid
ESPAÑA

Marco Ceccarelli
University of Cassino
ITALIA

Héctor Pérez Meana
Instituto Politécnico Nacional
MÉXICO

Jinhui Shao
University of Shuo
JAPÓN

Indizada en:

Latindex: Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal.
www.latindex.org

Periódica:
Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias.
<http://www.dgbiblio.unam.mx/>
http://132.248.9.1:8991/F/?func=find-b-0&local_base=PER01

Redalyc: Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. Sistema de Información Científica Redalyc.
redalyc.org.

Árbitros semi-rotatorios con VHDL

Arbitration Mechanism with VHDL
Salvador **Saucedo-Flores**, Roberto **Galicia-Galicia**.
MÉXICO

63-69

Competitiveness in the Electronic Industry of Mexico Affected by Atmospheric Corrosion

La competitividad de la industria electrónica afectada por la corrosión atmosférica
Gustavo **López-Badilla**, César **Sánchez-Ocampo**, Judith Marisela **Paz-Delgadillo**.
MÉXICO

71-76

Las certificaciones profesionales y su impacto en los planes de estudio de ingeniería en comunicaciones y electrónica

Design Study Schedules for Electronic and Communications Engineer Considering Certifications
Federico **Felipe-Durán**, Ignacio **Martínez-Sánchez**, Miguel **Sánchez-Meraz**.
MÉXICO

77-81

Weft Thread Tension during Filling Insertion Process on Projectile Weaving Machines

Tensión de hilo de trama durante el proceso de inserción de llenado en máquinas de tejer
Liudmila **Oleynikova**, Vitalii **Oleinikov**.
MÉXICO • RUSIA

83-91

Simulación numérica del índice de lesión encefálica provocado por un accidente vehicular en diferentes escenarios de colisión

Numerical Simulation of the Encephalic Injury Index Caused by a Vehicular Accident in Different Collision Scenarios
Omar **Cortés-Vásquez**, Iván Lenin **Cruz-Jaramillo**, Christopher René **Torres-San Miguel**, Gustavo Adrián **Reyes-Jiménez**, Víctor Fernando **Verduzco-Cedeño**, Rafael **Rodríguez-Martínez**, Beatriz **Romero-Ángeles**, Guillermo **Urriolagoitia-Sosa**.
MÉXICO

93-101

Estudio comparativo inferencial de esfuerzo flexionante en engranes rectos aplicando análisis teórico e Ingeniería Asistida por Computadora

Inferential Statistics Comparative Study of Bending Stress in Spur Gears Applying Theoretical Analysis and Computer-Aided Engineering
Jorge **Carro-Suárez**, Fabiola **Flores-Salazar**, Irma **Flores-Nava**.
MÉXICO

103-109

EQUIPO EDITORIAL

Guillermo Urriolagoitia Calderón, **Director** • Alma Vicenta Miranda Godínez, **Coordinadora Editorial**
Cauahutémoc Jiménez Pérez, **Editor Técnico** • Luis Alberto Méndez Cruz, **Página Web** • Margarita Sam Rodríguez, **Revisora**