ACTA DE DICTAMEN Y FALLO QUE SE EMITE CON MOTIVO DE LA CONTRATACIÓN DEL SERVICIO DE IMPRESIÓN DE 1000 REVISTAS; CONFORME A LOS MOTIVOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA REQUISICIÓN 4845 DE FECHA 31 DE AGOSTO DE 2015; EMITIDA POR LA SUBDIRECCIÓN DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CIUDAD JUÁREZ.

En Ciudad Juárez, Chihuahua, siendo las 10:00 horas del día 31 de Agosto del año 2015, en sesión ordinaria del Comité de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios de la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez, celebrada en la Sala de Juntas de la Secretaría Académica, Edificio de Administración, con domicilio en Avenida Universidad Tecnológica Número 3051, Colonia Lote Bravo II de esta ciudad, se levanta el presente dictamen en el que se analiza la contratación antes mencionada.

A N T E C E D E N T E S

Mediante memorándum interno de fecha 31 de Agosto de 2015 y recibido en este mismo día, la Dirección de Administración y Finanzas solicitó a este Comité se considere, conforme a la legislación aplicable, la procedencia de la contratación del servicio de impresión de 1000 revistas; conforme a los motivos y especificaciones técnicas de la requisición 4845 de fecha 31 de agosto de 2015; emitida por la Subdirección de Extensión Universitaria de la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez, señalando como monto aproximado de la contratación la cantidad de $48,000.00 pesos (Cuarenta y ocho mil pesos 00/100 moneda nacional), cantidad que NO incluye el impuesto al valor agregado y que será cubierta con recursos o fondos asignados al Gasto de Operación; esto, según memorándum de control interno de suficiencia presupuestal de fecha 31 de Agosto de 2015, firmado por la M.I. Ruth María Ayala Pérez, Directora de Administración y Finanzas. Además solicita la reducción del plazo para dicho procedimiento, debido a que es una compra emergente y es indispensable contar a la brevedad con la contratación antes mencionada, en virtud de que se les pueda dotar de los mismos a los responsables de las áreas solicitantes.

EXCEPCIONES AL PROCEDIMIENTO DE LICITACION PÚBLICA

Conforme a lo que se establece por el artículo 31 de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos, Contratación de Servicios y Obra Pública del Estado de Chihuahua, los entes públicos bajo su responsabilidad, podrán contratar adquisiciones, arrendamientos y servicios, así como obra pública, mediante los procedimientos que a continuación se señalan: I. Por licitación pública; II. Por

licitación restringida, en los términos y bajo las condiciones que determine el Presupuesto de Egresos respectivo, la que comprenderá: a) La invitación a cuando menos tres proveedores o contratistas según sea el caso; y b) La adjudicación directa.

Ahora bien, conforme al diverso numeral 101 de la ley en comento, por lo que corresponde al Gobierno del Estado, sus Organismos Públicos Descentralizados, las Empresas de Participación Estatal mayoritarias y a los Fideicomisos en los que el Gobierno del Estado tengan el carácter de Fideicomitentes, los montos de excepción para la Licitación Pública que se aplicarán serán los que se establezcan en su presupuesto de egresos en los cuales no incluye el impuesto al Valor Agregado.

Las modalidades anteriores se realizarán, siempre que las operaciones no se fraccionen para quedar comprendidas en este supuesto de excepción a la licitación pública. El salario mínimo general vigente (SMGV) será el que corresponda a la zona económica de ubicación de los diferentes municipios, así como de la sede de los Poderes del Gobierno del Estado, de conformidad con la resolución de la Comisión Nacional de Salarios Mínimos.

Sin embargo, la opción que ejerzan deberá fundarse, según las circunstancias que concurran en cada caso, en criterios de economía, eficacia, eficiencia, imparcialidad y honradez que aseguren las mejores condiciones para la Entidad, Ayuntamiento, Dependencia u Organismo respectivo. En el dictamen que al efecto se emita, deberán acreditar, de entre los criterios mencionados, aquellos en que se funde el ejercicio de la opción, considerando el monto del contrato y la naturaleza de la adquisición, arrendamiento, servicio u obra pública como en el presente caso ocurre, ya que se trata de la contratación del servicio de impresión de 1000 revistas; conforme a los motivos y especificaciones técnicas de la requisición 4845 de fecha 31 de agosto de 2015; emitida por la Subdirección de Extensión Universitaria de la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez.

No pasa por inadvertido por este Órgano Resolutor que se encuentra agregada una sola cotización, presentada en tiempo y forma por Bertha Alicia Acosta Flores; razón por la que se considera esta cotización por este Comité, como dictamen de carácter técnico y se determina que cumple con nuestros parámetros; empero esto no es suficiente, sino que es necesario determinar que la propuesta se encuentre dentro del techo presupuestal asignado a la contratación de dicho servicio, lo que se decidirá en su momento oportuno.

Discutida y analizada la solicitud en mérito y con fundamento en el artículo 101 de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos, Contratación de Servicios y Obra Pública del Estado de Chihuahua, se dictamina lo siguiente:

D I C T A M E N

I. Por las razones expuestas, es procedente la solicitud presentada por la Dirección de Administración y Finanzas, por lo cual, por unanimidad de votos de los integrantes de este Comité, se autoriza que la contratación que nos ocupa, se realice a través de un procedimiento de licitación restringida en su modalidad de Adjudicación Directa, quedando bajo la responsabilidad del área requirente solicitante contratar a las personas que cuenten con la capacidad de respuesta inmediata, los recursos necesarios y garantice satisfactoriamente el cumplimiento de las obligaciones requeridas. Siempre en apego a los criterios de economía, eficacia, eficiencia, imparcialidad y honradez que aseguren las mejores condiciones para el Estado.

II. Debido a que es considerada una contratación emergente y es indispensable contar a la brevedad de que se le pueda contratar el mencionado servicio a la responsable del área solicitante, esto, según el memorándum de fecha 31 de Agosto de 2015, signado por la Directora de Administración y Finanzas, la M.I. Ruth María Ayala Pérez; esto, aunado de observarse que en la requisición 4845 de la misma fecha se indican los motivos por los cuales se llega a tal extremo, se autoriza por este Comité, la reducción del plazo para la contratación del servicio citado con anterioridad, en apego a la ley antes mencionada.

III. En cuanto a que la cantidad adjudicada no rebasa el monto de $848,898.75 pesos (Ochocientos cuarenta y ocho mil ochocientos noventa y ocho pesos 75/100 moneda nacional), cifra establecida en el artículo Vigésimo Segundo del Presupuesto de Egresos del Gobierno del Estado de Chihuahua para el Ejercicio Fiscal del año 2015, de conformidad con los numerales 31 y 101 de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Contratación de Servicios y Obra Pública del Estado de Chihuahua, no existe objeción alguna por parte de este Comité resolutivo para que se lleve a cabo el procedimiento licitatorio restringido en su modalidad de adjudicación directa.

IV. En razón de lo antes expuesto, asígnesele el número de Expediente que le corresponda.

Por lo antes expuesto y fundado, este Comité de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios de la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez, es competente para resolver y resuelve:

PRIMERO.- Atendiendo la solicitud del área requirente, al tomar en consideración en el dictamen técnico, se determina adjudicar de manera directa la contratación que nos ocupa a los proveedor **Bertha Alicia Acosta Flores;** esto, al cumplir con los criterios de economía, eficacia, eficiencia, imparcialidad y honradez, quien además, deberá contar tanto con la capacidad de respuesta inmediata y los recursos necesarios y garantizar satisfactoriamente el cumplimiento de las obligaciones requeridas.

SEGUNDO.- Dese cabal cumplimiento a lo establecido en los puntos II y IV del capítulo relacionado al dictamen de la presente acta.

POR EL COMITÉ DE ADQUISICIONES, ARRENDAMIENTOS Y SERVICIOS DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CIUDAD JUÁREZ

LIC. ERNESTO LUJÁN ESCOBEDO
PRESIDENTE

M.I. RUTH MARÍA AYALA PÉREZ
SECRETARIA EJECUTIVA

M.A. JESÚS MANUEL FABELA RIVAS
VOCAL

LIC. LUIS A. COLORBIO APODACA
VOCAL

LIC. OSCAR LUIS MURILLO GÓMEZ
VOCAL

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CIUDAD JUÁREZ
DIRECCIÓN DE ADMINISTRACIÓN Y FINANZAS

Ciudad Juárez, Chih., a 31 de Agosto del 2015.

COMITÉ DE ADQUISICIONES, ARRENDAMIENTO Y SERVICIOS DE LA U.T.C.J.
P R E S E N T E

Por este conducto me permito solicitar de la manera más atenta, se norme la adquisición de los materiales o servicios relacionados en la(s) requisición(es) número **4845** de fecha(s) **31 de Agosto del 2015** emitida(s) por el(la) **Subdirección de Extensión Universitaria**, haciendo mención que se cuenta para tal propósito con los fondos suficientes para su adquisición y cuyo origen es: gasto de operación. De igual manera solicito la reducción del plazo para dicho procedimiento, debido a que es una compra o servicio emergente y es indispensable contar a la brevedad con ello, en virtud de que se les pueda dotar de los mismos al(os) responsable(s) del(as) área(s) solicitante(s).

Sin más por el momento agradezco la fineza de sus atenciones.

A T E N T A M E N T E

MTRA. RUTH MARÍA AYALA PÉREZ
DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN Y FINANZAS

c.c.p.- Archivo.

(Impresión 1,000 Revistas)

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CIUDAD JUAREZ
AV. UNIVERSIDAD TECNOLOGICA No. 3051, COL. LOTE BRAVO II C.P. 3269!
CD. JUAREZ CHIH. R.F.C. UTC-990612-B29

ORDEN DE COMPRA / SERVICIO

No. 2327

NOMBRE: ACOSTA FLORES BERTHA ALICIA "GRUPO LAZER CONSULTOR"
DIRECCION: PEDRO ROSALES DE LEON 6599 VILLAHERMOSA 0 CIUDAD JUÁREZ JUÁREZ CHIHUAHFECHA:31/08/2015
R.F.C.: AOFB450928XI1
TEL. Y FAX:2-07-58-18 6-87-83-50

FAVOR DE SURTIR EL SIGUIENTE MATERIAL, EQUIPO O SERVICIO, DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES MARCADAS EN ESTE DOCUMENTO, PREVIAMENTE COTIZADO CON USTEDES

Cant.	Unidad	Descripción	Precio Unit.	SubTotal
1000.00		IMPRESION DE REVISTA	48.00	48,000.00

SubTotal	48,000.00
I.V.A.	7,680.00
Total	55,680.00

REQ: 4845 // Por instrucciones del Rector y la Secretaria Academica se solicita la impresion de 1000 revi stas tamaño carta final, a color, de 80 paginas. // MOTIVO ASIGNACIÓN: UNICA COTIZACION, PROVEEDOR C REDITICIO

ATENTAMENTE

LIC. OSCAR LUIS MURILLO GÓMEZ
JEFE DEL DEPTO. DE RECURSOS MATERIALES
Y SERVICIOS GENERALES

AREA o DEPTO: SUBDIRECCIÓN DE EXTENSIÓN UNIV
TIPO DE MATERIAL: IMPRESION DE REVISTA
LABORATORIO: SI NO X
CHEQUE URGENTE: SI NO X
FORMA PAGO:
1 PAGOS DE $55680.00 A LOS 15 DIAS

OBSERVACIONES: _____

NOTA.- FAVOR DE ENVIAR SU FACTURA AL CORREO INSTITUCIONAL proveedores@utcj.edu.mx Y PONERSE EN CONTACTO CON UN SERVIDOR, PARA TRATAR ASUNTO DE TIEMPO DE ENTREGA Y CONDICIONES DE PAGO, ASÍ COMO LO NO PREVISTO.

F-AFI-09/R8

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CIUDAD JUÁREZ

REQUISICIÓN DE MATERIALES, ACTIVOS Y SERVICIOS

No. 4845
Fecha: 31/08/2015
Fecha situación: 31/08/2015 12:46

UNIDAD RESPONSABLE SOLICITANTE: 29 SUBDIRECCIÓN DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA - LIC. MARÍA TERESA ÁLVAREZ MA
DEPARTAMENTO: 1 SUBDIRECCIÓN DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA - LIC. MARÍA TERESA ÁLVAREZ MA

CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	SALIDA DE ALMACÉN E	P	FECHA	FIRMA DE RECIBIDO
1,000.00		004789 IMPRESION DE REVISTA				

E=Entregado P=Pendiente

IMPORTANTE: ESTA REQUISICIÓN TIENE VALIDEZ DURANTE EL MES VIGENTE Y LOS MATERIALES DEBERÁN SER RECOGIDOS DENTRO DEL MISMO PLAZO, DE NO SER ASÍ, SE INCORPORARÁN AL INVENTARIO DEL ALMACÉN GENERAL PARA SU DISPOSICIÓN.

OBSERVACIONES: Por instrucciones del Rector y la Secretaria Academica se solicita la impresion de 1000 revistas tam año carta final, a color, de 80 paginas.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CIUDAD JUÁREZ

REQUISICIÓN DE MATERIALES, ACTIVOS Y SERVICIOS

No. 4845
Fecha: 31/08/2015
Fecha situación: 31/08/2015 12:46

UNIDAD RESPONSABLE SOLICITANTE: 29 SUBDIRECCIÓN DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA - LIC. MARÍA TERESA ÁLVAREZ MA
DEPARTAMENTO: 1 SUBDIRECCIÓN DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA - LIC. MARÍA TERESA ÁLVAREZ MA

CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	SALIDA DE ALMACÉN E	P	FECHA	FIRMA DE RECIBIDO
1,000.00	004789	IMPRESION DE REVISTA				

E=Entregado P=Pendiente

IMPORTANTE: ESTA REQUISICIÓN TIENE VALIDEZ DURANTE EL MES VIGENTE Y LOS MATERIALES DEBERÁN SER RECOGIDOS DENTRO DEL MISMO PLAZO, DE NO SER ASÍ, SE INCORPORARÁN AL INVENTARIO DEL ALMACÉN GENERAL PARA SU DISPOSICIÓN.

OBSERVACIONES: Por instrucciones del Rector y la Secretaria Academica se solicita la impresion de 1000 revistas tam año carta final, a color, de 80 paginas.

COTIZACION

05753

BERTHA ALICIA ACOSTA FLORES

AVE.PEDRO ROSALES DE LEON # 6599, VILLAHERMOSA, JUAREZ, CHIH., C. Postal 32510
AOFB450928SI1 http://www.grupolazer.com.mx/ Tels: (656)618-0212, 618-0222 y 618-0333

idcliente	521	fecha	04/08/2015 09:35:03 p.m.	FechaEntrega	

Nombre Cliente:	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE CIUDAD JUAREZ				
Direccion:					
Colonia:	LOTE BRAVO II	Ciudad:	CD. JUAREZ	Estado:	CHIHUAHUA
Agente:	MarcoGallardo				
AT'n:	MARÍA TERESA ÁLVAREZ ESPARZA				

Producto	Descripcion	Cant.	PrecioU	Importe
REVISTAS	TAMANO CARTA FINAL, IMPRESA A COLOR, PORTADAS EN PAPEL COUCHE DE 200 GRAMOS, LAMINADA CARA EXTERIOR, INTERIORES EN PAPEL COUCHE DE 130 GRAMOS MATE, 80 PAGINAS TOTALES, TERMINADO PEGADO HOTMELT.	1000	$48.0000	$48,000.0000

Observaciones:

REVISTA UTCJ INVESTIGACION

Subtotal	$48,000.00
Iva	$7,680.00
Total	$55,680.00

☑

Cant. con Letra: (Cincuenta y cinco mil seiscientos ochenta pesos 00/100 MN)

Condiciones para llevar a cabo este trabajo:

1)- Autorización por Email u Orden de Compra
2)- Archivos de Diseño o Autorización de Diseño
3)- El trabajo se liberará **5** días hábiles a partir de la recepción de los requisitos mencionados.

Condiciones de Pago:

50% de anticipo al Iniciar y 50% al entregar su trabajo.

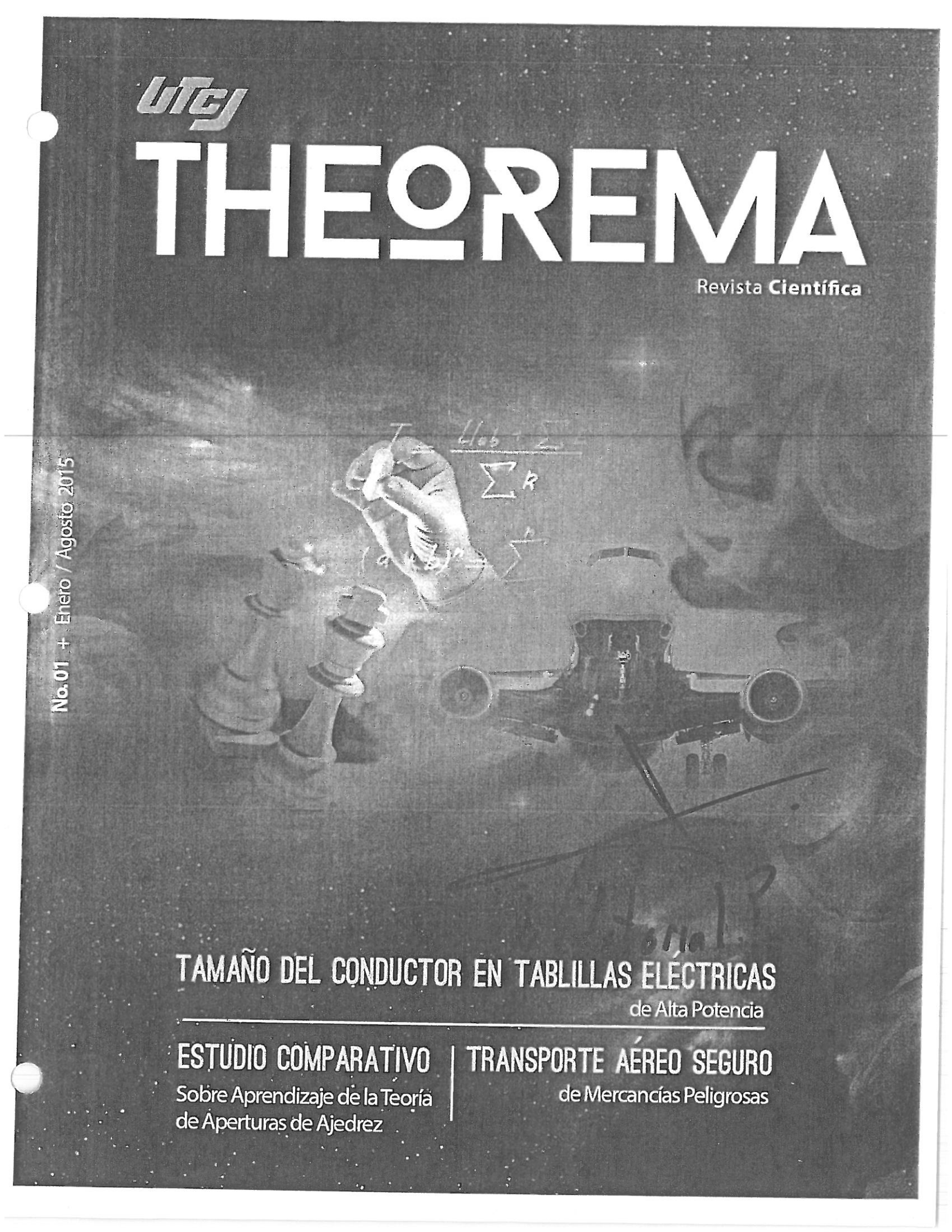
Imprenta Grupo Lazer no se hace responsable por errores de escritura o diseño DESPUES que el cliente haya revisado y autorizado.

UTCJ

THEOREMA

Revista **Científica**

No. 01 + Enero / Agosto 2015



TAMAÑO DEL CONDUCTOR EN TABLILLAS ELÉCTRICAS
de Alta Potencia

ESTUDIO COMPARATIVO
Sobre Aprendizaje de la Teoría de Aperturas de Ajedrez

TRANSPORTE AÉREO SEGURO
de Mercancías Peligrosas

En el marco de las celebraciones por su **XVI ANIVERSARIO**, la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez convoca a participar en el

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CIUDAD JUÁREZ

XVI Aniversario
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CIUDAD JUAREZ

CONGRESO UNIVERSITARIO 2015

Del 02 al 04 de septiembre

Sede UTCJ

La Investigación Como Herramienta del Desarrollo

TALLERES | CONFERENCIAS | EXPOSICIÓN DE PONENCIAS | EXPOSICIÓN DE CARTELES

LLAMADO A PUBLICAR:

El comité organizador invita a investigadores, docentes, estudiantes y profesionistas de los sectores públicos y privados a enviar trabajos de investigación básica y aplicada en las siguientes áreas:

1. **Tecnologías de la Información y Comunicación.**
2. **Ciencias Económico - Administrativas.**
3. **Ciencias de la Salud.**
4. **Ingeniería y Tecnología.**

Los trabajos aceptados serán publicados en un libro con registro ISBN, titulado "La Investigación como Herramienta del Desarrollo". Al menos un autor del artículo aceptado deberá registrar su participación mediante el pago de la cuota de recuperación correspondiente.

Los artículos podrán ser dictaminados para su presentación en **EXPOSICIÓN ORAL** o **CARTEL** durante la celebración del Congreso.

FECHAS IMPORTANTES:
Recepción de resúmenes: 19 de julio de 2015.
Dictamen de resúmenes: 22 de julio de 2015.
Recepción de artículos en extenso: 16 de agosto de 2015.
Notificación de dictámenes: 19 de agosto de 2015.
Recepción de artículos listos para impresión: 28 de agosto de 2015.

COSTO DE INSCRIPCIÓN POR ARTÍCULO $1,000.00.

ACERCA DEL RESUMEN:

EL RESUMEN DEBERÁ INCLUIR LO SIGUIENTE:
- Título de la investigación.
- Área temática.
- Autores (limitado a cuatro autores por trabajo).
- Contenido máximo: 250 palabras.
- Necesario incluir al menos tres palabras claves.
- Correo electrónico de autor corresponsal.

ACERCA DEL ARTÍCULO EN EXTENSO:
El artículo deberá incluir lo siguiente:
- Únicamente se recibirán artículos en formato Word 2007 y posteriores.
- Extenso limitado a seis cuartillas.

ENVIAR LOS TRABAJOS PROPUESTOS A:

comrevisor_congreso2014@utcj.edu.mx

Para mayor información del evento ingresar a:
comrevisor_congreso2014@utcj.edu.mx
http://congresouniversitario2015.utcj.edu.mx/files/lineamientos_articulo.docx
http://congresouniversitario2015.utcj.edu.mx/files/lineamientos_resumen.docx

SEP | Chihuahua | UTP

Av. Universidad Tecnológica No. 3051, Col. Lote Bravo II
Tel. (656) 649.06.08 y (656) 649.06.04

DIRECTO + RIO

+ GOBIERNO DEL ESTADO

Lic. César Horacio Duarte Jáquez
Gobernador Constitucional del Estado de Chihuahua

Dr. Marcelo González Tachiquín
Secretario de Educación, Cultura y Deporte

+ SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

Ing. Héctor Arreola Soria
Coordinador General de Universidades Tecnológicas y Politécnicas

+ UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CIUDAD JUÁREZ

Lic. Ernesto Luján Escobedo
Rector

Lic. Víctor Alfonso López Vivar
Abogado General

M.A. Jesús Manuel Fabela Rivas
Secretario Académico

M.I. Ruth María Ayala Pérez
Directora de Administración y Finanzas

M.C. Luis Alberto Colomo Chavoya
Director de Vinculación

Lic. Luis Antonio Colorbio Apodaca
Director de Planeación y Evaluación

Lic. Salvador Álvarez Mata
Director de las carreras: Logística Internacional, Negocios e Innovación Empresarial y Financiera y Fiscal

M.T.I., M.A.D. Luis Alberto Santos Berumen
Director de la carrera: Tecnologías de la Información y Comunicación

Ing. Ricardo Pérez Santellana
Director de la carrera: Mantenimiento Industrial y Nanotecnología

M.I. Arturo Iván Mendoza Arvizo
Director de la carrera: Mecatrónica

M.C. Ana Eréndida Rascón Villanueva
Director de las carreras: Terapia Física y Protección Civil y Emergencias

Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez
REVISTA UTCJ THEOREMA
Edición No. 1, enero/agosto 2015
Av. Universidad Tecnológica No. 3051
Col. Lote Bravo II
C.P. 3265
Tels. (656) 649.06.00 a 26
Ciudad Juárez, Chihuahua
Utcj.edu.mx

+ CONSEJO TÉCNICO

Dr. Iván Juan Carlos Pérez Olguín
Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez

Dr. Rodrigo Villanueva Ponce
Delphi Electrical Centers

Dr. Manuel Arnoldo Rodríguez Medina
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

Dr. Manuel Iván Rodríguez Borbón
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Dr. Santos Rafael Woder Morales
Delphi Connection Systems

Dr. Manuel Alonso Rodríguez Morachis
(Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

Dr. Ricardo Rodríguez Jorge
Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez

Dra. Nancy Angélica Coronel González
Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez

M.C. Consuelo Catalina Fernández Gaxiola
Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez

M.C. Miriam Margarita Ruiz Sánchez
Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez

M.I.I. David Oliver Pérez Olguín
Instituto Tecnológico de Los Mochis

+ CONSEJO EDITORIAL

Lic. María Teresa Álvarez Esparza
Subdirectora de Extensión Universitaria

M.D.O Jorge Ochoa Luna
Jefe del Departamento de Prensa y Difusión

Lic. Idalí Meléndez Domínguez
Coordinadora del área Editorial

Lic. Carlos Noé González Gutiérrez
Corrector de estilo

L.D.G Oscar Jaimes Ortega
Diseño Gráfico

SEP

Chihuahua

Chihuahua vive

UTyP

CONTENIDO

+ ARTÍCULO ARBITRADO #1 2
"Enfoque Alterno de la Técnica de TOPSIS al Utilizar la Distancia de Mahalanobis"

+ ARTÍCULO ARBITRADO # 2 8
"Tamaño del Conductor en Tablillas Eléctricas de Alta Potencia"

+ ARTÍCULO ARBITRADO # 3 16
"Determinación de los Factores Influyentes sobre los Índices de Reprobación y Eficiencia Terminal Mediante la Metodología MTS en una Institución de Educación Superior (IES)"

+ ARTÍCULO ARBITRADO # 4 22
"Estudio Comparativo sobre Aprendizaje de la Teoría de Aperturas de Ajedrez"

+ ARTÍCULO ARBITRADO # 5 30
"Transporte Aéreo Seguro de Mercancías Peligrosas"

+ ARTÍCULO ARBITRADO # 6 42
"Asignación de la Producción en Área de Moldeo con el Uso del Modelo de Tamaño de Lote Capacitado"

+ ARTÍCULO ARBITRADO #7 48
"Reducción de Defectos de Calidad de Proveedor a través de las Ocho Disciplinas"

+ ARTÍCULO ARBITRADO # 8 56
"Modelo de Ponderación para la Toma de Decisiones Multicriterio"

+ ARTÍCULO ARBITRADO # 9 64
"Diagnóstico y Simulación de Fallas en Máquinas de Inducción"

UTCJ Theorema, revista científica, año I, No. 1, enero/agosto 2015, es una publicación semestral, editada por la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez, Avenida Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez #3051, Col. Lote Bravo II, C.P. 32695, Tel. (656) 6490604, www.utcj.edu.mx. Editor responsable: Idalí Meléndez Domínguez. Reserva de Derechos de Uso Exclusivo, otorgado por el Instituto Nacional de Derecho de Autor, en trámite. Responsable de la última actualización de este número, Departamento de Prensa y Difusión, L.D.G. Oscar Jaimes Ortega, Avenida Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez #3051, Col. Lote Bravo II, C.P. 32695, fecha de la última modificación 30 julio de 2015.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Nacional del Derecho de Autor.

EDITORIAL

En este 2015 celebramos con gran orgullo el Décimo Sexto aniversario de la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez, y para festejarlo en grande, hemos decidido dar a conocer a la comunidad en general el nacimiento de la Revista Científica Theorema.

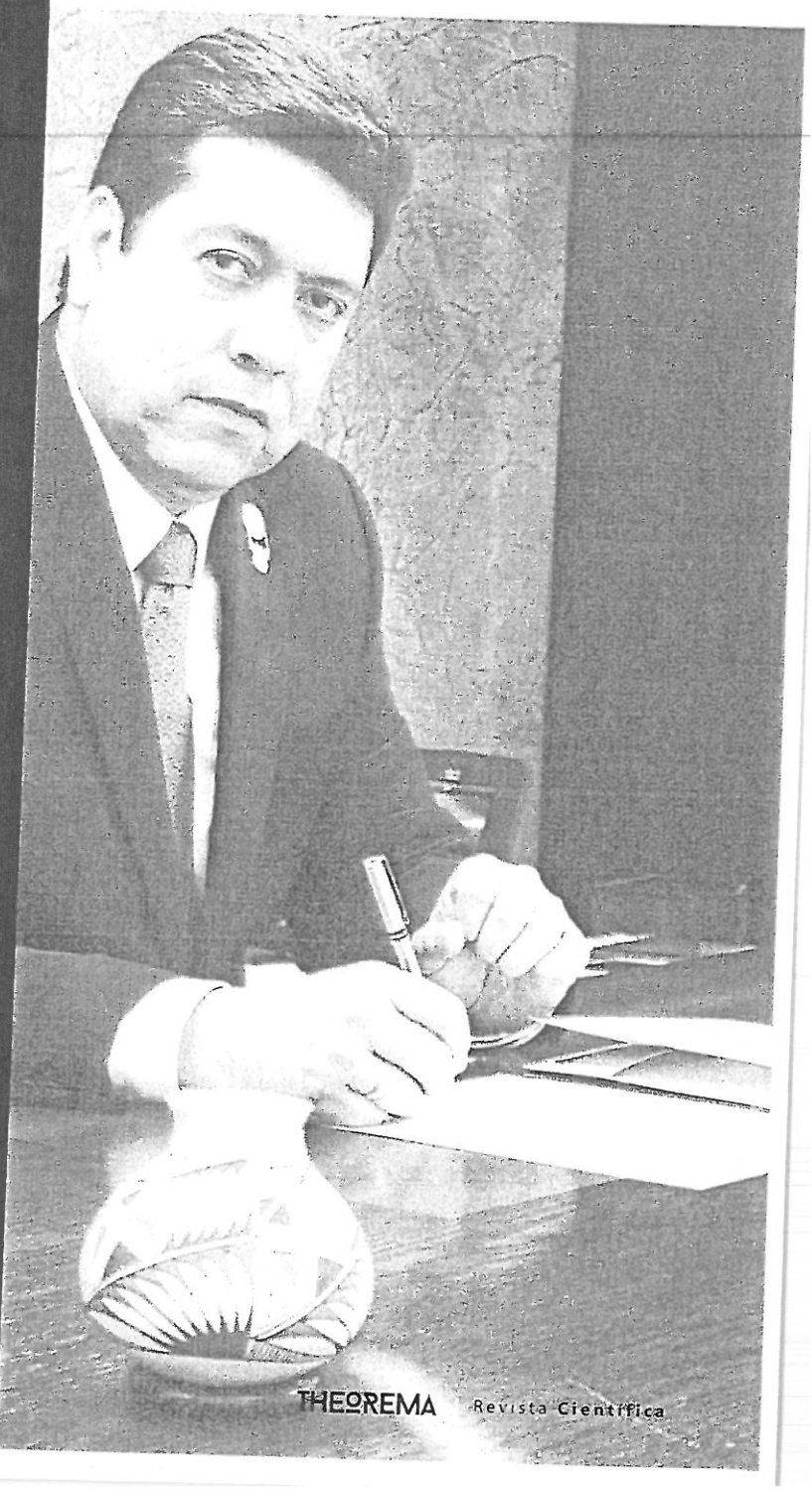
Fiel conocedora de que uno de los principales propósitos que componen al Subsistema de Universidades Tecnológicas es impulsar y apoyar la investigación científica y tecnológica de sus comunidades universitarias, desde su fundación, la UTCJ ha trazado su camino en base a la generación de nuevas y mejores estrategias en la enseñanza superior tecnológica en una de las ciudades con mayor demanda laboral en el sector industrial, despuntándose además en los últimos años como una de las universidades más grandes en cuestión de matrícula total inscrita del mencionado Subsistema. Gracias a este crecimiento exponencial y a los grandes logros y metas cumplidas, es que la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez ha podido generar y gestionar acciones que han logrado que un significativo número de maestros investigadores de la Institución, se sientan incentivados y motivados por generar y compartir nuevos conocimientos. Y justo por el gran prestigio que nos ha llevado a ser de las mejores Instituciones de Educación Superior Tecnológica en la región y el país, es este el momento que encontramos propicio para el surgimiento de la revista Theorema.

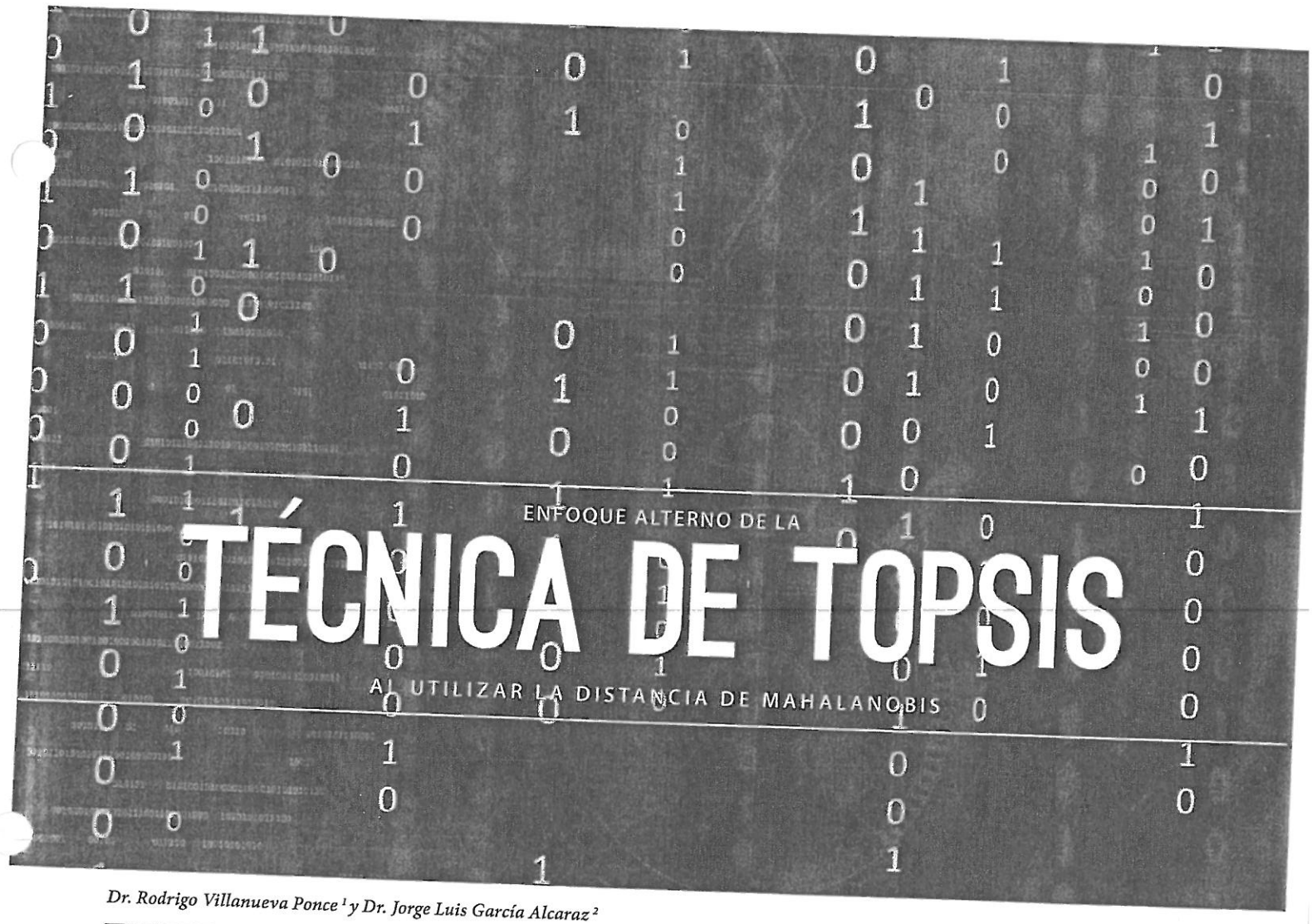
Los firmes objetivos de esta Casa de Estudios marcan una línea clara y puntual para propiciar el desarrollo de proyectos que tengan que ver con la transferencia tecnológica y de innovación con el sector productivo y de servicios. Theorema busca ser una revista que establezca alternativas, soluciones y respuestas a problemas concretos, a través de la investigación científica y el desarrollo tecnológico, fomentando así el interés por atender las necesidades específicas de la industria y el sector educativo en beneficio de todos. La Revista Theroema nace, además, con el ánimo de crear un espacio que propicie y fortalezca la capacidad de investigación en áreas estratégicas del conocimiento, conservando al mismo tiempo la identidad y los propósitos de enseñanza-aprendizaje del Subsistema de Universidades Tecnológicas. Desde luego, este nuevo espacio de referencia científica, se compromete en respetar la libertad de acción, de ideas y aportaciones, todo ello en rigor de sus lineamientos editoriales y de evaluación de contenidos mediante su consejo técnico y editorial.

Este primer número marca el inicio de un espacio que hemos construido como un referente de la investigación científica y los conocimientos que de ella se generan. La revista está dirigida especialmente para maestros y alumnos de nuestra Institución, pero también abre y dispone sus páginas para cualquier persona interesada que desee participar y aportar como investigador de la ciencia.

La invitación para ustedes, estimados lectores, es que disfruten de este primer ejemplar y que se sientan atraídos por alguno o todos sus artículos, escritos principalmente para despertar y continuar su interés por la ciencia.

Lic. Ernesto Luján Escobedo
Rector





ENFOQUE ALTERNO DE LA TÉCNICA DE TOPSIS AL UTILIZAR LA DISTANCIA DE MAHALANOBIS

Dr. Rodrigo Villanueva Ponce [1] y Dr. Jorge Luis García Alcaraz [2]

[1,2] Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Av. del Charro #450, Col. Partido Romero, C.P. 32310, Ciudad Juárez, Chihuahua.

Enviado: 13 de abril de 2015
Aceptado: 8 de mayo de 2015

villanueva.rodrigo@outlook.com

Resumen: Este artículo presenta un análisis alterno de la técnica TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), donde la distancia euclidiana es utilizada al aplicar este modelo multicriterio, sin embargo la técnica TOPSIS no toma en cuenta la correlación que existe entre los atributos que están siendo evaluados; no importando que existan algunos casos en las que estos atributos muestran una fuerte correlación. La distancia de Mahalanobis incorpora la correlación ya que se calcula utilizando la inversa de la matriz de la varianza-covarianza de los datos que están siendo analizados. Este artículo muestra el análisis de dos casos de estudio aplicando la técnica tradicional y la forma alterna propuesta, demostrando que hay una diferencia notable en el resultado al aplicar TOPSIS utilizando la distancia de Mahalanobis en lugar de la euclidiana.

✚ *Palabras clave: TOPSIS, modelo multicriterio, correlación, distancia euclidiana y distancia de Mahalanobis.*

Abstract: This article presents an alternative analysis for TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), where the Euclidean distance is used to apply this multi-model, however the TOPSIS technique does not take into account the correlation between attributes being evaluated; regardless that in some cases these attributes show a strong correlation. Mahalanobis distance as it incorporates the correlation is calculated using the inverse of the matrix of variance-covariance of the data being analyzed. This article shows the analysis of two cases of study using the traditional technique and the alternative proposed, showing that there is a noticeable difference in the outcome when applying TOPSIS using the Mahalanobis distance instead of Euclidean.

✚ *Keywords: TOPSIS, multi-criteria model, correlation, Euclidean distance and Mahalanobis distance.*

Introducción

El crecimiento de la competitividad industrial a nivel mundial está forzando a las compañías a invertir en Tecnología para la Manufactura Avanzada (TMA) para lograr sus metas, ya que estas inversiones ofrecerán beneficios operativos, económicos y ventajas competitivas (Parkan y Wu, 1999). Estas compañías se enfrentan a un problema de decisión al momento de tener que elegir de un grupo de opciones la alternativa que cumpla con las características deseadas por la organización.

Estas características comprenden atributos cualitativos como cuantitativos y pueden ser el precio del producto, su calidad, el ciclo de vida, el tiempo de producción, los servicios post-venta por parte del proveedor, etc., constituyendo la base de decisión que puede ser medida y evaluada.

Debido a esta necesidad de obtener herramientas para la toma de decisiones que ayuden a las organizaciones en la selección de las mejores tecnologías se han creado muchas técnicas, modelos y metodologías. Aunque la selección de atributos es una tarea de suma importancia, la disponibilidad de una amplia variedad de técnicas o metodologías hace de esta actividad un trabajo pesado, Luong (1998) y Yurdakul (2004).

Las técnicas de evaluación de proyectos tecnológicos pueden agruparse en tres corrientes principales: (1) estratégicas, (2) económicas y (3) analíticas (Yusuff y Mashmi, 2001). Las estratégicas tienen una amplia relación con la misión y visión de la empresa. Las económicas tienen un enfoque totalmente financiero y no integran atributos cualitativos en sus procesos de evaluación. Las técnicas de tipo analíticas se caracterizan por poder integrar en la evaluación a los atributos cualitativos y cuantitativos, además de que tienen un enfoque multicriterio y multiatributos.

Una de las técnicas analíticas para la evaluación multicriterio y multiatributos en la toma de decisiones es la denominada TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity an Ideal Solution), desarrollada por Hwangand y Yoon en 1981, recibiendo aportaciones por Zeleny en 1982 y Hall en 1989; fue mejorada por los propios autores Hwang y Yoon en 1987 y más tarde por Lai y Lui en 1993. Esta técnica está basada en el concepto de una alternativa ideal y una alternativa anti-ideal, a fin de definir la solución al problema de selección, definiendo un índice de similitud o de proximidad a la alternativa ideal.

Técnica TOPSIS

La técnica TOPSIS es un modelo multicriterio y multiatributos empleado cuando se presenta la necesidad de seleccionar una alternativa que cumpla con ciertos criterios definidos por cualquier empresa. Esta técnica está basada en la distancia euclidiana que existe entre un conjunto de alternativas a una alternativa ideal y otra anti-ideal. La definición y selección de atributos es un paso muy importante al momento de aplicar una técnica multicriterio como esta, para esto hay que definir el problema a tratar y los puntos a calificar. Los atributos reciben un valor característico que es utilizado al momento de la evaluación. Los valores de los atributos objetivos se dan por representación de la característica o atributos como por ejemplo el costo de algún producto, el tiempo de entrega, etc., los valores de los atributos subjetivos para la selección del proceso no son fácilmente cuantificables y son obtenidos por calificaciones de expertos en el tema. Algunas veces los valores obtenidos pueden tener discrepancias entre sí, ya que un experto puede calificar un atributo muy alto mientras que otro le puede asignar un valor muy bajo, para evitar que el promedio de los valores subjetivos se desfase, se omiten los valores extremos que puedan existir.

Distancia Euclidiana

La distancia euclidiana se utiliza en la técnica TOPSIS para medir la distancia ideal y anti-ideal entre los atributos. La ecuación (1) muestra la distancia euclidiana; la raíz cuadrada del cuadrado de la magnitud del vector diferencia. La distancia euclidiana no toma en cuenta la relación que puede llegar a existir entre los atributos o variables que estan siendo analizadas.

$$d_E(x,y) \equiv \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (1)$$

Distancia de Mahalanobis

La distancia de Mahalanobis permite determinar la similitud entre dos o más variables aleatorias siendo consideradas. Difiere de la distancia euclidiana debido a que ésta si considera la interacción entre las variables aleatorias o atributos. Toma en cuenta la dispersión de las variables y su correlación como Meloun (2001), Nocairi, Mostafa, Qannari y Vigneau (2005) lo mencionan. La distancia de Mahalanobis entre dos variables aleatorias con la misma distribución de probabilidad, se define según la ecuación (2).

$$d_M(\vec{x},\vec{y}) \equiv \sqrt{(\vec{x} - \vec{y})^T \Sigma^{-1} (\vec{x} - \vec{y})} \quad (2)$$

Colinealidad y correlación

El término colinealidad se refiere a una situación en la que dos o más atributos se encuentran interrelacionados, es decir, que cuando uno aumenta, el otro puede disminuir o aumentar de acuerdo a cierta regla de proporcionalidad. Existen muchas técnicas para la detección de la colinealidad entre un conjunto de atributos, entre las que se pueden mencionar la matriz de gráficos de dispersión, la matriz de correlación de los atributos, entre otros. La correlación es una técnica estadística que puede mostrar la fuerza de como pares de variables están relacionadas. El coeficiente de correlación se extiende desde -1, 0, 1. Si r es cercano a 0, significa que no existe una relación entre las variables, en cambio si r es positivo, significa que cuando una variable se hace más grande la otra a su vez también se hace más grande.

Si r es negativo, significa que a medida que una se pone más grande, la otra se hace más pequeña.

Caso de estudio

Esta sección presenta un caso de estudio titulado "A two-phase robot selection procedure" (Karsak, 1998). Este caso presenta 27 opciones de robots y 4 atributos a evaluar entre ellos. Los atributos a evaluar son de carácter cuantitativo como sigue: inversión de costo (X_1), Capacidad de Carga (X_2), Velocidad (X_3), Repetibilidad (X_4).

La revisión del caso muestra el análisis tradicional de la técnica TOPSIS utilizando la distancia euclidiana para encontrar la opción adecuada al caso. Como paso secundario se analiza el mismo caso con el enfoque de la distancia de Mahalanobis, considerando la correlación entre datos y obtener así la mejor opción para la selección.

Tabla 1. Caso de estudio: 27 robots y 4 atributos.

R_i	X_1	X_2	X_3	X_4
R_1	7.2	60	1.35	0.988
R_2	4.8	6	1.1	0.559
R_3	5	45	1.27	0.85
R_4	7.2	1.5	0.66	0.293
R_5	9.6	50	0.05	0.333
R_6	1.07	1	0.3	0.463
R_7	1.76	5	1	0.939
R_8	3.2	15	1	0.703
R_9	6.72	10	1.1	0.324
R_{10}	2.4	6	1	0.851
R_{11}	2.88	30	0.9	0.6
R_{12}	6.9	13.6	0.15	0.05
R_{13}	3.2	10	1.2	0.913
R_{14}	4	30	1.2	1
R_{15}	3.68	47	1	0.796
R_{16}	6.88	80	1	0.705
R_{17}	8	15	2	0.574
R_{18}	6.3	10	1	0.315
R_{19}	0.94	10	0.3	1
R_{20}	0.16	1.5	0.8	1
R_{21}	2.81	27	1.7	1
R_{22}	3.8	0.9	1	0.396
R_{23}	1.25	2.5	0.5	0.583
R_{24}	1.37	2.5	0.5	0.55
R_{25}	3.63	10	1	0.482
R_{26}	5.3	70	1.25	0.989
R_{27}	4	20.5	0.75	1

La Tabla 1 muestra los valores asignados a los atributos para cada uno de los 27 robots como grupo de opción, estos valores están dentro de los parámetros reales buscados por la compañía si algún atributo excede cualquiera de los datos se recomienda quitarse del análisis para evitar resultados dispersos.

Aplicando la técnica TOPSIS se busca una alternativa ideal (A+); formada por la combinación de valores que mejor definan la necesidad a solventar en la compañía y también define una alternativa anti-ideal (A-); conformada por la combinación de los datos que menos definan al producto como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Alternativa ideal y anti-ideal.

A+	0.16	205	2	0.05
A-	9.6	0.9	0.05	1

La normalización de los valores obtenidos de los atributos es un paso clave al momento de aplicar TOPSIS. La normalización permitirá establecer valores que puedan ser transformados a unidades adimensionales para poder establecer operaciones entre los mismos.

Sin embargo no todos los atributos tienen el mismo peso; existe la necesidad de dar un valor de importancia a cada uno, para esto se estableció un grupo de 5 expertos, formado por miembros de la misma compañía de los diferentes departamentos involucrados. Este grupo calificó de manera cualitativa los atributos sujetos a evaluación como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Valores asignados por expertos.

EXPERTO	X_1	X_2	X_3	X_4
E_1	8	2	2	8
E_2	5	9	9	5
E_3	6	8	8	6
E_4	7	7	7	7
E_5	5	9	9	5

En la Tabla 4 se puede apreciar la ponderación de los datos generados por los expertos Sin Valores Extremos (SVE), es decir, el experto 1 dio a los atributos X_2 y X_3 una calificación de 2, lo que difiere de la calificación que los demás expertos le dieron a dichos atributos, por lo tanto esta calificación se elimina de la lista al realizar la ponderación de datos.

Tabla 4. Ponderación de los atributos por SVE.

Atributo	X_1	X_2	X_3	X_4
Ponderación	0.235	0.265	0.265	0.235

En la Tabla 5 se muestra un comparativo de los resultados después de la aplicación de la técnica TOPSIS para el caso de estudio, la primer columna muestras las primeras 5 opciones en orden de semejanza a la alternativa ideal, la segunda columna muestra los resultados al aplicar la técnica de la forma comúnmente empleada utilizando la distancia euclidiana (sin considerar correlación), la tercer columna muestra los resultados que se obtienen al aplicar la manera alterna considerando la distancia de Mahalanobis (tomando en cuenta la dependencia o correlación entre atributos).

Tabla 5. Resultados de la técnica TOPSIS (Euclidiana vs. Mahalanobis).

ORDEN	TOPSIS Tradicional		TOPSIS Alterna	
1	R27	0.2989	R22	0.488
2	R16	0.6124	R17	0.493
3	R26	0.6158	R25	0.497
4	R21	0.6437	R11	0.498
5	R15	0.6572	R21	0.5

Resumen de resultados

Como se muestra en la Tabla 6 hay una diferencia notoria en los resultados, la técnica TOPSIS aplicada de la manera tradicional, selecciona la opción 27 como la más cercana a la alternativa ideal, en segundo lugar la opción 16, la 26 en tercer lugar, la 21 en cuarto lugar y como quinto lugar la opción 15. Esto quiere decir que para el supuesto de que los atributos no tienen correlación, la opción adecuada seria la 27 ya que presenta los mejores resultados comparados con las demás.

La técnica TOPSIS aplicada de la manera alterna arroja resultados diferentes, la opción a seleccionar según la técnica es la opción 22 como la mejor para la aplicación, seguida de la opción 17, como tercer lugar la opción 25, como cuarto la opción 11 y en quinto lugar la opción 21. Se puede apreciar que hay una discrepancia notoria en el resultado de las 5 primeras opciones, la opción a seleccionar en la técnica tradicional es la opción 27 mientras que en la opción alterna (considerando la correlación entre atributos) es la opción 22.

Tabla 6. Orden de selección.

ORDEN	TOPSIS Tradicional	TOPSIS Alterna
1	R27	R22
2	R16	R17
3	R26	R25
4	R21	R11
5	R15	R21

Conclusiones

La selección de opciones en la industria para solventar una necesidad que pueda ser la de desarrollar un producto, escoger una máquina para la operación, la selección de un brazo robot que haga cierta operación, etc., es de suma importancia porque de aquí se parte para que el final del proceso o de la actividad a realizar tenga éxito o no.

La técnica TOPSIS es una metodología multiatributos y multicriterio que se introduce en este artículo como herramienta que provee un medio práctico para establecer la selección de la mejor opción cuando varios atributos necesitan ser evaluados dentro de un grupo de opciones. Este artículo propone un medio alterno para aplicar esta técnica ya que los atributos generalmente pueden llegar a presentar colinealidad, es decir, al alterar uno este puede impactar a algún otro, en el caso de estudio evaluado se puede asumir que si la capacidad de carga del robot necesita ser aumentada esto puede provocar que el costo del mismo también aumente. Utilizando la distancia de Mahalanobis este tipo de relación entre atributos ya se toma en cuenta y al final el resultado será mejor ya que está considerando estas características en la toma de decisión. Los resultados muestran que la selección cambia si se aplica la técnica como tradicionalmente se hace al utilizar la distancia euclidiana contra la distancia de Mahalanobis.

Finalmente, la selección muestra que la técnica es mejorada al introducir la correlación de atributos ya que proporciona la opción adecuada que considera el impacto entre los atributos.

Bibliografía

+ Karsak E. E. (1998), "A two-phase robot selection procedure" Production Planning & Control. Vol 9. No 7, 675-684

+ Luong L. H. S. (1998) "A decision support system for the selection of computer integrated manufacturing technologies" Robotics and Computer Integrated Manufacturing. Vol 14. No 1. 45–53

+ Meloun, M y J. V. Miličky (2001), "Detection of single influential points in OLS regression model building" Analytica Chimica Acta. Vol 439. No 2. 169-191

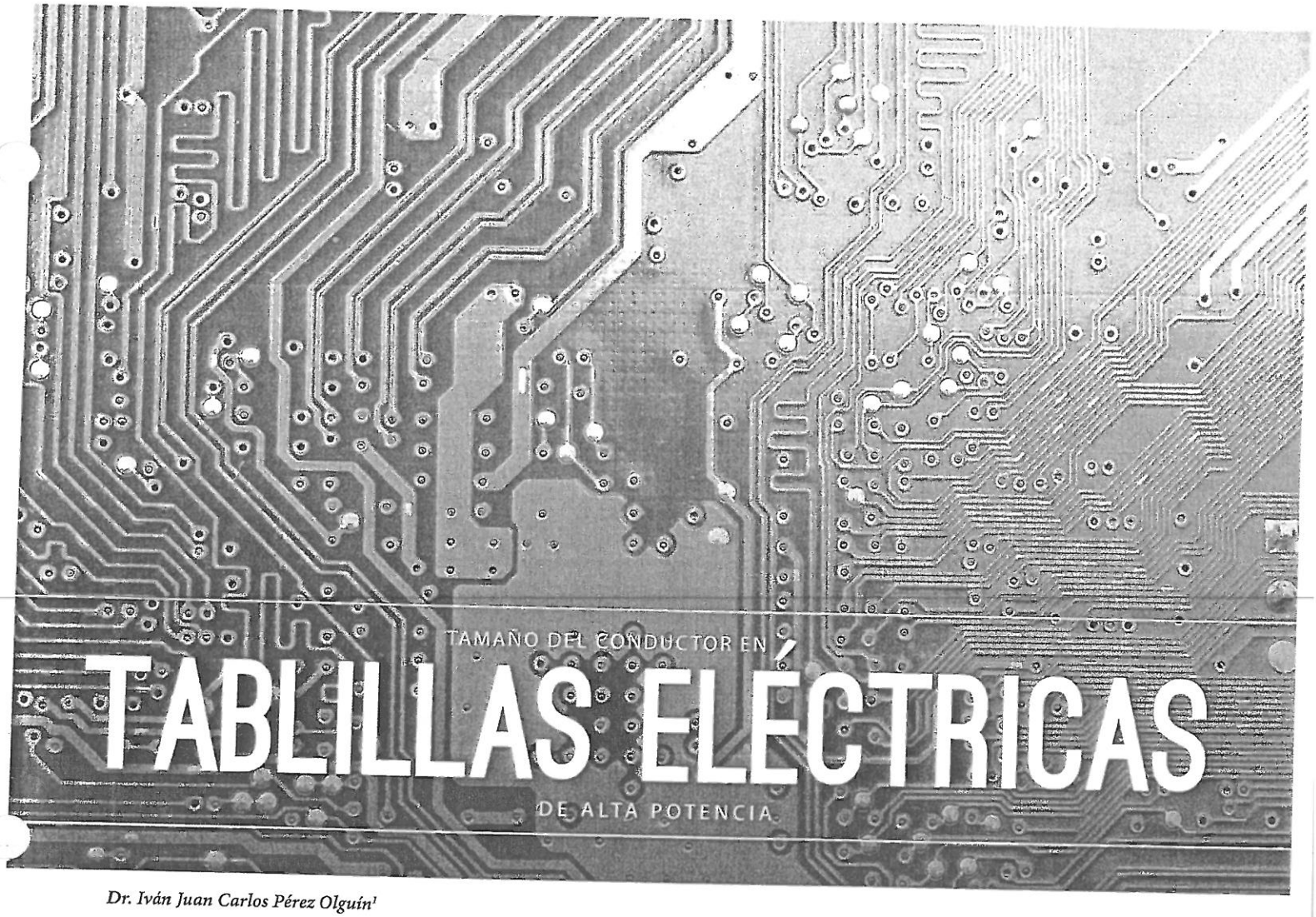
+ Nocairi H., Mostafa E., Qannari E. y Vigneau D. B. (2005), "Discrimination on latent components with respect to patterns. Application to multicollinear data" Computational Statistics and Data Analysis. Vol 48. No 1. 139-147

+ Parkan C. y Wu L. (1999) "Decision-making and performance measurement models with applications to robot selection" Computers & Industrial Engineering. Vol 36. No 3. 503-523

+ Yurdakul M. (2004) "Selection of computer integrated manufacturing technologies using a combined analytic hierarchy process and goal programming model" Robotics and Computer Integrated Manufacturing. Vol 20. No 3. 29–40

+ Yurdakul M. y Tansel Y. (2009) "Application of correlation test to criteria selection for multi criteria decision making (MCDM) models" International Journal of Advanced Manufacturing Technology. Vol 40. 403-412

+ Yusuff R. y Mashmi M. (2001), "A preliminary study on the potential use of the analytical hierarchical process (AHP) to predict advanced manufacturing technology implementation" Robotics and Computer - Integrated Manufacturing. Vol. 17. No 5. 421–427



TAMAÑO DEL CONDUCTOR EN TABLILLAS ELÉCTRICAS DE ALTA POTENCIA

Dr. Iván Juan Carlos Pérez Olguín[1]

[1] *Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez, Av. Universidad # 3051, Colonia Lote Bravo II, C.P. 32965, Ciudad Juárez, Chihuahua.*

Enviado: 6 de abril de 2015
Aceptado: 18 de mayo de 2015

ivan_perez@utcj.edu.mx

Resumen: El cálculo del tamaño mínimo de un conductor eléctrico es siempre el primer punto de interés al momento de diseñar una tablilla eléctrica de alta potencia; en este artículo se presentan los factores considerados para calcular el tamaño del conductor, las fórmulas matemáticas utilizadas, la revisión del estado del arte y las reglas de conservación definidas para proteger los circuitos de una sobrecarga eléctrica; asimismo se presentan dos métodos para definir el tamaño del conductor basados en estándares internacionales (método actual y método propuesto), los resultados de las pruebas de validación y análisis estadísticos que respaldan la implementación del método propuesto en el diseño de las tablillas eléctricas de alta potencia utilizadas en centrales eléctricas destinadas a la industria automotriz.

✚ *Palabras clave: Incremento de temperatura, tamaño del conductor y manejo de corriente.*

Abstract: The minimal size for the conductor calculation is always the first point of interest when an electrical designer is creating a High Power Printed Circuit Board; in this paper you will see the factors considered to calculate the conductor size, the math information, the background information for the factors selection and the conservative rules implemented to protect the circuits for an overload; in addition this document shows two different methods to define the conductor size for the Printed Circuit Board based in international standards (current and proposal), the validation data and the statistical results to support the implementation for the proposal method in the electrical centers design used in the automotive industry.

✚ *Keywords: Temperature rise, trace width size and current carrying capacity.*

Introducción

Uno de los aspectos clave en el desarrollo de las tablillas eléctricas de alta potencia consiste en determinar el tamaño apropiado del conductor para un flujo de corriente, definido por los requerimientos del circuito eléctrico. Para ello es necesario considerar el tipo de material utilizado en la manufactura de la tablilla eléctrica, por lo general cobre, ya que dicho material presenta una cantidad específica de impedancia, con pérdida de energía en la forma de calor. Para determinar una buena aproximación de la capacidad de manejo de corriente, un incremento de temperatura teórico es pre-seleccionado por el diseñador eléctrico. Siendo los factores considerados para los cálculos: (1) el ancho del conductor, (2) el grosor del conductor y (3) el valor de resistividad eléctrica del material utilizado.

La resistividad del cobre es definida utilizando los valores contenidos en el IPC-4101. El ancho y el grosor del conductor son determinados en base a la cantidad de corriente requerida, al incremento de temperatura máximo permisible y al espacio físico disponible. El incremento de temperatura en el conductor se define como la diferencia entre la temperatura de operación máxima permisible del material laminado y la temperatura ambiental máxima donde la tablilla eléctrica de alta potencia estará ubicada.

El presente documento analiza dos métodos para definir el ancho del conductor, uno basado en el IPC-D-275 y el otro en el IPC-2221/IPC-2152; los datos y el análisis estadístico prueban que los métodos de cálculo no tienen impacto negativo en los requerimientos de manejo de corriente definidos por los clientes y solamente incorporan el estado del arte plasmado en los estándares internacionales analizados.

Estándares internacionales

Mitzner (2009) señala que es posible encontrar varios estándares relacionados con el diseño de las tablillas eléctricas, creados por el Institute of Printed Circuits (IPC – Association Connecting Electronics Industries), la Electronic Industries Alliance (EIA), el Joint Electron Device Engineering Council (JEDEC), el International Engineering Consortium (IEC), el US Department of Defense, el American National Standard Institute (ANSI) y el Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

Para el caso de la industria automotriz y de esta investigación, las reglas de diseño están basadas en los estándares IPC, que es una asociación global formada por más de 2,300 compañías. Los estándares desarrollados son generados por diversos contribuidores entre los que se encuentran diseñadores eléctricos, compañías manufactureras de tablillas eléctricas, compañías dedicadas al ensamble de componentes electrónicos, proveedores y desarrolladores de equipo. Estos miembros brindan lecciones aprendidas y buenas prácticas a las mesas técnicas, para discusión y debate, posteriormente el IPC documenta y disemina el conocimiento a toda la industria, en forma de estándares de diseño y construcción (Mitzner, 2009).

IPC D-275 ancho del conductor

Brooks (1998, 2012, 2013) propone un modelo común en termodinámica para estimar la capacidad de manejo de corriente de los conductores en condiciones de uso general. Partiendo de la idea de que el cambio de temperatura en un conductor es proporcional a I^2R o $\Delta T \approx I^2R$. Como R es inversamente proporcional al área, A, es posible reescribir la ecuación anterior como $\Delta T \approx I^2/A$; lo cual resulta en $I \approx ((\Delta T)(A))^{1/2}$ o $I \approx (\Delta T)^{1/2} (A)^{1/2}$ y finalmente se obtiene la ecuación general para el cálculo del manejo de corriente:

$$I = (K)(\Delta T^{\beta 1})(A^{\beta 2}) \qquad (1)$$

Donde, I indica la corriente en amperios, ΔT el cambio en la temperatura a partir del ambiente en °C y A el área en mils². Para estimar los coeficientes K, β1 y β2 de la ecuación (1) es conveniente convertirla a su forma lineal, aplicando logaritmos, lo que resulta en:

$$Ln(I) = Ln(K) + \beta 1 Ln(\Delta T) + \beta 2 Ln(A) \qquad (2)$$

Brooks (1998) analizó la ecuación (2) utilizando las gráficas de corte transversal del IPC-D-275 para cuatro diferentes grosores del conductor y 300 puntos aleatorios, con ello obtuvo los valores de los parámetros (K, β1 y β2) y el modelo de regresión siguiente:

$$Ln(I) = -2.73791 + 0.428273 Ln(\Delta T) + 0.67321 Ln(A) \qquad (3)$$

Que al ser reescrito en la forma de la ecuación (1), resulta en:

$$I = (0.0647)(\Delta T^{0.428})(A^{0.673}) \qquad (4)$$

Sin embargo hay varios problemas con los valores obtenidos y con los datos fuente, siendo el principal la insuficiente información contenida en las gráficas de corte transversal, referente al factor de forma de los conductores sujetos a estudio. Las limitaciones principales son:

- No se proporciona una vía independiente para obtener el ancho y el grosor del conductor (se obtienen por estimación).
- El máximo valor de corriente analizado es 35A para conductores ubicados en capas externas de la tablilla eléctrica.
- El máximo valor de corriente analizado es 17.5A para conductores ubicados en capas internas de la tablilla eléctrica.
- Solamente son considerados cuatro tipos de grosor del material conductor (1/2, 1, 2 y 3 onzas por pie cuadrado).
- El máximo ΔT considerado, para conductores ubicados en capas externas de la tablilla eléctrica, es de 100°C a partir de la temperatura ambiente.
- El máximo ΔT considerado, para conductores ubicados en capas internas de la tablilla eléctrica, es de 45°C a partir de la temperatura ambiente.

IPC-2221/IPC-2152 ancho del conductor

Los parámetros utilizados en el IPC-2221/IPC-2152 difieren a los utilizados en el IPC-D-275 en la medida de que estos últimos tienden a ser más conservadores y proveen tamaños del conductor mayores a los requeridos. Por tanto los valores de los parámetros calculados en el IPC-2221/IPC-2152 presentan datos de pruebas más confiables para las gráficas de corte transversal; por lo que el nuevo modelo reemplaza al modelo incluido en el IPC-D-275, ya que los valores de las constantes K, β1 y β2, han sido actualizados para proveer una mejor aproximación a la gráfica de corte transversal, como se observa a continuación:

$$I = (0.048)(\Delta T^{0.44})(A^{0.725}) \quad (5)$$

Donde, I indica la corriente en amperios, ΔT el cambio en la temperatura a partir del ambiente, expresado en °C y A el área en mils^2. Otros autores y compañías utilizan diferentes valores de constantes los cuales son obtenidos por simulación matemática.

Incremento de temperatura teórico

Determinar el incremento de temperatura teórico (ΔT) es clave para el diseño de las tablillas eléctricas de alta potencia, ya que incide directamente en el tamaño del conductor eléctrico, por lo general la industria automotriz considera para las centrales eléctricas un valor de ΔT=20°C si están ubicadas bajo el cofre o cercanas a fuentes de calor y de ΔT=30°C si se ubican en el interior o en la parte trasera del vehículo. La fórmula utilizada es:

$$\Delta T = T_{Transición} - T_{Ambiente} - T_{Seguridad} \quad (6)$$

Donde, ΔT representa el incremento de temperatura, $T_{Transición}$ la temperatura de transición, $T_{Ambiente}$ la temperatura ambiente donde la central eléctrica estará ubicada y $T_{Seguridad}$ la temperatura de seguridad establecida como factor de protección contra variaciones entre lo calculado y la realidad, que puedan generar riesgo de sobrecalentamiento. La Figura 1 despliega las temperaturas de la ecuación (6) por ubicación de la central eléctrica.

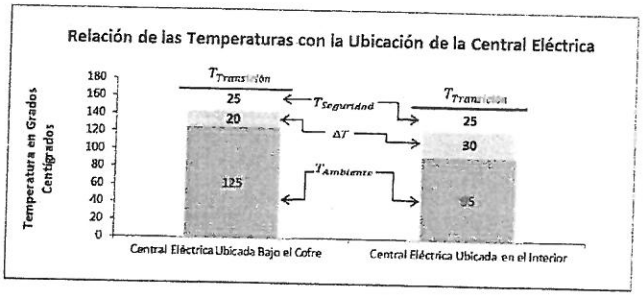


Figura 1. Relación de las temperaturas con la ubicación de la central eléctrica.

Supuestos para el diseño de centrales eléctricas

Como anteriormente se mencionó, el estándar IPC incluye una gráfica con la relación de la capacidad de manejo de corriente, para varios incrementos de temperatura, con respecto a las áreas de corte transversal, tanto para conductores internos y externos. Partiendo de estas gráficas un diseñador es capaz de calcular el grosor y el ancho del conductor necesario para un valor especifico de corriente y predecir la temperatura de operación teórica en el sistema. Sin embargo, el IPC-2221 y el IPC-D-275 son copias de las conclusiones obtenidas por el National Bureau of Standard y están basadas en datos históricos obtenidos por medios empíricos más que por pruebas de validación, Bolton Institute (2003).

El IPC-2152 incluye factores adicionales para calcular la capacidad de manejo de corriente. Estos hacen que los resultados obtenidos sean más conservadores y, lamentablemente, también se encuentran limitados a valores de corriente y de grosor de los conductores, menores a los utilizados por las centrales eléctricas. Mike Jouppi (Presidente de la Mesa Técnica, responsable del desarrollo del IPC-2152) menciona, justificando la inclusión de los factores al estándar, que para calcular el tamaño del conductor existen otros factores ademas de la corriente, el área transversal y el incremento de temperatura, sin embargo son estos los de mayor impacto. Entre los factores incluidos se encuentran, el tipo y el grosor del sustrato, la presencia de capas adyacentes, el ambiente, la disipación de corriente, la configuración y la orientación del ensamble final.

Supuestos considerados en el método de diseño propuesto:

- Las tablillas eléctricas diseñadas utilizan valores fuera del alcance de los estándares, por tanto se requiere extrapolar los valores contenidos en el IPC-2152 y utilizar la corriente, el area transversal y el incremento de temperatura teórico para el cálculo del ancho del conductor.
- El ancho del conductor requiere ser calculado para el valor del fusible más el 35%, lo anterior protege al circuito eléctrico de una sobrecarga.
- La máxima corriente esperada en el circuito eléctrico es del 70% del valor del fusible.
- El ΔT para las tablillas eléctricas ubicadas bajo el cofre, o cercanas a fuentes de calor, es de 20°C, para una $T_{Ambiente}$=125°C. El ΔT puede ser recalculado acorde a la ecuación (6) para distintos valores de $T_{Ambiente}$.
- El ΔT para las tablillas electricas ubicadas en el interior, es de 30°C, para una $T_{Ambiente}$=95°C. El ΔT puede ser recalculado acorde a la ecuación (6) para distintos valores de $T_{Ambiente}$.
- No se consideran diferencias para calcular el ancho del conductor ubicado en capas internas o externas de la tablilla eléctrica. No importando que el estándar IPC utilice diferentes curvas de aproximación para cada condición.

La Figura 2 despliega una comparación gráfica de los métodos utilizados en el estudio, para calcular el ancho del conductor contra los estándares IPC, considerando ΔT=20°C y una onza de grosor del conductor.

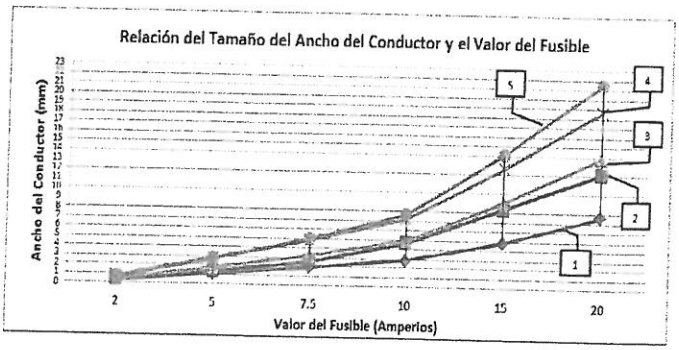


Figura 2. Ancho del conductor y valor del fusible.

Descripción:

1. Representación del ancho del conductor, calculado para el 70% del valor del fusible, que es la corriente máxima esperada bajo condiciones de operación normal.

2. Representación del ancho del conductor, calculado para el 100% del valor del fusible, en base a las gráficas de los IPC-2221/IPC-2152.

3. Representación del ancho del conductor calculado para el 100% del valor del fusible, en base a las gráficas del IPC-D-275.

4. Representación del ancho del conductor de acuerdo al método de diseño propuesto, en base al IPC-2221/IPC-2152, considerando el 135% de valor del fusible.

5. Representación del ancho del conductor de acuerdo al método de diseño actual, en base al IPC-D-275, considerando el 135% de valor del fusible.

En conclusión, cuando el conductor es energizado, la corriente que fluye a través de él genera calor, creando un incremento de temperatura entre el conductor y el ambiente que lo rodea. Dependiente del área transversal, el grosor de la tablilla eléctrica, el material dieléctrico, las capas de cobre adyacentes y las condiciones ambientales.

Sin embargo, para las estimaciones, aplicadas a los métodos de diseño estudiados, no se consideran todos estos factores, debido a que algunos de ellos, se encuentran aún bajo estudio y los resultados de prueba desplegados en la siguiente sección han demostrado que los márgenes de seguridad establecidos en la ecuación (6), son suficientes para prevenir daños a la tablilla eléctrica bajo condiciones de operación normal.

Análisis comparativo del diseño actual y del diseño propuesto

Para validar los métodos, se analizaron los diferentes valores de parámetros de la ecuación (1), el diseño actual basado en el IPC-D-275 (Figura 2, línea 5) y el diseño propuesto basado en los IPC-2221/IPC-2152 (Figura 2, línea 4). Para demostrar que el cambio en los valores de los parámetros, así como los supuestos planteados, no tiene un impacto significativo en el desempeño de la central eléctrica, se diseñaron tablillas eléctricas por los dos métodos, respetando las entradas y salidas presentes en los planos eléctricos y se ordenaron piezas prototipos para someterlas a pruebas de validación; las pruebas específicas aplicadas fueron la disipación de potencia y el mapeo térmico. La Tabla 1 presenta una comparación de las piezas prototipos sujetas a estudio:

Tabla 1. Características de las tablillas eléctricas para el diseño actual y el diseño propuesto.

Características de la Tablilla	Diseño Actual	Diseño Propuesto
Capas de Cobre	6 capas	4 capas
Onzas por Capa	4 onzas	4 onzas
IPC Utilizado	IPC-D-275	IPC-2221/2152
Peso de la Tablilla	215 gramos	173 gramos

La Figura 3 muestra un análisis dimensional que permite verificar que las tablillas eléctricas provistas por los proveedores cumplen con el grosor mínimo de cobre requerido por la Tabla 3.11 y la Tabla 3.12 contenidas en el IPC-6012, para ambos métodos de diseño.

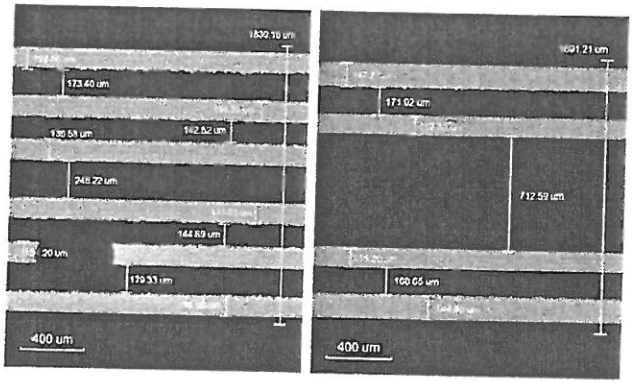


Figura 3. Vistas transversales de las tablillas eléctricas con diseño actual y diseño propuesto.

La prueba de disipación de potencia provee información acerca de la habilidad de la central eléctrica (la cual contiene a la tablilla eléctrica) para manejar y disipar el calor. El mapeo térmico provee información de la localización de las áreas térmicas críticas de la central eléctrica. Para las dos pruebas la temperatura registrada no debe de exceder la $T_{Ambiente}$ en más de 45°C, ya que esto sobrepasaría la $T_{Transición}$ de la tablilla eléctrica; para el caso de la central eléctrica estudiada la temperatura ambiente es de 125°C. La Tabla 2 muestra la caída de voltaje registrada en dos piezas, las mediciones fueron obtenidas antes y después de la prueba de disipación de potencia, siendo los valores similares en ambos métodos de diseño.

Tabla 2. Valores de caída de voltaje antes y después de la prueba de disipación de potencia.

Diseño Actual

Caída de Voltage @ 1 amps

Valores Iniciales					Muestra	
Lectura	Nombre del Circuito	Identificación del Fusible	Tamaño del Fusible	Tipo de Fusible	#1	#2
					(mV)	
1	ABS VALVES	F71	30	Micro J-Case	9.1	9.0
2	ABS PUMP	F84	60	J-Case	4.6	4.6
3	CIGAR PWR PT1	F10	20	Micro J-Case	18.2	18.1
4	PWR PT3	F5	20	Micro J-Case	18.9	18.8
5	TRANS OIL	F78	20	Micro J-Case	12.0	11.9
6	HORN	F49	20	Micro	28.0	27.4
7	EFAN #1	F61	40	J-Case	9.1	8.7
8	EFAN #2	-	-	-	10.4	10.1
9	EFAN #2	F64	30	Micro J-Case	16.2	19
10	EFAN #3	F60	40	J-Case	9.2	9
11	HEATED BACKLIGHT	F69	40	Micro J-Case	9.3	8.8
12	FUEL PUMP	F88	30	Micro J-Case	12.00	12.40
13	VPWR2	F8	20	Micro	19.10	18.80
14	A/C CLUTCH	F22	10	Micro	40.40	40.20
15	BLOWER MOTOR	F81	40	J-Case	10.30	8.60
16	STARTER	F86	30	Micro J-Case	11.70	11.70

Valores Finales					Muestra	
Lectura	Nombre del Circuito	Identificación del Fusible	Tamaño del Fusible	Tipo de Fusible	#1	#2
					(mV)	
1	ABS VALVES	F71	30	Micro J-Case	9.2	9.2
2	ABS PUMP	F84	60	J-Case	4.6	4.6
3	CIGAR PWR PT1	F10	20	Micro J-Case	18.3	18.4
4	PWR PT3	F5	20	Micro J-Case	19.1	19.0
5	TRANS OIL	F78	20	Micro J-Case	12.1	12.0
6	HORN	F49	20	Micro	28.2	27.9
7	EFAN #1	F61	40	J-Case	14.9	8.9
8	EFAN #2	-	-	-	11.1	16.9
9	EFAN #2	F64	30	Micro J-Case	17.6	23.1
10	EFAN #3	F60	40	J-Case	10.8	9.1
11	HEATED BACKLIGHT	F69	40	Micro J-Case	8.6	8.5
12	FUEL PUMP	F88	30	Micro J-Case	11.80	13.10
13	VPWR2	F8	20	Micro	22.20	20.80
14	A/C CLUTCH	F22	10	Micro	41.10	41.10
15	BLOWER MOTOR	F81	40	J-Case	13.50	11.80
16	STARTER	F86	30	Micro J-Case	14.90	13.70

Diseño Propuesto

Caída de Voltage @ 1 amps

Valores Iniciales					Muestra	
Lectura	Nombre del Circuito	Identificación del Fusible	Tamaño del Fusible	Tipo de Fusible	#1	#2
					(mV)	
1	ABS VALVES	F71	30	Micro J-Case	9.2	9.2
2	ABS PUMP	F84	60	J-Case	4.7	4.8
3	CIGAR PWR PT1	F10	20	Micro J-Case	19.5	19.5
4	PWR PT3	F5	20	Micro J-Case	20.2	20.2
5	TRANS OIL	F78	20	Micro J-Case	12.1	12.0
6	HORN	F49	20	Micro	29.6	29.9
7	EFAN #1	F61	40	J-Case	8.9	9.1
8	EFAN #2	-	-	-	11.6	12.0
9	EFAN #2	F64	30	Micro J-Case	14.0	14.3
10	EFAN #3	F60	40	J-Case	9.4	9.1
11	HEATED BACKLIGHT	F69	40	Micro J-Case	9.7	8.8
12	FUEL PUMP	F88	30	Micro J-Case	12.4	12.5
13	VPWR2	F8	20	Micro	19.3	19.2
14	A/C CLUTCH	F22	10	Micro	44.6	44.9
15	BLOWER MOTOR	F81	40	J-Case	9.3	8.9
16	STARTER	F86	30	Micro J-Case	11.6	11.5

Valores Finales					Muestra	
Lectura	Nombre del Circuito	Identificación del Fusible	Tamaño del Fusible	Tipo de Fusible	#1	#2
					(mV)	
1	ABS VALVES	F71	30	Micro J-Case	9.2	9.2
2	ABS PUMP	F84	60	J-Case	4.7	4.7
3	CIGAR PWR PT1	F10	20	Micro J-Case	19.4	19.6
4	PWR PT3	F5	20	Micro J-Case	20.2	20.2
5	TRANS OIL	F78	20	Micro J-Case	12.1	12.0
6	HORN	F49	20	Micro	29.6	29.7
7	EFAN #1	F61	40	J-Case	13.1	9.2
8	EFAN #2	-	-	-	19.6	14.4
9	EFAN #2	F64	30	Micro J-Case	16.7	15.8
10	EFAN #3	F60	40	J-Case	9.6	12.5
11	HEATED BACKLIGHT	F69	40	Micro J-Case	8.7	8.9
12	FUEL PUMP	F88	30	Micro J-Case	12.3	13.4
13	VPWR2	F8	20	Micro	21.8	20.8
14	A/C CLUTCH	F22	10	Micro	45.9	45.2
15	BLOWER MOTOR	F81	40	J-Case	9.6	13.0
16	STARTER	F86	30	Micro J-Case	13.5	13.5

La Figura 4 incluye el ΔT obtenido después de la prueba de disipación de potencia para ambos diseños. La temperatura máxima registrada fue de 161.2°C para el diseño actual en el componente K33, siendo este mismo componente el de mayor temperatura en el diseño propuesto 160.9°C. En base a estos resultados es posible asumir que no existe diferencia en el crecimiento de temperatura, a nivel central eléctrica, entre los dos diseños. Sin embargo, para proveer una mejor evidencia visual, la Figura 4 tambien despliega imágenes térmicas, donde también se observan resultados similares.

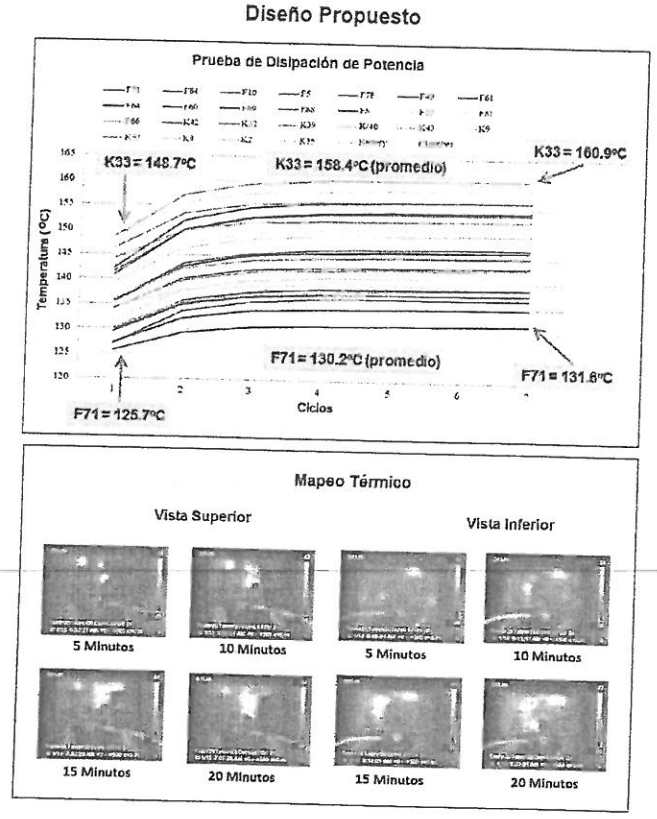
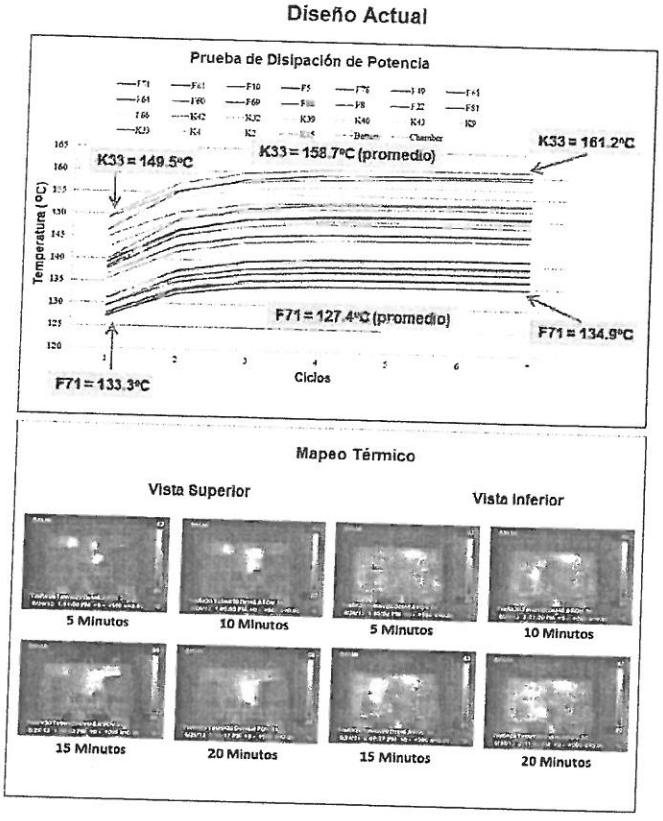


Figura 4. Prueba de disipación de potencia y mapeo térmico.



Para determinar si los dos diseños tienen la misma respuesta (temperatura), después de la prueba de disipación de potencia, se evaluaron los ΔT de cada uno de los componentes conectados a termocoples, utilizando prueba de hipótesis. La prueba seleccionada fue la prueba t de 2 muestras; sin embargo, antes de aplicar la herramienta estadística fue necesario aplicar la transformación de Johnson para convertir los datos no normales, obtenidos con los termocoples, en datos normales. La Figura 5 presenta una de las transformaciones obtenidas utilizando el software Minitab®, con 14 lecturas del termocople como tamaño de muestra.

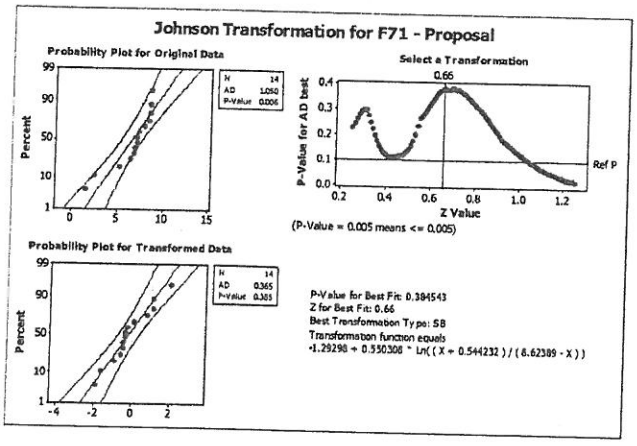


Figura 5. Transformación de Johnson en Minitab®.

Una vez aplicada la transformación de Johnson, fue necesario evaluar la varianza de los datos de cada componente, en ambos métodos de diseño, para un 95% de valor de confianza (α=0.05):

$$H_0: \sigma^2_{\text{Diseño Propuesto}} = \sigma^2_{\text{Diseño Actual}}$$
$$H_1: \sigma^2_{\text{Diseño Propuesto}} \neq \sigma^2_{\text{Diseño Actual}}$$

La Figura 6 despliega el resultado de la prueba de 2 varianzas para el componente F71. Observando el gráfico de los intervalos es posible asumir que la variación en ambos diseños es la misma. Asimismo los datos estadísticos resultantes de la prueba de Fisher (para un 95% de nivel de confianza) es igual a 0.929 (valor P), lo que indica que la H_0 no puede ser rechazada. Por lo que se concluye que la varianza, de la temperatura colectada con los termocoples, entre los dos diseños no muestra diferencias en el componente F71.

Test and CI for Two Variances: F71 - Proposal, F71 - Current

Method

Null hypothesis	Sigma(F71 - Proposal) / Sigma(F71 - Current) = 1
Alternative hypothesis	Sigma(F71 - Proposal) / Sigma(F71 - Current) not = 1
Significance level	Alpha = 0.05

Statistics

Variable	N	StDev	Variance
F71 - Proposal	14	1.094	1.198
F71 - Current	14	1.122	1.259

Ratio of standard deviations = 0.975
Ratio of variances = 0.951

95% Confidence Intervals

Distribution of Data	CI for StDev Ratio	CI for Variance Ratio
Normal	(0.553, 1.721)	(0.305, 2.963)
Continuous	(0.413, 2.122)	(0.171, 4.504)

Tests

Method	DF1	DF2	Test Statistic	P-Value
F Test (normal)	13	13	0.95	0.929
Levene's Test (any continuous)	1	26	0.01	0.907

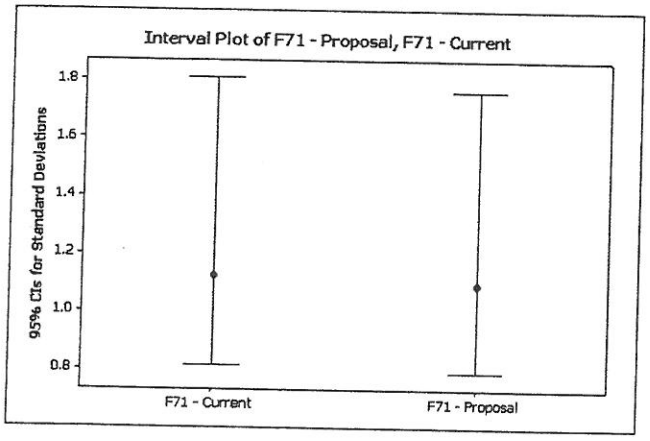


Figura 6. Prueba de hipótesis de 2 varianzas utilizando el software Minitab®.

Posteriormente se realizó la prueba t de 2 muestras para comparar cada componente conectado a un termocople, para un 95% de nivel de confianza, donde las hipótesis evaluadas fueron:

$$H_0: \mu_{\text{Diseño Propuesto}} = \mu_{\text{Diseño Actual}}$$
$$H_1: \mu_{\text{Diseño Propuesto}} \neq \mu_{\text{Diseño Actual}}$$

En la Figura 7 se incluye un diagrama de caja, con una línea que conecta las medias; visualmente es posible asumir la no existencia de diferencia estadística entre los datos estudiados, lo cual es confirmado con el valor P (0.529) resultante.

Two-Sample T-Test and CI: F84 - Proposal, F84 - Current

Two-sample T for F84 - Proposal vs F84 - Current

	N	Mean	StDev	SE Mean
F84 - Proposal	14	-0.22	1.15	0.31
F84 - Current	14	0.04	1.01	0.27

Difference = mu (F84 - Proposal) - mu (F84 - Current)
Estimate for difference: -0.260
95% CI for difference: (-1.099, 0.578)
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -0.64 P-Value = 0.529 DF = 26

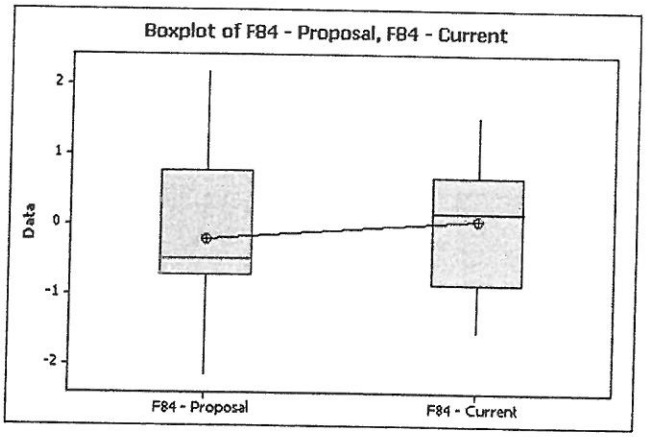


Figura 7. Prueba t de 2 muestras utilizando el software Minitab®.

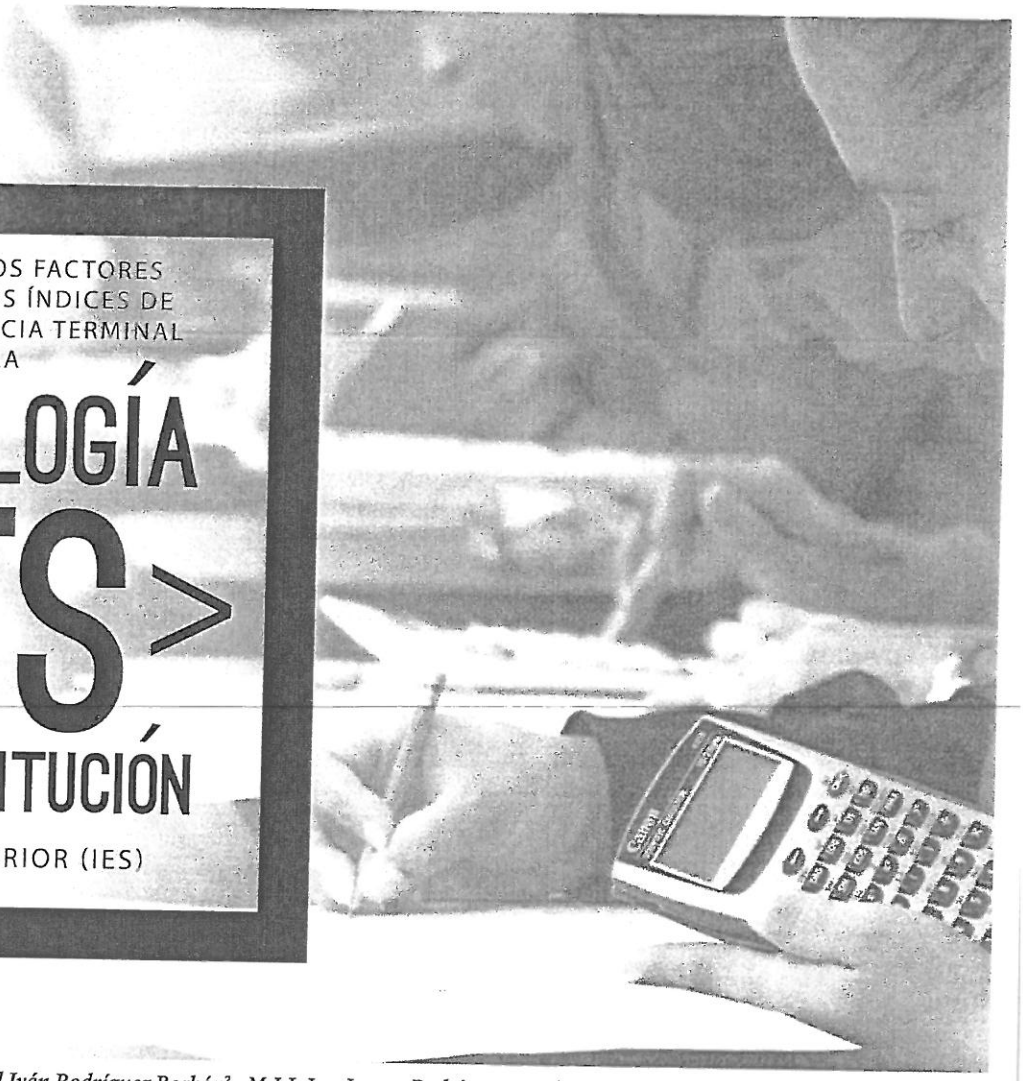
Conclusiones

En esta investigación se evaluaron dos alternativas de diseño de tablillas eléctricas de alta potencia, denominadas diseño actual y diseño propuesto. Para respaldar la implementación del cambio de diseño, se corrieron pruebas de disipación de potencia y un análisis de mapeo térmico utilizando piezas prototipos de centrales eléctricas, obteniéndose resultados estadísticos similares entre los diseños evaluados, lo que implica que, sin importar el diseño utilizado los conductores pueden manejar valores de corrientes similares bajo un incremento de temperatura teórico específico.

Lo anterior tiene un impacto económico en la reducción del contenido de cobre de las tablillas eléctricas de alta potencia, ya que tomando como ejemplo la central eléctrica estudiada, el diseño propuesto contiene 33% menos cobre que el contenido en el diseño actual.

Bibliografía

- Brooks, Douglas (1998). Temperature Rise in PCB Traces. Proceedings of the PCB Design Conference, West March 23-27
- Bolton Institute (2003). Current Carrying Capacity(http://www.ami.ac.uk/courses/am4817_dti/u02/pdf/mea/u0221.pdf)
- Mitzner, Kraig (2009). Complete PCB Design Using OrCAD Capture and PCB Editor. Newnes Editors. ISBN # 978-0-7506-8971-7
- Brooks, Douglas (2012). Trace Currents and Temperature, Part 1: The Basic Model. The PCB Design Magazine. November. 56-61
- Brooks, Douglas (2012). Trace Currents and Temperature, Part 2: Empirical Results. The PCB Design Magazine. December. 20-25
- Brooks, Douglas (2013). Trace Currents and Temperature, Part 3: Fusing Currents. The PCB Design Magazine. January. 50-54
- Brooks, Douglas (2013). Trace Currents and Temperature, Part 4: Via Heating. The PCB Design Magazine. March. 30-32
- IPC-4101 Specification for Base Materials for Rigid and Multilayer Printed Boards
- IPC-6012 Qualification and Performance Specification for Rigid Printed Boards
- IPC-D-275 Design standard for Rigid Printed Boards and Rigid Printed Board Assemblies
- IPC-2221 Generic Standard on Printed Board Design
- IPC-2152 Standard for Determining Current Carrying Capacity in Printed Board Design



DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES INFLUYENTES SOBRE LOS ÍNDICES DE REPROBACIÓN Y EFICIENCIA TERMINAL MEDIANTE LA METODOLOGÍA <MTS> EN UNA INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR (IES)

Dr. Manuel A. Rodríguez Medina[1], Dr. Manuel Iván Rodríguez Borbón[2], M.I.I. Luz Isaura Rodríguez Aguilar[3] y Ing. José Luis López Galván[4]

[1,3,4] *Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, Av. Tecnológico # 1340, Fracc. El Crucero, C.P. 32500, Ciudad Juárez, Chihuahua.*

[2] *New Mexico State University, 1780 E University Avenue, C.P. 88003, Las Cruces, New Mexico.*

Enviado: 20 de abril de 2015
Aceptado: 16 de mayo de 2015

manuel_rodriguez_itcj@yahoo.com

Resumen: En las Instituciones de Educación Superior (IES) en México, existen varios problemas, tales como, deserción escolar, reprobación, fracaso escolar y bajo índice de eficiencia terminal, entre otros. Los organismos evaluadores y de acreditación de las carreras dentro de estas IES, exigen criterios de selección del alumnado, y por supuesto el diagnóstico elaborado sobre las variables que influyen sobre los problemas antes mencionados. Este documento incluye una investigación realizada en una IES mexicana en el norte de la república, en la frontera con Estados Unidos; hasta el momento, el único criterio de selección existente es un examen del sistema educativo mexicano, en este caso de la Dirección General de Educación Superior Tecnológica, o los exámenes del CENEVAL, pero están restringidos a evaluación de conocimientos mínimos necesarios y algunas pruebas psicométricas, sin considerar otras variables de importancia como el tipo de bachillerato realizado, la preparatoria de origen, características socioeconómicas y algunas más que consideramos de importancia. Taguchi, Jugulum y Taguchi (2002), proponen una metodología mediante la cual puede construirse una escala de medición multivariable para comprender el comportamiento de diferentes modelos, los cuales, en su oportunidad, ayudan a medir o predecir varias condiciones de los sistemas multivariables de tal manera que el observador puede hacer inferencias apropiadas en relación a la importancia de las variables. Este documento hace uso de la metodología de Mahalanobis-Taguchi y de modelos lineales generalizados para hacer un estudio comparativo y determinar la importancia de las variables en su influencia sobre los indicadores más importantes en las IES: la reprobación y la eficiencia terminal.

✚ *Palabras clave: Análisis multivariable, Institución de Educación Superior (IES), sistema MTS y distancia de Mahalanobis.*

Abstract: In institutions of higher education in Mexico, there are several problems, such as dropout, failure, school failure and terminal efficiency, among others. Evaluators and accreditation agencies careers within these IES require student selection criteria, and of course the assessment conducted on the variables that influence the aforementioned problems. This document includes a research in a Mexican IES in the north of the republic on the border with the EU. So far, the only criterion existing selection is a review of the Mexican educational system, in this case the general direction of higher education or CENEVAL test, but are restricted to evaluation of minimum knowledge needed and some psychometric tests, regardless other important variables as the type of high school of origin socioeconomic characteristics, and some more that we consider important. Taguchi, Jugulum and Taguchi (2002) propose a methodology by which to build a scale of multivariable measurement to understand the behavior of different models, which, in due course, help to measure or predict various conditions of multivariable systems so the observer can make appropriate inferences in relation to the importance of the variables. This document uses the Mahalanobis-Taguchi methodology and generalized linear models to do a comparative study and determine the importance of the variables in their influence on the most important indicators in the IES: failure and terminal efficiency.

✚ *Keywords: Multivariable analysis, Institution of higher education, MTS and Mahalanobis distance.*

Introducción

Describir cualquier situación real, como por ejemplo, las dimensiones físicas de una persona, las características funcionales de un producto, la capacidad de un individuo como sujeto de crédito o las características que motivan a un comprador para la compra de equipo, requiere tener en cuenta varias variables de manera simultánea. El análisis de datos multivariables comprende el estudio estadístico de varias variables medidas en elementos de una población con los siguientes objetivos:

1. Resumir los datos mediante un pequeño conjunto de nuevas variables, a través de transformaciones de las variables originales, buscando la mínima pérdida de información.
2. Encontrar grupos en los datos, si estos existen.
3. Clasificación de nuevas observaciones en grupos existentes.
4. Establecer relaciones entre dos conjuntos de variables.

En las instituciones de educación superior en México, existen varios problemas, tales como, deserción escolar, reprobación, fracaso escolar y eficiencia terminal, entre otros. Los organismos evaluadores y de acreditación de las carreras dentro de estas IES, exigen criterios de selección del alumnado y por supuesto el diagnóstico elaborado sobre las variables que influyen sobre los problemas antes mencionados.

Hasta el momento, el único criterio de selección existente es un examen del sistema, en este caso de la DGEST, o los exámenes del CENEVAL, pero están restringidos a evaluación de conocimientos mínimos necesarios y algunas pruebas psicométricas, sin considerar otras variables de importancia como el tipo de bachillerato realizado, la preparatoria de origen, características socioeconómicas, y algunas más que consideramos de importancia. Todo esto, no con el fin de negar la entrada a una institución pública, sino con el fin de establecer acciones para el mejoramiento, buscando áreas de oportunidad, tales como programas de trabajo para el mejoramiento del área de ciencias básicas en algunas preparatorias o programas de apoyo de transporte para alumnos que viven en colonias muy alejadas y que salen en horarios posteriores a las 21:00 horas. Esta consideración en Ciudad Juárez es de suma importancia, debido a que actualmente esta ciudad es considerada la más violenta del mundo.

Lo anterior conlleva a tener que determinar cuáles son los factores que inciden en los índices de reprobación de los alumnos en una IES en la frontera con Estados Unidos, en la ciudad considerada más violenta del mundo para, por supuesto establecer acciones que reduzcan estos índices, como establecer un programa de apoyo para las preparatorias de origen, creación de medio de transporte para los alumnos que viven en zonas más conflictivas, etc.

Antecedentes

Hacer predicciones aproximadas basadas sobre información existente es también importante en el mundo de los negocios de hoy, como incrementar el área de mercados mediante el aumento de la confianza de los clientes. Algunas veces, estas predicciones podrían también ayudar a crear mercados. Generalmente, las predicciones tienen que estar basadas sobre la información de características múltiples (o variables) definiendo los sistemas. Tales sistemas son llamados sistemas multi-dimensionales. Un sistema multi-dimensional podría ser un sistema de inspección, un sistema educativo, un sistema de diagnóstico de la compañía. Siempre que tratemos con estos sistemas, podrán ocurrir diagnósticos o predicciones poco aproximadas, debido a las capacidades de medición multi-dimensionales inadecuadas.

Taguchi, Jugulum y Taguchi (2002) proponen una metodología mediante la cual puede construirse una escala de medición multivariable para comprender el comportamiento de diferentes modelos, los cuales, en su oportunidad, ayudan a medir o predecir varias condiciones de los sistemas multivariables de tal manera que el observador puede tomar acciones correctivas apropiadas. Ellos utilizan la distancia de Mahalanobis, la cual mide distancias en sistemas multivariables mediante la consideración de correlaciones entre las variables, para la construcción de la escala y los principios de ingeniería robusta, o Metodología de Taguchi, es utilizada para estimar la aproximación de la escala. De aquí que esta técnica sea referida como Estrategia Mahalanobis Taguchi (MTS, por sus siglas en inglés Mahalanobis-Taguchi Strategy). También se describe una forma de validar la escala de medición. El uso de tal escala permite determinar cuando un producto particular deberá ser retirado del

mercado, cuando un paciente necesita cirugía inmediata, cuando alguna cosa anormal está sucediendo, o cuando vale la pena invertir en una compañía. Diferente a algunos de los métodos, MTS es análisis de datos, lo que significa que MTS puede ser aplicado de manera independiente del tipo de variables de entrada y sus distribuciones.

Limón, Rodríguez, Báez y Tlapa (2011) evalúan la robustez de la Estrategia Mahalanobis Taguchi (SMT) a los diferentes arreglos ortogonales que pudieran utilizarse para discriminar las variables consideradas en un estudio. Para esto se utilizaron diferentes niveles de fraccionado de un diseño factorial, así como todas las fracciones posibles para cada nivel, para evaluar si el resultado variaba dependiendo del arreglo empleado. Para ese análisis se usaron los datos del estudio del cáncer de mama de la Universidad de Wisconsin reportados en una publicación, en cuyo análisis utilizaron un Arreglo Ortogonal (AO) L_{12}. En este trabajo en lugar de este AO se realizó el análisis con diseños 2^{9-k} (k= 0,1,2,3,4 y 5) y todas las fracciones posibles para cada valor de k, generadas con el software Minitab®. Para el análisis se generó un programa en Matlab® y los resultados obtenidos demostraron que esta técnica no es robusta a los diferentes arreglos que pudieran utilizarse.

El Sistema Mahalanobis Taguchi

MTS es una técnica de análisis de modelos, la cual es usada para hacer predicciones a través de una escala de medición multivariable. Los modelos son difíciles de representar en términos cuantitativos y son extremadamente sensibles a las correlaciones entre las variables. La distancia de Mahalanobis, la cual fue introducida por un estadístico Hindú, P.C. Mahalanobis, mide distancias de puntos en espacios multi-dimensionales. Esta distancia ha sido extensivamente usada en áreas como aplicaciones espectrográficas y de agricultura y ha probado ser superior a otras distancias multi-dimensionales como la distancia euclidiana debido a que toma en cuenta las correlaciones entre variables. Por esta razón se usa la distancia de Mahalanobis (actualmente una forma modificada de la distancia original) para representar diferencias entre modelos individuales en términos cuantitativos.

Uno de los principales objetivos de MTS es introducir una escala basada sobre todas las características de entrada para medir el grado de anormalidad. En el caso de diagnósticos médicos, por ejemplo, el objetivo es medir el grado de severidad de cada enfermedad basada sobre esta escala. Para construir esto se usa la escala MD, la cual es una distancia cuadrática (también denotada D^2) y es calculada usando la siguiente fórmula:

$$MD = D^2 = \frac{1}{k} Z_i C^{-1} Z_i \qquad (1)$$

Donde Z_i es el vector estandarizado mediante la estandarización de los valores de X_i ($i = 1, \ldots, k$); $Z_i = (X_i - m_i)/s_i$; X_i es el valor de la i-ésima característica; m_i la media de la i-ésima característica; s_i la desviación estándar de la i-ésima característica; k el número de características variables; T la transpuesta del vector y C^{-1} la inversa de la matriz de correlación.

Se puede ver que MD en la ecuación (1) se obtiene mediante escalado (esto es mediante la división por k) de la distancia original de Mahalanobis. Este escalado puede ser considerado como la desviación media cuadrática (MSD) en espacios multi-dimensionales. En MTS se está interesado en definir un grupo normal (o grupo saludable), llamado espacio de Mahalanobis (MS).

La definición del grupo normal o MS es lo que un grupo de especialistas en un campo determinado considerará lo ideal. MS es la población única en MTS. En el caso de diagnóstico médico, el MS es constituido solamente por la gente saludable y en el caso de un sistema de inspección de manufactura, el MS es constituido por productos de calidad alta. De aquí, el MS es una base de datos para el grupo normal consistente de las siguientes cantidades:

m_i = Media del vector.
s_i = Desviación estándar del vector.
C^{-1} = Inversa de la matriz de correlación.

Dado que las MD´s son usadas para definir el grupo saludable llamaremos a este grupo el espacio de Mahalanobis. Se puede demostrar fácilmente (con valores estandarizados) que el MS tiene punto cero cuando la media del vector y el MD promedio son unitarios. Debido a que el MD promedio del MS es unitario, el MS es también llamado el espacio unitario. El punto cero y la distancia unitaria son usados como puntos de referencia para la escala. La escala podrá ser también colocada para identificar la condición anormal. Con el fin de asegurar aproximación de la escala, diferentes clases de condiciones anormales conocidas con diferente grado de severidad tendrán que ser revisadas. Si la escala es buena, la condición anormal tendrá valores grandes de MD. En esta aplicación, las condiciones anormales no son consideradas como un grupo (población) separado debido a que la ocurrencia de cada anormalidad es único (por ejemplo, un paciente podrá ser anormal debido a su presión sanguínea alta o debido a su alto contenido de azúcar). Por esta razón, la misma matriz de correlación es usada para calcular la distancia de Mahalanobis de las condiciones anormales; la MD de una condición anormal (punto) es la distancia del punto al centro del MS.

En la siguiente fase del MTS, OA´s y razones Señal/Ruido (S/N, por sus siglas en inglés) son usadas para elegir las variables de importancia. Hay diferentes clases de razones S/N dependiendo sobre el conocimiento previo y sobre la severidad de los anormales.

Un sistema típico multi-dimensional usado en MTS es como el que se muestra en la Figura 1.

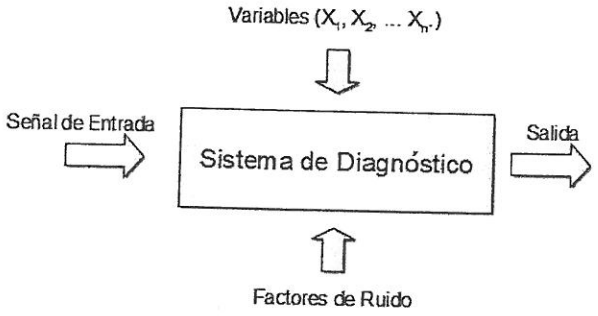


Figura 1. Sistema de diagnóstico multi-dimensional.

Etapas en MTS

MTS puede ser aplicado a un sistema multi-dimensional en cuatro etapas. Los pasos en cada etapa son listados a continuación:

Etapa I:

Construcción de una escala de medición con un espacio de Mahalanobis (espacio unitario) como referencia.

- Defina las variables que determinan la condición de anormalidad de un sujeto.
- Coleccione los datos sobre todas las variables del grupo saludable.
- Calcule los valores estandarizados de las variables del grupo saludable.
- Calcule los MD´s de todas las observaciones.
- Use este espacio como el punto de referencia para la escala de medición.

Etapa II:

Asegure la aproximación de la escala de medición.

- Identifique las condiciones anormales. En aplicaciones de diagnóstico médico, las condiciones anormales se refieren a los pacientes que tienen diferentes clases de enfermedades.
- Calcule los MD´s correspondientes a estas condiciones anormales siendo normalizadas usando la media y las desviaciones estándar de las variables correspondientes en el grupo saludable. La matriz de correlación (o conjunto de coeficientes vectoriales Gram-Schmidt, si el método de Gram-Schmidt es usado) correspondiente al grupo saludable es usado para encontrar los MD´s de condiciones anormales.
- Si la escala es buena, los MD´s correspondientes a las condiciones anormales deberán tener valores más altos. De esta manera la aproximación de la escala es asegurada.

Etapa III:

Identificar el conjunto de variables útiles (etapa de desarrollo).

- Encontrar el conjunto de variables útil usando arreglos ortogonales (OA´s) y razones S/N. La razón S/N, obtenida de los MD´s anormales, es usada como la respuesta para cada combinación de OA. El conjunto útil de variables se obtiene mediante la "ganancia" en razón S/N.

Etapa IV:

Diagnóstico futuro con variables útiles.

- La condición del paciente/entidad es monitoreada con la ayuda del conjunto de variables útiles sobre la escala desarrollada con MD´s. Basándose en los valores de los MD´s se deberán tomar acciones correctivas adecuadas. La decisión para tomar las acciones necesarias dependerá de los valores límites. Este método utiliza la función de pérdida cuadrática para calcular límites.

En el caso de diagnósticos médicos los pasos anteriores tienen que llevarse a cabo para cada clase de enfermedad en las subsecuentes fases de diagnóstico.

Determinación de la dirección de los anormales

Una de las principales razones para usar la distancia de Mahalanobis es su habilidad para medir la severidad de las anormalidades en varios casos de diagnóstico multivariado.

Algunas veces queremos estimar la anormalidad en ambas direcciones, positivo y negativo, como en el caso de diagnóstico de una compañía. Estos tipos de anormalidades están también presentes si consideramos el sistema de admisión de estudiantes graduados.

En este caso un estudiante muy malo es anormal y un estudiante extremadamente bueno también es anormal. Por lo tanto, es importante identificar la dirección de la anormalidad. Esto no puede ser hecho si el MD es calculado usando la inversa de la matriz de correlación. Sin embargo, esto puede hacerse si usamos el proceso de ortogonalización de Gram-Schmidt (GSP) para calcular la MD.

Metodología y resultados

En la determinación de los factores influyentes en el índice de reprobación se consideraron los siguientes: la carrera en la cual el estudiante está inscrito, la colonia donde vive, el género, la preparatoria de origen, el estado civil, la ciudad de origen, la condición de empleo, el número de integrantes de la familia, el orden en el nacimiento, los grados de escolaridad de los padres, el ingreso mensual en el hogar, el medio de transporte, etc.

Para el análisis se tomó el arreglo ortogonal $L_{16}(2^{15})$, donde el 1 significa la presencia del factor y el 2 significa la ausencia. De este arreglo se eligieron cada una de las 16 combinaciones para el cálculo de las distancias de Mahalanobis y posteriormente las razones de Señal/Ruido.

ARREGLO ORTOGONAL $\left[L_{16}(2^{15})\right]$

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1
1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1
1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1
2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1
2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2
2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1
2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2
2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2
2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1

La Tabla 1 muestra los resultados en decibeles de las razones S/N, donde se toman como significantes únicamente los valores positivos, es decir los factores cuya presencia influye sobre el índice de reprobación.

Tabla 1. Tabla de respuestas del análisis.

B	C	D	E	F	G	H
9.564	-28.929	-22.929	-24.052	-25.793	-29.293	-26.599
-32.832	-23.468	-29.466	-28.344	-26.603	-23.103	-25.797
13.267	-5.461	6.536	4.292	0.811	-6.189	0.641
I	**J**	**K**	**L**	**M**	**N**	**O**
25.877	23.685	-26.307	21.473	20.184	30.357	19.407
26.518	-28.712	26.089	30.924	-32.213	22.039	32.989
0.641	5.072	-0.217	9.451	12.029	-8.317	13.583

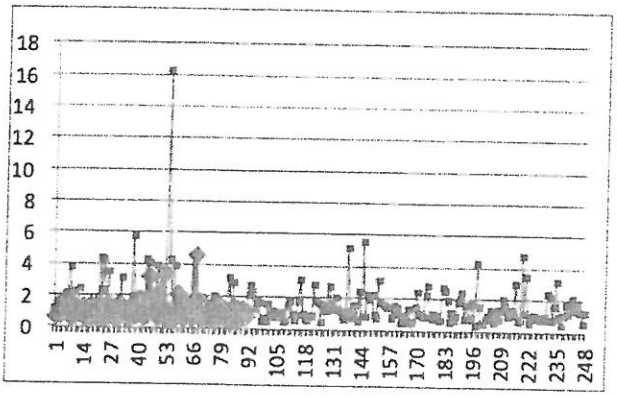


Figura 1. Gráfica del comportamiento de los factores anormales contra normales.

Factores significantes:

B, D, E, F, H, I, J, L, M, O

Factores fuertes:

O, B, M, L, D

Lo cual significa que los factores más influyentes en el índice de reprobación (factor B) son los ingresos familiares, la escolaridad de los padres, el lugar en la familia, la edad, el trabajo, la carrera, el semestre, el estado civil y la ciudad de origen.

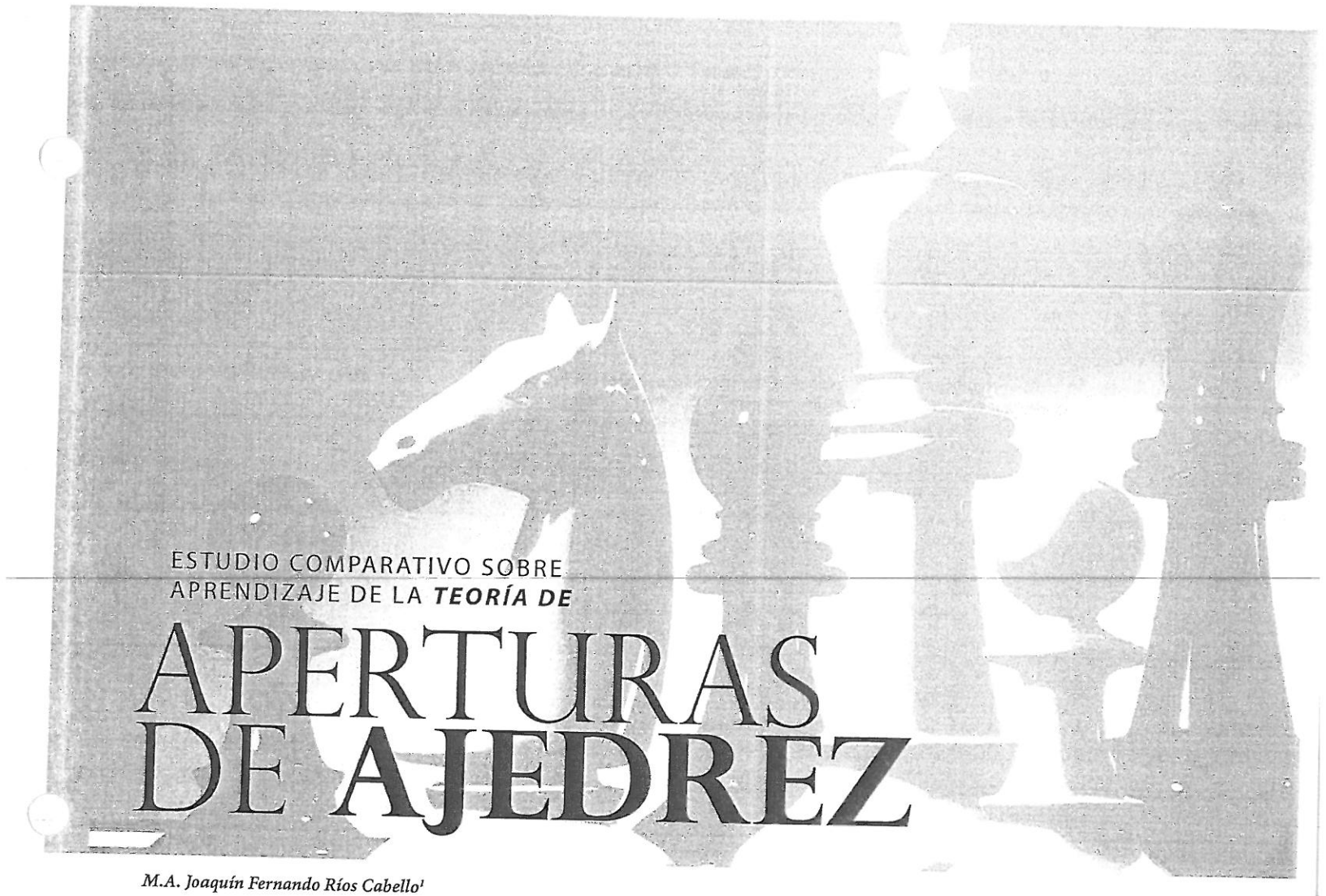
Conclusiones

Es necesario concluir que los resultados de la investigación podrían ser mejorados mediante la mejora de las escalas y, a pesar que el tamaño de la muestra fue de 600 personas encuestadas, algunos de los encuestados no aportaron información confiable. Además sería muy conveniente el validar los resultados en diferentes instituciones de educación superior, incluyendo universidades tecnológicas, universidades politécnicas e inclusive instituciones de educación media superior.

Parte de la problemática podría resolverse mediante la mejora de los estudios socioeconómicos y el otorgar becas a quien verdaderamente lo necesitara. Algo que es importante mencionar es que los maestros consideraban que la preparatoria de origen era uno de los factores que más influían en el índice de reprobación y sin embargo el estudio muestra lo contrario.

Bibliografía

- Daniel Peña (2002). Análisis de datos multivariantes. McGraw Hill.
- Genichi Taguchi, Rajesh Jugulum, Shin Taguchi (2002). Computer-Based Robust Engineering Essentials for DFSS. ASQ Quality Press.
- Genichi Taguchi, Rajesh Jugulum (2002). The Mahalanobis-Taguchi Strategy: A Pattern Technology System.
- Genichi Taguchi, Shin Taguchi (2000). Robust Engineering: Learn How to Boost Quality While Reducing Costs & Time to Market.
- Genichi Taguchi, Subir Chowdhury, Yuin Wu (2001). The Mahalanobis-Taguchi System.
- Genichi Taguchi, Subir Chowdhury, Yuin Wu (2005). Taguchi's Quality Engineering Handbook.
- Jorge Limon, Manuel A. Rodriguez, Yolanda A. Baez y Diego A. Tlapa (2011). "Evaluación de la Robustez del sistema Mahalanobis–Taguchi a diferentes Arreglos Factoriales." Información Tecnológica.
- Manuel A. Rodriguez, Jorge Limón, Iván Rodriguez, Diego A. Tlapa, Jesús E. Olguín, Yolanda Báez, Claudia Camargo (2009). "A Robustness Evaluation of Mahalanobis Taguchi System Using Fractional Factorial Designs." IIIE Anaheim.



ESTUDIO COMPARATIVO SOBRE APRENDIZAJE DE LA ***TEORÍA DE***

APERTURAS DE AJEDREZ

M.A. Joaquín Fernando Ríos Cabello[1]

[1] *Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez, Av. Universidad # 3051, Colonia Lote Bravo II, C.P. 32965, Ciudad Juárez, Chihuahua.*

Enviado: 12 de abril de 2015
Aceptado: 20 de mayo de 2015

fernando_rios@utcj.edu.mx

Resumen: El objeto del estudio es la teoría de aperturas de ajedrez y los sujetos de estudio son 12 alumnos de 5° grado de primaria. El estudio cuantitativo compara la efectividad del aprendizaje de la teoría de aperturas de ajedrez con dos métodos: libro tradicional y material impreso denominado Mapa de Árbol de Ajedrez. Se realizaron sesiones de aprendizaje, en ambos grupos y se evaluó a los participantes con exámenes escritos. Se plantea la hipótesis de investigación: No existe diferencia significativa entre las medias de aprovechamiento (aprendizaje) de los dos métodos de estudio, la cual es rechazada y se concluye que el método de estudio con Mapa de Arbol de Ajedrez es más efectivo que con el uso de libros.

✚ *Palabras clave: Aprendizaje visual, teoría de aperturas de ajedrez y Mapas de Árbol de Ajedrez.*

Abstract: The object of the study is the theory of chess openings. The subjects are twelve 5th grade students. The quantitative study compares the efficacy on learning chess openings with two methods: traditional book format and printed material called Chess Tree Maps. The students were placed in two groups (experimental and control) and they underwent sessions about learning chess opening theory and were evaluated with written exams. The statistical analysis results rejected the null hypothesis: the difference between the overall average means of the two methods is not statistically significant. It was concluded the study method with Chess Tree Map is more effective than using a book.

✚ *Keywords: Visual learning, opening chess theory and Chess Tree Maps.*

Introducción

Este estudio es una parte de la tesis "Aprendizaje de la teoría de aperturas de ajedrez con Mapas de Árbol de Ajedrez y su relación con la Autorregulación y Estilos de Aprendizaje" presentada por el autor para obtener el grado en Maestría en Educación en TecVirtual ITESM.

El estudio introduce a la teoría de aperturas de ajedrez y expone el problema que radica en la larga curva de aprendizaje que tiene un aprendiz, debido al amplio contenido y la gran demanda de tiempo que esto implica. El autor propone y pone a prueba una opción gráfica de estudio, alternativa a los libros de ajedrez.

La teoría de aperturas de ajedrez es extensa y crece de forma exponencial, de acuerdo a Chassy y Gobet (2011) un Maestro de Ajedrez sabe de memoria 98,410 movimientos, esto dentro de un repertorio limitado de aperturas. Como ejemplo específico, el libro de Aperturas de De Firmian (2008), tiene 748 páginas, con 70 diferentes aperturas con 1 mil 479 variantes y una profundidad de 10 a 15 jugadas por variante, existen libros dedicados a estas variantes.

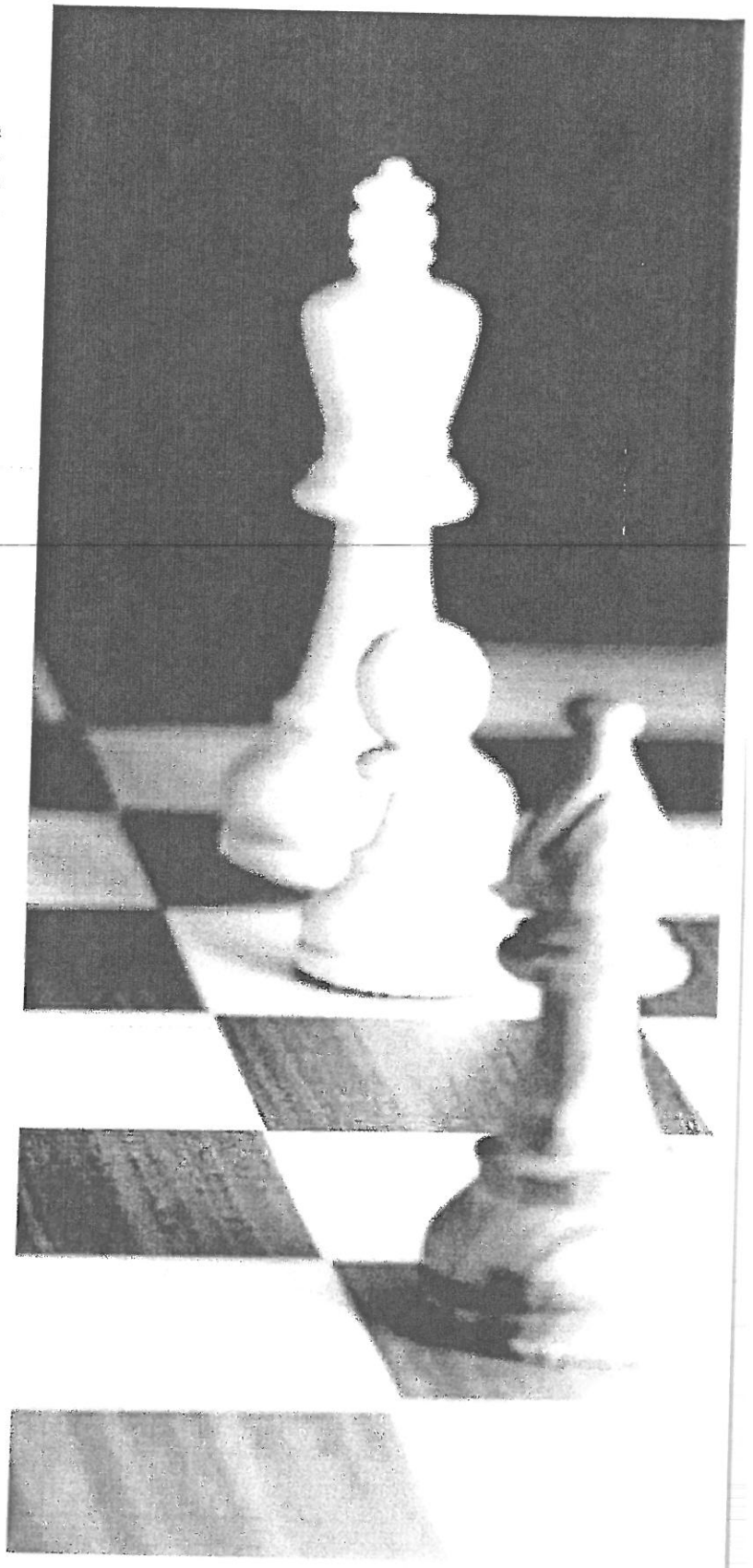
El presente estudio considera un problema, el hecho de que los aprendices tengan que dedicar un tiempo considerable a estudiar teoría de aperturas, aparte del tiempo dedicado a la práctica, para poder así mejorar su nivel. Campitelli y Gobet (2011) calcularon que el promedio de horas acumuladas para lograr un nivel de maestro son: 4,300 horas de práctica individual; 6,700 horas de práctica deliberada, esto es un total de 11,000 horas. La experiencia personal y anecdótica del autor indica que aún las personas con talento natural para el ajedrez necesitan del estudio dedicado y sistemático.

Llorente-Cámara (2000) expone la necesidad de alfabetización en sistemas simbólicos. El ajedrez se codifica por medio de diagramas, por lo que es un modelo ideal para alfabetizar en sistemas simbólicos.

Para el estudio de aperturas Ríos (2012) propone un material impreso, denominado Mapa de Árbol de Ajedrez (MAPAA), ver Anexo 1, el cual está basado en diagramas de flujo, diagramas de árbol de decisiones y mapas conceptuales, ver Anexo 3. El MAPAA utilizado en este estudio resume contenido del libro Aperturas de Ajedrez de Seirawan (2002), ver Anexo 2.

Se llevaron a cabo cuatro sesiones de aprendizaje a un grupo de control y otro experimental, en donde se evaluó el aprovechamiento del aprendizaje de ajedrez con instrumentos de evaluación escritos.

La hipótesis nula: No existe diferencia significativa entre las medias de aprovechamiento (aprendizaje) entre los dos métodos de estudio, se rechazó y se concluyó que el método de estudio con MAPAA es más efectivo para el aprendizaje de teoría de aperturas que el método de estudio con libro, esto en base a los resultados de la prueba *t* de 2 muestras que arrojó un valor P de 0.027.



El juego del ajedrez

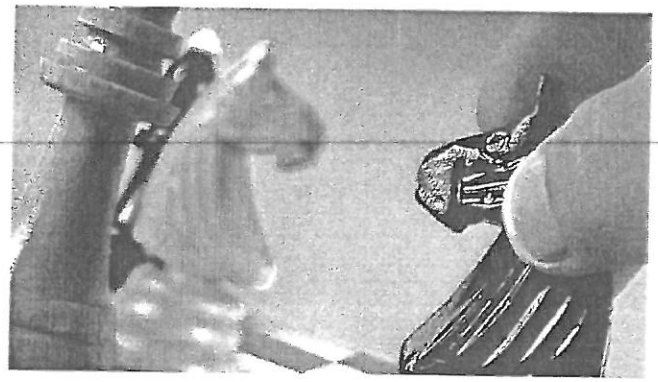
El ajedrez es un juego muy antiguo que tiene sus antecedentes en el siglo VI de un juego persa llamado shatrang, el cual fue una modificación de un juego de la India llamado chaturanga. En siglo VII los musulmanes dominaron Persia y adoptaron el shatrang renombrándolo por limitaciones lingüísticas como chatrang, luego fueron los árabes quienes al extender sus dominios llevaron el juego hasta España. En Europa el juego se extiende a partir del siglo XI. En España, durante el siglo XVI, el juego tiene los últimos cambios significativos para convertirse en el ajedrez actual (Shenk, 2009). El ajedrez moderno tiene más de 500 años de práctica y existe literatura dentro de este período que permite reproducir partidas y estudios con fines recreativos y didácticos.

El ajedrez es un juego de estrategia y táctica en el cual se enfrentan dos jugadores quienes cuentan con 16 piezas: ocho peones, dos torres, dos caballos, dos alfiles, una dama y un rey. Cada pieza se mueve y tienen un valor diferente que va desde la unidad, el peón, hasta la dama que vale nueve, al rey no se le asigna valor ya que es la pieza a cuidar. A las piezas más claras se les denomina "las blancas" al otro "las negras". Los jugadores mueven una pieza de forma alternada sobre un tablero, una cuadricula de ocho por ocho con cuadros blancos y negros alternados que reciben el nombre de casillas. Se juega conforme a reglas y el objetivo final es dar jaque mate al rey contrario. De acuerdo a Van Der Maas y Wagenmakers (Unterrainer , Kaller, Halsband y Rahm, 2006) las tres habilidades básicas del jugador de ajedrez son: habilidad táctica, comprensión profunda –insigth- o valoración posicional y conocimiento de finales. Los posibles resultados son: pérdida, victoria o el empate; una derrota es un juego que suma cero puntos en donde una victoria equivale a un punto y el empate a medio punto (FIDE, 2008). El ajedrez se juega en todo el mundo de forma estandarizada de acuerdo al reglamento en vigencia, cuya más reciente actualización es de julio de 2009 y fue acordado en noviembre de 2008 en Alemania en el 79o. Congreso FIDE. Las 14 reglas que regulan la práctica del ajedrez están contenidas en 16 páginas. El ajedrez se juega mundialmente de forma recreacional y competitiva regulada por las federaciones de los 170 países afiliados a la FIDE, en 105 países es reconocido como deporte. La empresa AGON (Chess-News, 2012) estima que hay un total de 605 millones de jugadores en el mundo. El ciclo mundial competitivo para definir al campeón mundial es bianual y aparte cada dos años se celebran las olimpiadas, una competición por equipos de dos categorías: abiertas y femenil, en donde participan los países afiliados a la FIDE, en septiembre de 2012 asistieron 156 países en Estambul, Turquía.

Las fases del juego de ajedrez

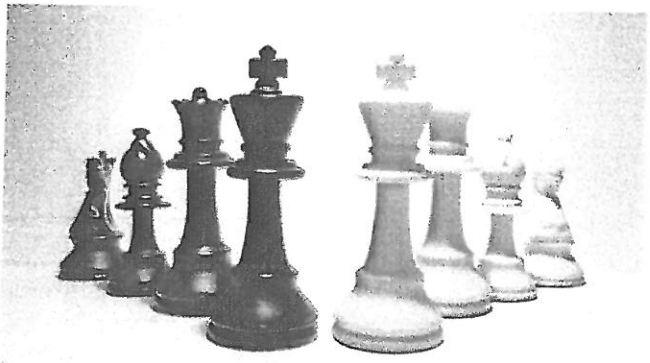
Una partida o juego de ajedrez normalmente consta de tres fases sucesivas que se denominan: la apertura, el medio juego y el final.

Las partidas no necesariamente se terminan en el final, cualquier partida puede terminar en la apertura o en el medio juego cuando uno de los bandos da jaque mate. Otra situación que da por terminada una partida es cuando uno de los jugadores se rinde; esto también se conoce como "abandonar" el juego. En jugadores de un mismo nivel la mayoría de las partidas terminan avanzado el medio juego o en el final. Entre jugadores de diferente nivel una partida puede terminar en la apertura. Otra forma de terminar la partida en cualquier fase del juego es por empate, denominado "tablas", puede hacerse por acuerdo mutuo o por aplicación del reglamento, cada jugador recibe medio punto.



La teoría de aperturas

Para practicar el ajedrez con nociones se requiere tener un conocimiento básico de las aperturas o de los principios, para llegar a tener un nivel de maestro se requiere un conocimiento profundo de las aperturas, ya que una jugada incorrecta en esta fase puede ser decisiva. El objetivo de la apertura es el despliegue o desarrollo de las piezas, de tal forma que estén bien coordinadas, se busca el control del centro del tablero, colocar al rey de forma segura, crear una estructura sólida de peones y buscar crear debilidades al contrario. La ventaja de la primera jugada de blancas se conoce como iniciativa y esta se debe de mantener o mejorar, por otro lado el bando negro buscará igualar oportunidades, esto se conoce como igualdad. Existen otras variables a considerar en la apertura, con lo expuesto se puede entender la ardua tarea que tiene un jugador de decidir que jugadas dar en la apertura.



Ajedrez y educación

Los beneficios de la práctica del ajedrez para los niños en edad escolar han sido explorados y demostrados por estudiosos del tema, entre estos destaca el estudio de Ferguson (1995) en donde recopila estudios propios y de otros investigadores, con los cuales concluye que la práctica del ajedrez incrementa la creatividad, la concentración, las habilidades de pensamiento crítico, la memoria, el rendimiento académico, la capacidad utilizada en la resolución de problemas, el enriquecimiento cultural, la madurez intelectual, la autoestima y las puntuaciones en tests estandarizados.

Método

Tipo de estudio

El enfoque metodológico del presente estudio es cuantitativo y cuasi-experimental. El estudio fue cuasi-experimental ya que la selección de los participantes no fue completamente aleatoria debido a que los alumnos deberían de contar con conocimientos de ajedrez y algunas de las variables como el nivel escolar de los participantes, entre otros, son variables que están bajo el control del investigador (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

Selección de participantes

La población objetivo del estudio fueron alumnos de quinto grado de la escuela primaria federal "Miguel Ángel Acosta Ochoa" en Ciudad Juárez, Chihuahua, para lo cual se seleccionaron 12 alumnos con edades de 10 a 11 años (promedio de 10.65), los cuales se distribuyeron en dos grupos (control y experimental). Los participantes debieron de cumplir con el requisito de conocimientos básicos del juego del ajedrez, esto incluye las piezas, su valor, movimientos, capturas, movimientos especiales y el jaque (FIDE, 2008).

Características de materiales de estudio y del entrenador

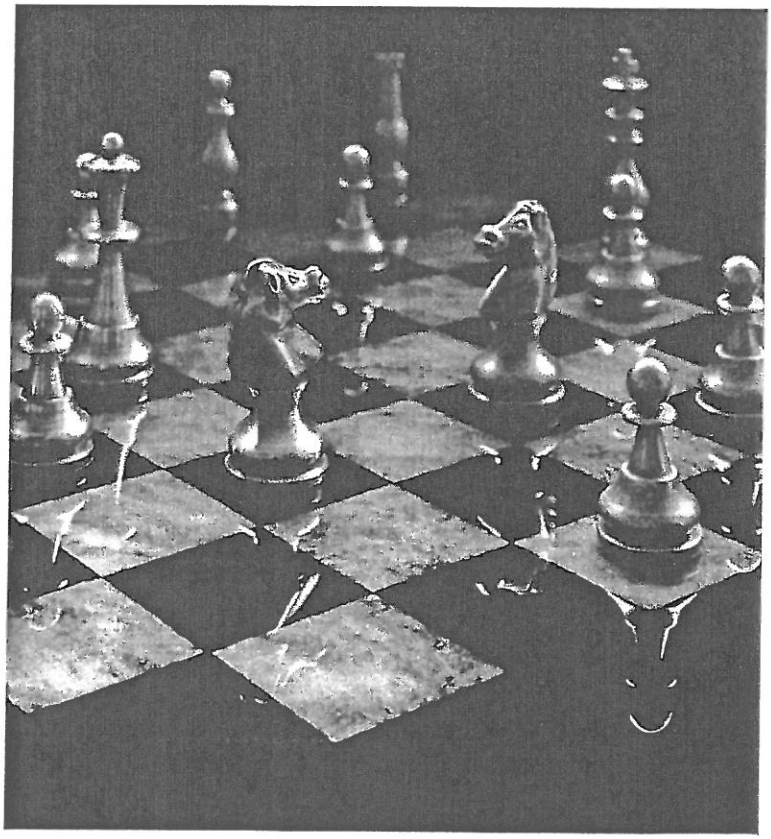
Para el grupo experimental se utilizó, para el estudio de teoría de aperturas, el material impreso denominado MAPAA en tamaño triple carta, a colores, que contiene notación algebraica y los movimientos de las piezas se ilustran con flechas en los diagramas (ver Anexo 2). El MAPAA utilizado contiene la apertura Ruy López o Española y está basado en el capítulo 3, del libro Aperturas de Ajedrez (Seirawan, 2002). El grupo de control utilizó el libro mencionado, ver Anexo 2. El autor del presente estudio llevó a cabo el rol de entrenador de ajedrez en las sesiones, ya que cuenta con una certificación como entrenador.

Instrumentos de investigación

Para medir la efectividad del aprendizaje el autor diseñó instrumentos de evaluación para cada grupo de acuerdo al contenido del libro Aperturas de Ajedrez (Seirawan, 2002) y el MAPAA (Ríos, 2012), ver Anexo 4. Los cuales son descritos a continuación:

1. ***Instrumentos de evaluación de diagnóstico (PRE-TEST).*** Diseñados para evaluar los conocimientos previos de los participantes, se desarrollaron cuatro exámenes o tests de diagnóstico, los cuales se aplicaron al inicio de cada una de las cuatro sesiones semanales: una de introducción y tres de aprendizaje. Para todas las sesiones se utilizaron tests de opción múltiple con cuatro opciones de respuesta. El test de la sesión de introducción fue igual para ambos grupos y los otros tres fueron diferentes. De la sesiones de aprendizaje, el test de la sesión 1 consta de 16 reactivos, el test de la sesión 2 consta de 10 reactivos y el test de la sesión 3 consta de 10 reactivos (ver Anexo 4).

2. ***Instrumentos de evaluación de la efectividad del aprendizaje (POST-TEST).*** Diseñados y aplicados con la finalidad de evaluar los conocimientos adquiridos durante la sesión de introducción y las tres de aprendizaje. Los POST-TESTs se aplicaron al finalizar las sesiones, estos tests son similares a los descritos en el punto anterior con la excepción del título, que en lugar de decir PRE-TEST están identificados como POST-TEST.



Procedimiento

Grupos de experimentación

Se formaron dos grupos, el de control y el experimental, con seis participantes cada uno, la participación fue voluntaria. La distribución fue aleatoria, solamente se asignó una niña a cada grupo, ya que hubo dos participantes del género femenino.

Sesiones de aprendizaje

Se llevaron a cabo cuatro sesiones: una de introducción y tres de aprendizaje con una duración de dos horas y periodicidad semanal. En la sesión de introducción, se explicó a los participantes el objetivo de las sesiones y cómo interpretar el material a utilizar (libro y MAPAA). El instructor aplicó un examen antes de la explicación (PRE-TEST) y uno de evaluación al final (POST-TEST) ver Anexo 4. Las tres sesiones de aprendizaje fueron sobre las variantes de la apertura "Ruy López (Española)": variante principal, variante del cambio y variante abierta. Al iniciar las sesiones se les aplicó a los participantes un PRE-TEST y al término un test similar para evaluar la efectividad del aprendizaje (POST-TEST). La expectativa fue que los resultados de los PRE-TEST fueran muy bajos y los resultados de los POST-TEST reflejaran la efectividad del aprendizaje de los participantes, ver Anexo 4 y 5.

Todas las sesiones fueron diferentes para cada grupo. Los participantes del grupo de control utilizaron fotocopias del Capítulo 3, de la Apertura Ruy López, del libro Aperturas de Ajedrez (Seirawan, 2002), ver Anexo 2. Los participantes del grupo experimental utilizaron un MAPAA de la Apertura Ruy López (Ríos, 2012) ver Anexo 1.

Cada una de las sesiones de aprendizaje tuvo cinco secciones; la primera, en la que se dio una breve introducción y se aplicó el PRE-TEST de forma individual, ver Anexo 4; la segunda, en donde se explicó al grupo el tema; la tercera, en la que se les dio a los alumnos un tiempo para estudiar de forma individual, para lo cual se les proporcionó el material impreso, tablero, piezas de ajedrez, lápiz y papel. Durante esta sección se aclararon dudas de forma individual; la cuarta, en la que se le aplicó al participante el POST-TEST que es idéntico al PRE-TEST y la quinta, en donde se les dio retroalimentación a los participantes sobre sus resultados. La duración de las sesiones fue de 2 horas.



Figura 1. Sesión con grupo de control.



Figura 2. Sesión con grupo experimental.

Recopilación y procesamiento de datos

El resumen de los resultados y las diferencias de aprovechamiento entre ambos exámenes se muestran en la Tabla 1 y en las Figuras 3 y 4. Los resultados individuales detallados de ambos grupos se muestran en Anexo 5, los participantes están identificados como P1 a P6 en las dos tablas del Anexo 5.

Tabla 1. Resumen de los porcentajes de aprendizaje por grupo y su diferencia nominal por sesión.

Grupo\Sesión	1	2	3	4
Grupo de Control (GC)	20%	22%	15%	13%
Grupo Experimental (GE)	37%	10%	28%	36%
Diferencia (GE-GC)	17%	-12%	13%	23%

Análisis de datos

Prueba de normalidad de los porcentajes de aprendizaje del grupo de control y experimental

La prueba mostró que los datos de ambos grupos tienen una distribución normal, los valores *P* obtenidos de 0.681 y 0.220, son mucho mayores que 0.05 (valor de α). Lo anterior aún cuando el número de datos de las poblaciones es muy pequeño, en este caso 6. Por lo anterior se pueden inferir conclusiones con los resultados del presente estudio.

Análisis de prueba de hipótesis de diferencia entre los aprendizaje de los dos métodos de estudio

Se probó la hipótesis nula por medio de la función 2-Sample t del Software Minitab® , ya que las poblaciones son independientes. La hipótesis nula: No existe diferencia significativa entre las medias de aprovechamiento (aprendizaje) de los dos métodos de estudio, se probó con un nivel de confianza del 95%.

Estadísticamente, el resultado arrojo que existe diferencia entre las medias (μ) de aprovechamiento de ambos métodos:

Hipótesis nula: $H_0: \mu_1 = \mu_2$

Hipótesis alternativa: $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$

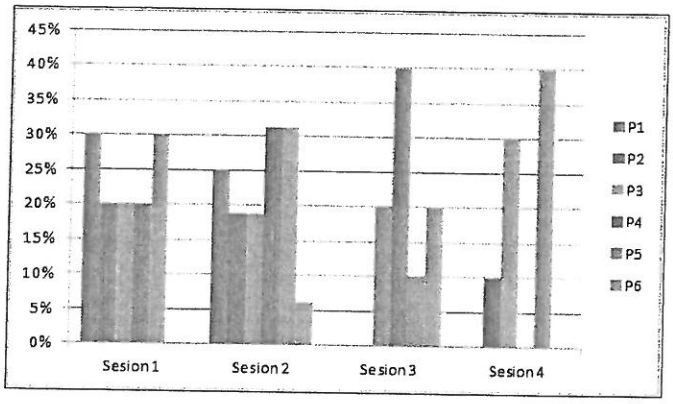


Figura 3. Resumen de resultados de la evaluación de la efectividad del aprendizaje aplicado al grupo de control.

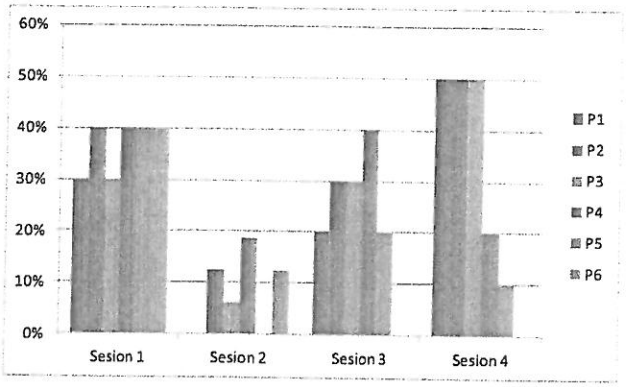


Figura 4. Resumen de resultados de la evaluación de la efectividad del aprendizaje aplicado al grupo experimental.

Resultados y discusión

En la comparación de los dos métodos de estudio, con análisis de la prueba de dos muestras se encontró que el grupo experimental tuvo un mayor aprovechamiento, las diferencias de aprendizaje fueron para la sesión 1, +17%, la sesión 2-12%, la sesión 3, +13% y la sesión 4+23%; en la sesión 2 el grupo de control tuvo mayor porcentaje (12%), esto se atribuye a una desviación en el protocolo de la aplicación del test (se les permitió a los participantes ver el material de estudio durante el examen, solo en esta sesión y grupo).

Para la pregunta planteada sobre "si existe diferencia significativa en el aprendizaje de la teoría de aperturas de ajedrez utilizando un MAPAA comparado con el uso de un libro tradicional de ajedrez", se encontró un valor *P* de 0.027, siendo este valor menor que el valor de significancia $\alpha = 0.05$, se concluye con un nivel de confianza del 95% que los resultados de los dos grupos no son iguales, por lo que la hipótesis nula de igualdad de medias se rechazo, es decir existe diferencia significativa en los resultados de aprendizaje de los dos grupos del experimento.

Conclusiones

El estudio arrojó que existe diferencia significativa en el aprendizaje de la teoría de aperturas de ajedrez utilizando un MAPAA comparado con el uso de un libro de ajedrez, se utilizó la prueba t de dos muestras t de Minitab®, y se encontró un valor P de 0.027, siendo este valor menor que el valor de significancia α=0.05, se concluye con un nivel de confianza del 95% que los resultados de los dos grupos no son iguales, por lo que la hipótesis nula de las medias son iguales se rechazo, lo que indica la existencia de diferencia significativa entre los resultados de aprendizaje de los dos grupos del cuasi-experimento.

Bibliografía

Capitelli, G. y Gobet, F. (2011). Deliberate Practice Necessary But Not Sufficient. Current Directions in Psychological Science, 20(5), 280–285.

Chassy, P. y Gobet, F. (2011). Measuring Chess Experts' Single-Use Sequence Knowledge: An Archival Study of Departure from "Theoretical" Openings. PLoS ONE, 6(11), e26692.

Chess-News (2012). Chess-News página web. 605 million Adults Play Chess and Other Statistics By AGON. Recuperado de http://chess-news.ru/en/node/8033.

Unterrainer, J. M., Kaller, C. P., Halsband, U. y Rahm, B. (2006). Planning abilities and chess: a comparison of chess and non-chess players on the Tower of London task. British Journal of Psychology.

Ferguson, R. (1995). Chess in Education Research Summary: A review of key Chess Research Studies, conference wise-move. Trabajo presentado en el Borough of Manhattan Collegue Chess in Education. New York, EEUU.

FIDE (2008). Laws of Chess. Alemania. 79o Congreso de la FIDE. Recuperado de http://www.fide.com/component/handbook/?id=124&view=article.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2010). Metodología de la investigación. Distrito Federal, México: Mc Graw Hill Educación.

Llorente-Cámara, E. (2000). Imágenes en la enseñanza. Revista de Psicodidáctica, 9, 119–135. Recuperado de http://www.doredin.mec.es/documentos/01520073000100.pdf.

Seirawan, Y. (2002). Aperturas de Ajedrez. Editorial Aguilar.

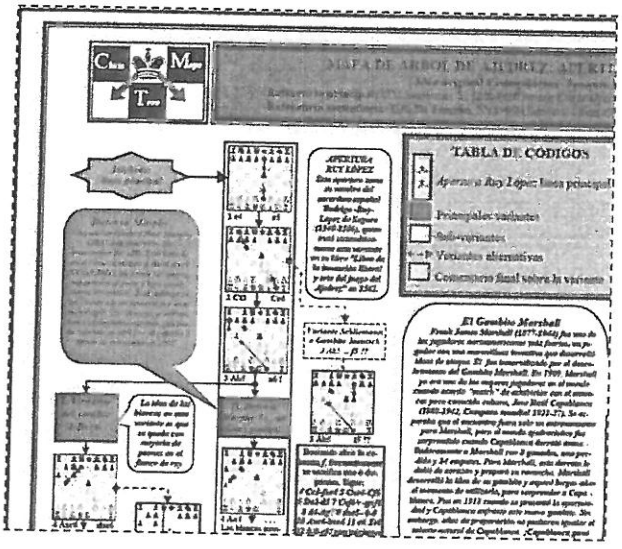
Minitab Inc. (2011). Resumen gráfico con pruebas de normalidad, Lecciones de ayuda de Minitab. Página web. Recuperado de http://www.minitab.com/uploadedFiles/MinitabHelp_Normality_ES.pdf.

Ríos, J. F. (2012). Mapa de Árbol de Ajedrez: Apertura Ruy López (Española). Chihuahua, México: Impresión de tiraje privado.

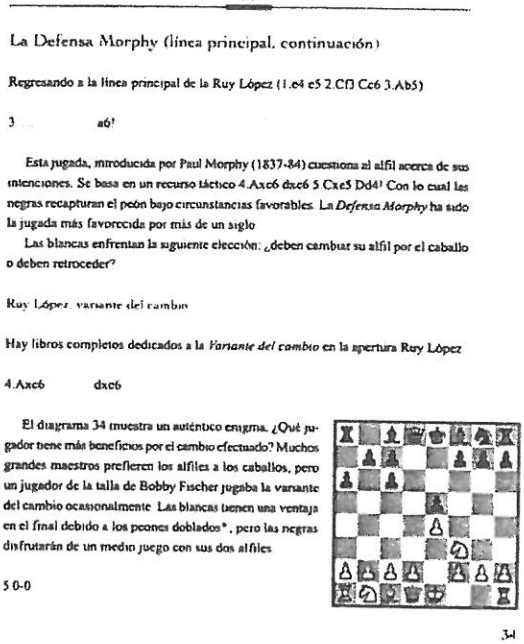
Shenk, D. (2009). La partida inmortal: una historia de ajedrez. Madrid, España: Turner Noema.

Anexos

Anexo 1: Mapa de Árbol de Ajedrez: Apertura Ruy López (Ríos, 2012).



Anexo 2: Página del libro "Aperturas de ajedrez" (Seirawan, 2002).



80

La Defensa Morphy (línea principal, continuación)

Regresando a la línea principal de la Ruy López (1.e4 e5 2.Cf3 Cc6 3.Ab5)

3 ... a6?

Esta jugada, introducida por Paul Morphy (1837-84) cuestiona al alfil acerca de sus intenciones. Se basa en un recurso táctico 4.Axc6 dxc6 5 Cxe5 Dd4! Con lo cual las negras recapturan el peón bajo circunstancias favorables. La *Defensa Morphy* ha sido la jugada más favorecida por más de un siglo

Las blancas enfrentan la siguiente elección: ¿deben cambiar su alfil por el caballo o deben retroceder?

Ruy López: variante del cambio

Hay libros completos dedicados a la *Variante del cambio* en la apertura Ruy López

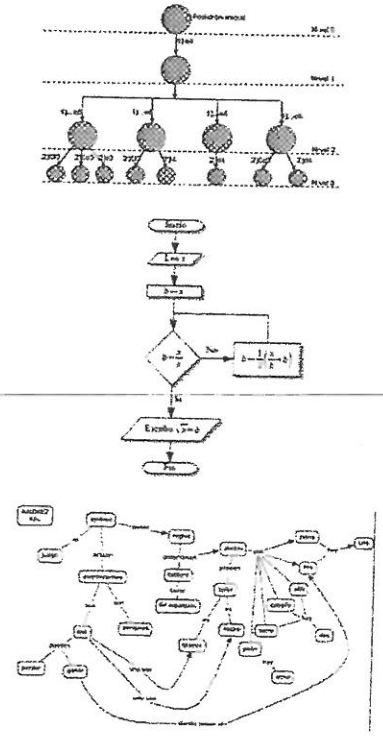
4.Axc6 dxc6

El diagrama 34 muestra un auténtico enigma. ¿Qué jugador tiene más beneficios por el cambio efectuado? Muchos grandes maestros prefieren los alfiles a los caballos, pero un jugador de la talla de Bobby Fischer jugaba la variante del cambio ocasionalmente. Las blancas tienen una ventaja en el final debido a los peones doblados*, pero las negras disfrutarán de un medio juego con sus dos alfiles.

5 0-0

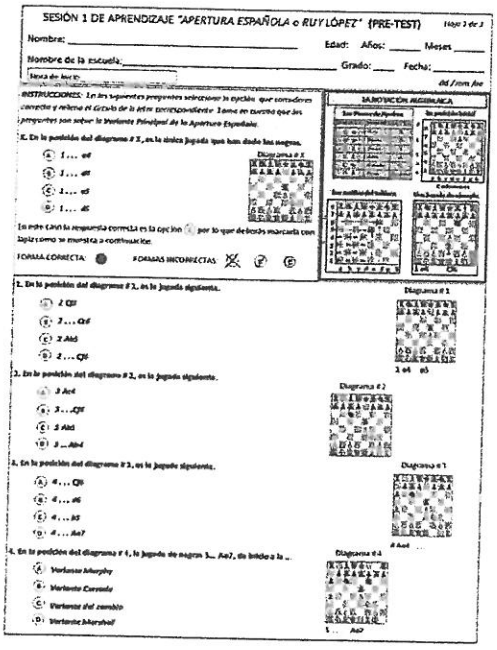
34

Anexo 3: Diagrama de árbol de decisión, diagrama de flujo y mapa conceptual.



Anexo 4: Pre-test de la sesión 1 de aprendizaje de grupo de control y experimental.

Nota: el Post-test es idéntico, solo cambia en el título la palabra "PRE" por "POST"


SESIÓN 1 DE APRENDIZAJE "APERTURA ESPAÑOLA o RUY LÓPEZ" (PRE-TEST)

Nombre: _____ Edad: Años: ____ Meses ____

Nombre de la escuela: _____ Grado: ___ Fecha: _____

Anexo 5: Resumen de resultados de los exámenes de diagnostico (PRE-TEST) y de aprendizaje (POST TEST). Sesiones de aprendizaje de aperturas de ajedrez del grupo de control y el experimental.

RESUMEN DE RESULTADOS DE PROMEDIOS DE PORCENTAJES DE APRENDIZAJE
GRUPO DE CONTROL

	Variación de porcentajes de aprendizaje				
	Resultado del POST - Resultado del PRE				
	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Sesión 4	Promedios
Participante 1	0.30	0.25	0.00	0.00	0.14
Participante 2	0.20	0.19	0.00	0.10	0.12
Participante 3	0.20	0.19	0.20	0.30	0.22
Participante 4	0.20	0.31	0.40	0.00	0.23
Participante 5	0.30	0.31	0.10	0.40	0.28
Participante 6	0.00	0.06	0.20	0.00	0.07
Promedios	0.20	0.22	0.15	0.13	0.18

RESUMEN DE RESULTADOS DE PROMEDIOS DE PORCENTAJES DE APRENDIZAJE
GRUPO EXPERIMENTAL

	Variación de porcentajes de aprendizaje				
	Resultado del POST - Resultado del PRE				
	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Sesión 4	Promedios
Participante 1	0.30	Inasistencia	0.20	0.50	0.33
Participante 2	0.40	0.13	0.30	0.50	0.33
Participante 3	0.30	0.06	0.30	0.50	0.29
Participante 4	0.40	0.19	0.40	0.20	0.30
Participante 5	0.40	0.00	0.20	0.10	0.18
Participante 6	0.40	0.13	Inasistencia	Inasistencia	0.26
Promedios	0.37	0.10	0.28	0.36	0.28



Transporte Aéreo Seguro

DE *MERCANCÍAS PELIGROSAS*

M.C. Consuelo Catalina Fernández Gaxiola[1], M.A. Javier Zepeda Miranda[2] e Ing. Jesús Ceniceros Aguilar[3]

[123] Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez, Av. Universidad # 3051, Colonia Lote Bravo II, C.P. 32965, Ciudad Juárez, Chihuahua.

Enviado: 6 de abril de 2015
Aceptado: 17 de mayo de 2015

consuelo_fernandez@utcj.edu.mx

Resumen: Según los datos del organismo descentralizado del gobierno federal, Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) que se encarga de operar, administrar, regular y construir aeropuertos en México, informa que en 2012 existían 53 aeropuertos internacionales, a lo largo del territorio nacional y de ellos en orden de importancia son: Ciudad de México, Cancún, Guadalajara, Monterrey y Tijuana, que en conjunto manejan casi el 68% del total de pasajeros y mercancías que se mueven por este medio de transporte en México. El medio de transporte aéreo es utilizado para transportar pasajeros y mercancías de distintas composiciones en un tiempo reducido, entre ellas se encuentran distintas sustancias, mercancías u objetos de índole peligroso, que pueden provocar problemas de pérdidas materiales y de salud si no se transportan con el cuidado requerido.

Para asegurar que el proceso del transporte aéreo tanto de mercancías como de pasajeros se realice con calidad , eficiencia, y seguridad tanto dentro del aeródromo, como en el espacio aéreo mexicano, los aeropuertos trabajan en conjunto con la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) y el grupo aeroportuario que coordine las actividades propias del aeropuerto en particular para poder lograrlo.

El fin de la presente investigación es describir y conocer el listado de mercancías que están prohibidas, así como el manejo adecuado de las mercancías permitidas para transportar por vía aérea en México, incluyendo la descripción del embalaje y el etiquetado o marcaje correcto. Por lo que fue necesario identificar los tipos de sustancia y el nivel de peligrosidad para su adecuado manejo al momento de ser transportadas por este medio, teniendo en cuenta dos condiciones muy importantes para este medio de transporte que son la temperatura y la presión atmosférica

que se ejerce al volar, para evitar problemas, accidentes e incomodidades en los usuarios por desconocimiento de esta información.

✚ *Palabras clave: Clasificación de mercancías peligrosas, transporte aéreo y embalajes.*

Abstract: According to the data of the decentralized agency of the federal Government, Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA in Spanish) which is responsible for operating, administering, regulating and build airports in Mexico, reports that in 2012 existed 53 international airports, along the national territory and of them in order of importance are: Mexico City, Cancun, Guadalajara, Monterrey and Tijuana, which together handle almost 68 total passenger and freight moving by this means of transportation in Mexico. Means of air transport is used to transport passengers and goods of different compositions in a short time, among them there are different substances, goods or dangerous nature objects, which could cause material damage and health problems if not is transporting with the required care.

To ensure that the process of air transport of goods and passengers is made with quality, efficiency, and safety both within the aerodrome, and in Mexican airspace, airports work together with the Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC in Spanish) and the airport group that coordinates the activities of the airport in particular in order to achieve it.

The purpose of this research is to portray and the list of goods that are forbidden under any circumstances, as well as the proper handling of goods allowed airlifting in Mexico, including the description of the packaging and labelling or marking correct. Therefore, it was necessary to identify the types of substance and the level of danger to their appropriate management at the time of being transported by this means, taking into account two very important conditions for this means of transport which are the temperature and pressure atmospheric exerted to fly, in order to avoid problems, accidents and inconveniences to users by ignorance of this information.

✚ *Keywords: Classification of dangerous goods, air transport and packing.*

Introducción

El transporte aéreo, ha sido trascendental desde hace ya algunos años. Esto ha llevado a la aviación no solo a ser un punto de acceso y un gran eslabón en la cadena logística, como un servicio, sino también ha generado una gran demanda de requisiciones, ya sea para transportar pasajeros o múltiples tipos de cargamentos de mercancías de composiciones distintas que requieren de diversas metodologías y procesos al momento de ser trasladados de origen a destino, con la finalidad de ofrecer un mejor servicio y que siempre sea seguro para cualquier persona, directa o indirectamente involucrada.

La aeronáutica civil en México data desde 1919, cuando la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas (SCOP) recibió una solicitud de Elías Manges López sobre servicio aéreo para transportar periódico entre la capital del país y las ciudades de Puebla, Pachuca y Toluca, este hecho significó la primera exigencia de reglamentación en la transportación aérea civil, ya que hasta el momento sólo era de carácter militar.

Actualmente, la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) sigue adscrita a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, a través de la Subsecretaría de Transporte (Ley de Aviación Civil, 2001), su visión es centrarse en contar con un transporte aéreo seguro, eficiente y competitivo, que satisfaga las necesidades de la sociedad mexicana, proporcionando servicios de calidad y siendo un pilar para el desarrollo económico y social del país. Y su misión es asegurar que el transporte aéreo participe en el proceso de crecimiento sostenido y sustentable, que contribuya al bienestar social, al desarrollo regional y a la generación de empleos, apoyando la conformación de una sociedad mejor integrada y comunicada.

La Dirección General de Aeronáutica Civil en conjunto con otras dependencias de gobierno, los Servicios de Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano (SENEAM), la Policía Federal y Sanidad Internacional entre otras son las que determinan que el manejo, embalaje y transporte de materiales, sustancias y objetos peligrosos, se deben llevar a cabo conforme a lo dispuesto en las Normas Oficiales Mexicanas, asimismo establecen que los representantes y encargados, deben de verificar y analizar a todo usuario que pretenda transportar o embarcar artículos que puedan poner en riesgo la seguridad de la aeronave o de los pasajeros, tales como sustancias químicas, corrosivas, radioactivas, inflamables, armas de fuego, explosivos, municiones, semejantes o similares, así como también cuente con el permiso previo de las autoridades correspondientes para su portación y transportación (Reglamento de la Ley de Aviación Civil, 2004).

Las mercancías peligrosas son artículos o sustancias que, cuando se transportan por vía aérea, pueden constituir un riesgo para la salud, la seguridad y la propiedad. Con gran frecuencia los usuarios de este medio de transporte intentan transportar mercancías peligrosas o en su caso artículos restringidos cuyo contenido no está autorizado para movilizarse en aviones de pasajeros o aviones de carga, a menos que estén correctamente empacados y en las cantidades indicadas por las autoridades correspondientes, es por ello que en esto radica la importancia y el objetivo fundamental de esta publicación que es difundir dicha información.

Marco de referencia

Según la Asociación Internacional del Transporte Aéreo (IATA) (2009), las mercancías peligrosas son artículos o sustancias que poseen características potencialmente peligrosas, dichas sustancias son capaces de poner en riesgo, la salud, la seguridad, la propiedad o el medio ambiente. Además considera como mercancías peligrosas a aquellas sustancias cuya peligrosidad es obvia, tales como ácidos, alcoholes, combustibles, explosivos, materiales radiactivos, etc. Además otros artículos y sustancias de uso diario en el hogar, tales como productos para desmanchar la ropa, aerosoles, termómetros, etc.

En México se prohíbe a bordo de un avión cualquier sustancia que en la forma que se presente para el transporte sea capaz de explotar, reaccionar peligrosamente, producir llamas, una evolución peligrosa de calor o una emisión peligrosa de gases o vapores tóxicos corrosivos o inflamables en condiciones normales de transporte, por tanto esta sustancia no debe ser transportada bajo ninguna circunstancia (Reglamento de la Ley de Aviación Civil, 2004).



Fundamento legal

Según la Ley de Aeropuertos (2009), las autoridades competentes realizarán las acciones necesarias para el adecuado ejercicio de las atribuciones que les correspondan en los aeródromos civiles, para lo cual éstas deberán contar con áreas e instalaciones apropiadas en los mismos. Asimismo establece que los concesionarios o permisionarios deberán responsabilizarse del control de los accesos, tránsito de personas, vehículos y bienes en zonas restringidas del aeródromo civil, así como de que las áreas cercanas a los equipos de ayuda a la navegación aérea instalados dentro de los mismos, se mantengan libres de obstáculos que puedan afectar su operación.

En el Anexo 18 que maneja la Organización de la Aviación Civil Internacional (OACI) (2011), de la que México es miembro y parte del consejo, establece como se debe llevar a cabo el transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea, en el documento se especifican las normas y métodos recomendados que se han de seguir para poder transportar sin riesgo mercancías peligrosas por todos los estados miembros. Según este documento, los estados contratantes deben también observar las disposiciones de las instrucciones técnicas, que contienen las múltiples y minuciosas reglamentaciones necesarias para la manipulación correcta de la carga peligrosa.

Estas disposiciones deben actualizarse con frecuencia, a medida que surgen novedades en la industria química, de fabricación y de embalajes. El consejo ha determinado un procedimiento especial que permite revisar y reeditar regularmente las instrucciones técnicas, para mantenerlas al día con respecto a los nuevos productos y adelantos de la técnica.

En México existe una Norma Oficial Mexicana (NOM), que regula estas operaciones, la norma NOM-064-SCT3-2012, que establece las especificaciones del Sistema de Gestión de Seguridad Operacional *(SMS Safety Management System)*. Esto debido a que las operaciones aeronáuticas deben regularse de forma estricta y oportuna mediante Normas Oficiales Mexicanas de aplicación obligatoria, a fin de garantizar la seguridad de las aeronaves, su tripulación y la de los pasajeros. Al disponer de una NOM que establezca las especificaciones del Sistema de Gestión de Seguridad Operacional, se benefician los concesionarios y permisionarios del transporte aéreo de servicio al público, los concesionarios y permisionarios aeroportuarios, Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA), los permisionarios de talleres aeronáuticos, las organizaciones responsables del diseño de tipo y las organizaciones responsables de la fabricación de aeronaves, los prestadores de servicios de tránsito aéreo, los centros de formación o de capacitación y adiestramiento que cuenten con aeronaves y los operadores aéreos de aeronaves de estado distintas de las militares, ya que con la identificación, análisis, evaluación y mitigación de los peligros mediante la gestión del riesgo, se permite mantener un nivel aceptable de seguridad operacional y por consiguiente reducir la presencia de eventos, incidentes o accidentes en la operación aérea; generando así una mayor confianza en los usuarios del transporte aéreo.

Clasificación de las mercancías peligrosas

La clasificación de las mercancías peligrosas debe ser realizada por la autoridad nacional competente cuando así se requiera, o puede ser realizada por el expedidor que maneja la mercancía según la Ley de Aviación. Dicha clasificación comprende desde la Clase 1 hasta la Clase 9, según el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos de las Naciones Unidas (2011).

+ *Clase 1:* Explosivos

Se consideran objetos explosivos, a todos aquellos dispositivos que contengan sustancias explosivas en tal cantidad o de tal característica que su ignición o iniciación inadvertida o accidental durante el transporte, no causará ningún efecto externo al dispositivo, ya sea de proyección, fuego, humo, calor o alto ruido (ver Figura 1).



Figura 1. Explosivos.

Clase 2: Gases

+ Se considera un gas a aquel que a 50°C (122°F) tiene una presión de vapor superior a 300 kPa (3.0 bar, 43.5 lb/in²); o es completamente gaseosa a 20°C (68°F) a una presión estándar de 101,3 kPa (1.01 bar, 14.7 lb/in²). La condición de transporte de un gas se describe según su estado físico como:

- Gas comprimido; un gas que, al embalarse a presión para el transporte, es enteramente gaseoso a –50°C (–58°F); esta categoría incluye todos los gases con una temperatura crítica menor o igual a –50°C (–58°F).

- Gas licuado; un gas que, al embalarse a presión para el transporte, es parcialmente líquido a una temperatura por encima de –50°C (–58°F).

- Gas licuado refrigerado; gas que, al embalarse para el transporte, se vuelve parcialmente líquido debido a su baja temperatura.

- Gas disuelto; gas que, al embalarse a presión para el transporte, está disuelto en un solvente en fase líquida.

- Gases inflamables; son los gases que, a 20°C (68°F) y a una presión estándar de 101.3 kPa (1.01 bar, 14.7 lb/in²), son inflamables en una mezcla del 13% o menos por volumen con aire; o tienen una gama de inflamabilidad en el aire al menos del 12%, independiente del límite más bajo de inflamabilidad. Estos límites han de determinarse mediante ensayos o por el cálculo de acuerdo con métodos adoptados por ISO 10156:1996.

- Gases no inflamables no tóxicos; son aquellos gases que diluyen o desplazan el oxígeno que se encuentra normalmente en la atmósfera, que pueden causar o facilitar la combustión de otras sustancias mediante la liberación de oxígeno.

- Gases tóxicos; son gases que se sabe que son tóxicos o corrosivos para los humanos hasta el punto de poner en riesgo la salud. Para ejemplo (ver Figura 2).



Figura 2. Gases tóxicos.

+ *Clase 3:* Líquidos inflamables

Son líquidos o mezclas que contengan sólidos en solución.

+ *Clase 4:* Sólidos inflamables

Son sustancias que pueden experimentar combustión espontánea; sustancias que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables.

+ *Clase 5:* Sustancias comburentes y peróxidos orgánicos

Las sustancias comburentes son aquellas que no son necesariamente combustibles por sí mismas, pueden, por lo general al desprender oxígeno, provocar o favorecer la combustión de otras materias. Estas sustancias pueden estar contenidas en un objeto (ver Figura 3).

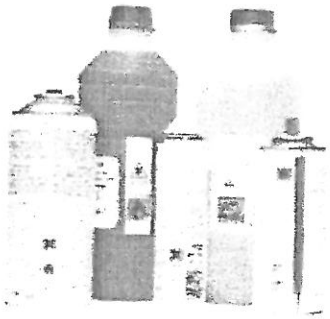


Figura 3. Sustancias comburentes.

Los peróxidos orgánicos son sustancias termalmente inestables que pueden descomponerse en forma auto acelerada y ser susceptibles de una descomposición explosiva, arder rápidamente, ser sensibles al impacto o a la fricción, reaccionar peligrosamente con otras sustancias y ocasionar daño a los ojos (ver Figura 4).

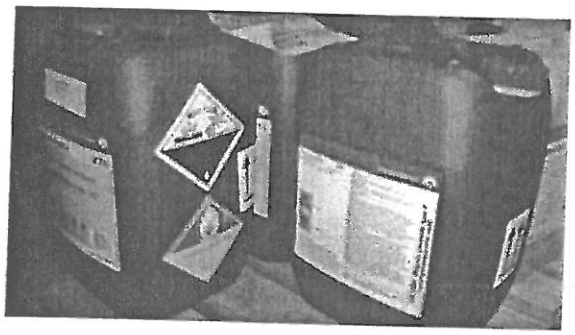


Figura 4. Peróxidos orgánicos.

+ *Clase 6:* Sustancias tóxicas e infecciosas

Las sustancias tóxicas son sustancias capaces de causar la muerte o dañar la salud humana si se tragan, inhalan o entran en contacto con la piel.

Las sustancias infecciosas se caracterizan por ser sustancias que se sabe o razonablemente se espera que contengan gérmenes patógenos. Gérmenes patógenos están definidos como microrganismos (incluyendo bacterias, virus, ricketsias, hongos,...) y otros agentes tales como priones, los cuales pueden causar enfermedades en los humanos o en los animales (ver Figura 5).

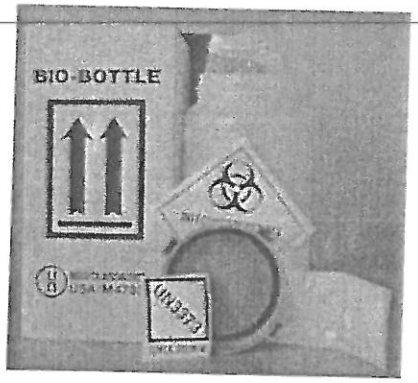


Figura 5. Sustancias infecciosas.

+ *Clase 7:* Material radioactivo

Material radiactivo significa cualquier material que contenga radio nucleídos en exceso, tanto la concentración como la actividad total del embarque (ver Figura 6).

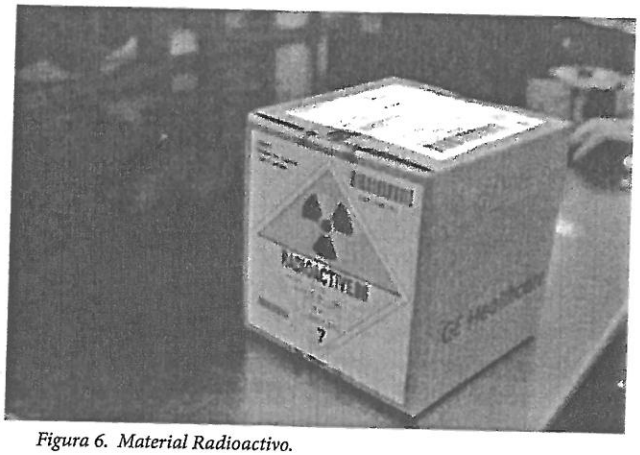


Figura 6. Material Radioactivo.

+*Clase 8:* Sustancias corrosivas

Son aquellas sustancias las cuales por su acción química, pueden ocasionar serios daños al entrar en contacto con los tejidos vivos o, en el caso de una filtración, dañarán materialmente o aún destruirán otras mercancías o los medios de transporte.

+*Clase 9:* Mercancías peligrosas varias

Se clasifican aquí todos aquellos objetos y sustancias las cuales, durante el transporte, presentan un peligro no cubierto por otras clases tales como microrganismos modificados genéticamente y organismos modificados genéticamente que, son aquellos en los cuales el material genético ha sido alterado a propósito mediante la ingeniería genética, en una forma que no ocurre naturalmente.

También se clasifican en esta clase todos los sólidos o líquidos regulados para la aviación, que tenga propiedades narcóticas, nocivas, irritantes o de cualquier otra naturaleza que, en el caso de producirse un derrame o filtración dentro de una aeronave, puedan causar fuertes molestias o incomodidades a los miembros de la tripulación, a tal punto que les incapacite para realizar en forma correcta sus labores asignadas.

Además el material magnetizado que es todo material que, al embalarlo para transportarlo por vía aérea, tiene un campo magnético máximo, suficiente para causar una desviación de la brújula de más de 2 grados a una distancia de 2.1 metros de cualquier punto de la superficie del bulto preparado. Y por último las sustancias a temperaturas elevadas, ya que las sustancias que son transportadas u ofrecidas para el transporte a temperaturas iguales o mayores a 100°C en un estado líquido (o iguales o mayores de 240°C en estado sólido) pueden convertirse en sustancias peligrosas.

Los embalajes

Los embalajes son recipientes y demás componentes o materiales necesarios para que el recipiente sea idóneo a su función de contención (Organización de la Aviación Civil Internacional, 2009).

También en el Anexo 18 de la Organización de la Aviación Civil Internacional (2011) estipula que los embalajes utilizados para el transporte de mercancías peligrosas por vía aérea serán de buena calidad y estarán construidos y cerrados de modo seguro, para evitar pérdidas que podrían originarse en las condiciones normales de transporte, debido a cambios de temperatura, humedad, presión o vibración.

Además serán apropiados al contenido y los que estén en contacto directo con mercancías peligrosas serán resistentes a toda reacción química, o de otro tipo, provocada por dichas mercancías. Los embalajes con la función básica de retener un líquido, serán capaces de resistir sin fugas a las presiones del mismo medio de transporte. El material de relleno y absorbente no deberá reaccionar peligrosamente con el contenido de los embalajes. No estará adherida a la parte exterior de los bultos ninguna sustancia peligrosa en cantidades que puedan causar daños.

Reutilización de embalajes

Ningún embalaje se utilizará de nuevo antes de que haya sido inspeccionado y se compruebe que está exento de corrosión u otros daños. Cuando vuelva a utilizarse un embalaje, se tomarán todas las medidas necesarias para impedir la contaminación de nuevos contenidos. Debido a la naturaleza de su contenido precedente, los embalajes vacíos que no se hayan limpiado pueden entrañar algún riesgo, se cerrarán herméticamente y se tratarán según el riesgo que entrañen.

Clasificación de los embalajes

Según la Organización de Aviación Civil Internacional (2009), en sus instrucciones técnicas, clasifica a los embalajes de acuerdo al relativo grado de peligro presentado por el artículo o la sustancia, de la siguiente manera:

- Grupo de embalaje I; son sustancias que presentan riesgo elevado.
- Grupo de embalaje II; son sustancias que presentan riesgo medio.
- Grupo de embalaje III; son sustancias que presentan riesgo bajo.

Etiquetas

Todo bulto de mercancías peligrosas llevará las etiquetas apropiadas de conformidad con lo previsto en las instrucciones para el manejo de sustancias peligrosas de la OACI (2009). Además los bultos de mercancías peligrosas deberán ir marcados con la denominación del artículo expedido que contenga y con el número de la ONU.

En las marcas relacionadas con las mercancías peligrosas, además de los idiomas exigidos por el estado de origen y hasta que se prepare y adopte una forma de expresión más adecuada para uso universal, debería utilizarse el idioma inglés.

Todas las marcas deben ser duraderas e impresas, marcadas o fijadas de otro modo sobre la superficie externa del bulto o sobre el embalaje, fácilmente visibles y legibles, capaces de soportar la exposición a la intemperie sin que haya una reducción sustancial de su efectividad y desplegadas en un fondo de color que contraste.

Las etiquetas serán cuadradas y de dimensiones mínimas de 100 × 100 mm, con los lados a 45° (en forma de diamante), pero podrán utilizarse etiquetas de 50 × 50 mm en los bultos que contengan sustancias infecciosas cuando los bultos sean de dimensiones tales que sólo permitan poner en ellos etiquetas más pequeñas. Los símbolos, inscripciones y números se imprimirán en negro en todas las etiquetas.

Los cilindros que contengan gases de la Clase 2 podrán llevar, si fuera necesario por causa de su forma, de su posición y de su sistema de fijación para el transporte, etiquetas similares a las descritas anteriormente, pero de dimensión reducida.

Si se trata de etiquetas para la Clase 5 de mercancías peligrosas, el número de división de la sustancia tiene que aparecer en la esquina inferior de la etiqueta.

A menos de que en estas instrucciones se indique de otro modo, en la parte inferior de la etiqueta sólo es posible insertar el texto que indique la naturaleza del riesgo además del número de la clase, división o del grupo de compatibilidad (IATA, 2009).

Toda etiqueta puede incluir información para identificarla, siempre que dicha información se imprima fuera del margen de línea continua en caracteres de 10 puntos tipográficos como máximo.

Cuando el transporte internacional de bultos requiera la aprobación del diseño de bulto o de la expedición por parte de la autoridad competente, el etiquetado debe hacerse de acuerdo con el certificado del país de origen del diseño.

Alertas y reconocimientos de mercancías peligrosas clases y divisiones

Las alertas para el reconocimiento de las mercancías peligrosas son muy importantes ya que representan las claves para el correcto manejo durante su transporte, dichas alertas se especifican según la clase de mercancía peligrosa. Estas alertas están incluidas como parte del marcaje de las mercancías en sus etiquetas. A continuación se muestra las distintas alertas que se deben incluir según la clase de sustancia peligrosa:

- Para la *Clase 1*, sustancias explosivas, se deberá indicar lo siguiente, según sea el caso:

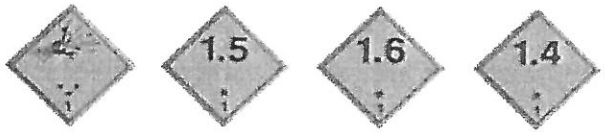


Figura 7. Indicadores para Clase 1.

- Para las sustancias peligrosas clasificadas como *Clase 2*, que son los gases, se utilizarán los siguientes indicadores:



Figura 8. Indicadores para Clase 2.

- Las sustancias *Clase 3*, líquidos flamables, llevarán los siguientes indicadores:



Figura 9. Indicadores para Clase 3.

- Las sustancias *Clase 4*, sólidos flamables, llevarán los siguientes indicadores:

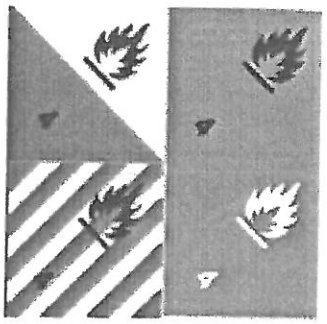


Figura 10. Indicadores para Clase 4.

- Las sustancias comburentes y peróxidos, consideradas como *Clase 5*, llevaran los siguientes indicadores:



Figura 11. Indicadores para Clase 5.

- Las sustancias tóxicas e infecciosas, consideradas como *Clase 6*, llevarán los siguientes indicadores.



Figura 12. Indicadores para Clase 6.

- Para las sustancias radioactivas, catalogadas como *Clase 7*, llevarán los siguientes indicadores.



Figura 13. Indicadores para Clase 7.

- Para las sustancias corrosivas se les pondrán el siguiente indicador, consideradas como de *Clase 8.*



Figura 14. Indicadores para Clase 8.

- Y por último para las sustancias *Clase 9*, mercancías peligrosas varias, se pondrá el siguiente indicador.



Figura 15. Indicadores para Clase 9.

Metodología

Algunas mercancías peligrosas son transportadas en grandes cantidades; otras pueden transportarse en aviones de carga solamente y algunas son admisibles tanto en aviones de carga como en aviones de pasajeros. En México se ha puesto un número de limitaciones para aquellas mercancías cuyo transporte por vía aérea está permitido, con el fin de prevenir accidentes aéreos que no solo causan daños materiales, si no también ponen en riesgo la vida de muchas personas.

Las mercancías peligrosas que se describen a continuación no deben ser transportadas en una aeronave bajo ninguna circunstancia, según la reglamentación mencionada anteriormente:

+ Explosivos que puedan inflamarse o descomponerse al ser sometidos a una temperatura de 75°C.
+ Explosivos que contengan ambas sustancias, cloratos y sales de amonio.
+ Explosivos que contengan mezclas de clorato de fósforo.
+ Explosivos sólidos que estén clasificados como extremadamente sensibles a los golpes mecánicos.
+ Explosivos líquidos que estén clasificados como moderadamente sensibles a los golpes mecánicos.
+ Toda sustancia u objeto que, tal como se entregue para su transporte, sea capaz de producir una emanación peligrosa de calor o gas en las condiciones normales propias del transporte aéreo.

La carga declarada al momento de enviar una mercancía vía aérea puede contener objetos peligrosos que no aparenten serlo, dichos objetos se pueden encontrar también en el equipaje, con el propósito de prevenir que se carguen mercancías peligrosas no declaradas en un avión y que los pasajeros lleven a bordo aquellas mercancías peligrosas que no les están permitidas transportar dentro de sus equipajes, el personal de aceptación de carga y pasajeros debe exigir la confirmación de los expedidores y los pasajeros acerca del contenido de cualquier bulto de carga o equipaje ante la sospecha de que pueda contener mercancías peligrosas.

Algunos de estos artículos son los siguientes:

- Aparatos dentales ya que pueden incluir solventes o resinas químicas.
- Aparatos accionados electricamente como sillas de ruedas, cortadoras de césped, carritos de golf, etc. Ya que pueden incluir acumuladores húmedos.
- Aparatos respiratorios y botellas de gas, ya que pueden incluir gas comprimido.

- Cajas de herramientas, que pueden incluir explosivos (remaches mecánicos), gases comprimidos o aerosoles, gases inflamables (botella de butano), pinturas o adhesivos inflamables, líquidos o corrosivos.
- Embriones congelados, ya que pueden contener nitrógeno líquido.
- Enseres domésticos, ya que pueden incluir materiales peligrosos como pinturas, aerosoles, polvo de blanquear.
- Equipo para acampar, que pueden incluir gas inflamable, líquido inflamable u otras mercancías peligrosas.
- Equipo de buceo, ya que pueden incluir lámpara de alta intensidad para buceo, que pueden generar un calor extremadamente fuerte cuando se las hace funcionar en el aire.
- Equipo de laboratorio o de prueba, que pueden incluir materiales explosivos.
- Equipos de carreras de autos, que pueden contener aerosoles inflamables, aditivos de combustible, baterías húmedas.
- Equipo eléctrico, que pueden incluir materiales magnetizados o mercurio en los interruptores y las lámparas electrónicas.
- Equipo de escenografía, espectáculo filmación y efectos especiales, ya que contienen inflamables, explosivos y/o otras mercancías peligrosas.
- Equipo para expediciones, que puede contener explosivos (bengalas), líquidos inflamables (gasolina), gases inflamables (camping gas) u otras mercancías peligrosas.
- Equipos de reparación, que pueden incluir materiales peligrosos como adhesivos, pinturas de celulosa, peróxidos orgánicos y disolventes.
- Frigoríficos, ya que contienen gas o líquido peligroso.
- Frutas, verduras o cualquier alimento congelado, ya que pueden llevar hielo seco para su conservación.
- Instrumentos, que pueden incluir barómetros, manómetros e interruptores con mercurio.
- Líquido criogénico, ya que contienen gases licuados a muy baja temperatura, tales como argon, helio, neón y nitrogeno.
- Semen de toro, ya que puede contener en su empaque hielo seco o gas licuado para su conservación.

Como se puede observar en el listado anterior hay un sinfín de mercancías que normalmente no serían consideradas como peligrosas y otras más que no fueron mencionadas por lo que se recomienda seguir la siguiente metodología para determinar si pueden ser catalogadas como peligrosas.

Metodología para catalogar una mercancía como peligrosa

Primero se tiene que determinar el nombre técnico correcto, la composición de la sustancia o la descripción del artículo y verificar si está en el listado de mercancía prohibida para transportarse por vía aérea. Si las propiedades no son conocidas, se deberán realizar pruebas para determinar la clase o división correcta, pero si el artículo o sustancia no se encuentra por su nombre en la lista, ni cumple la definición de ninguna de las clases, no será catalogado como peligroso.

Para los artículos o las sustancias que presentan varios riesgos, deben de llevarse a cabo los cuidados correspondientes para su traslado seguro, una vez conocidas todas las propiedades del artículo o sustancia, se tiene que determinar si está prohibido para el transporte aéreo.

Si la cantidad de material que se va a transportar es muy pequeña, quizás sea posible transportarla con los cuidados mínimos establecidos.

Después hay que determinar si se va a transportar en aeronave de pasajeros o de carga. Si la mercancía es prohibida en avión de pasajeros se tendrá que enviar por aviones de carga.

Si la mercancía a transportar no está prohibida se deberá determinar la instrucción de embalaje, la cantidad y aplicaciones propias de los operadores de la aeronave que la transportará.

Metodología para la selección del embalaje y etiquetas

El dueño de la mercancía es responsable en todos los aspectos del embalaje de mercancías peligrosas en caso de algún accidente provocado por manejo incorrecto de dichas mercancías.

Cuando prepara cada bulto de mercancías peligrosas, debe cumplir con el conjunto de requisitos de embalaje apropiados al tipo de embalaje que debe ser utilizado, usar solamente los embalajes permitidos por la aerolínea que llevará a cabo el arribo de las mercancías, los cuales varían según los reglamentos de cada empresa.

Para todos los embalajes, se debe restringir la cantidad total por bulto a los límites especificados por la aerolínea, se debe acomodar y asegurar todos los componentes del embalaje, en la forma exacta que se ha determinado.

Las mercancías peligrosas deben ser embaladas en embalajes de buena calidad, los cuales deben ser lo suficientemente resistentes como para resistir los golpes y los procedimientos de carga que se produzcan normalmente durante transporte, incluyendo el cambio de pallet, manipulaciones o manejos mecánicos realizados con frecuencia. Los embalajes deberán ser construidos y cerrados para prevenir cualquier pérdida del contenido cuando sean preparados para el transporte, bajo condiciones normales, por vibraciones o por cambios de temperatura, humedad o presión, como por ejemplo, resultados de las diferencias de altitud. Los bultos (incluyendo sus embalajes interiores y recipientes) deben ser cerrados de acuerdo con la información provista por el fabricante. No debe haber residuos peligrosos en la parte exterior durante el transporte. El embalaje debe ser de tal tamaño que tenga suficiente espacio para fijar todas las marcas y etiquetas requeridas.

A los bultos de las mercancías peligrosas se les debe fijar una etiqueta indicativa del riesgo cuando se trate de objetos, sustancias o mercancía peligrosa, la cual se podrá identificar y catalogar a simple vista en el tipo de clase que va clasificada, así como el grado de peligrosidad existente en dicha mercancía. Las etiquetas tienen que poder resistir la intemperie, de modo que ésta no afecte considerablemente su eficacia.

Todas las etiquetas deben ser colocadas sobre los bultos o sobre los embalajes de manera que no sean cubiertas u oscurecidas por cualquier parte o algún agregado del embalaje o cualquiera otra etiqueta o marca. Las marcas requeridas no deben ser colocadas con otras marcas del bulto que pudieran reducir, substancialmente su efectividad, no deberán plegarse. Los bultos cilíndricos deberán ser de tamaño tal que la etiqueta no se superponga a sí misma. Además deberán ir firmemente pegadas o impresas en todo bulto que contenga mercancías peligrosas, cuando un bulto sea de una forma tan irregular que no pueda colocarse una etiqueta o imprimirse sobre su superficie, es aceptable que la etiqueta vaya ligada al bulto pegada a un marbete suficientemente resistente.

Resultados y Conclusiones

Según los datos proporcionados por la DGAC en 2012, las mercancías peligrosas que más comúnmente son transportadas son artículos de pirotecnia, dispositivos portadores de cargas huecas, espoletas detonantes, bengalas aéreas, explosivos para barrenos, bombas con líquidos inflamables.

Siempre que un nuevo concesionario necesite el envío de mercancías, se deberá analizar con detenimiento el producto que será transportado para determinar su peligrosidad y si es posible realizar la operación.

Para las autoridades, ya sea el inspector/verificador de operaciones deberá aplicar su criterio dependiendo los hallazgos encontrados tales como no tomar acciones inmediatas, tener una plática informal con el área responsable del concesionario, notas oficiales solicitando la acción correctiva, cancelación de un programa, manual o documento aprobado por la DGAC o la iniciación de una investigación dependiendo de la mercancía con la que se trate.

Según los resultados de las evaluaciones y de la situación, podría ser apropiado incrementar o disminuir las inspecciones durante los programas de vigilancia subsiguientes. El cambio en la intensidad y objetivos de los programas de vigilancia puede ser instrumentado, cambiando el tipo y número de inspecciones que serán realizadas.

El estudio realizado permitió resaltar el cuidado que se tiene que tener en la aviación, dependiendo del tipo de clase de mercancías peligrosas que se traslade de un lugar a otro. Al obtener la información y la clasificación de las mercancías peligrosas, se deberá determinar qué clase de mercancías son y si pueden ser transportadas por vía área, pudiendo así transportar artículos que aunque sean catalogados como peligrosos se pueden enviar por este medio utilizando el embalaje óptimo y con el etiquetado y marcaje correspondiente. Además existen mercancías que a simple vista no muestran algún tipo de grado de peligrosidad o que simplemente la gente desconoce que puede ser catalogada de índole peligrosa para el transporte aéreo, es por eso que también se describieron en esta investigación para facilitar su identificación, clasificación, descripción y evitar problemas futuros al querer utilizar este medio de transporte.

Examinando todo lo anterior, la investigación da pauta a suponer, que si la mercancía es peligrosa, deberá manejarse con mayor seguridad y cuidado, siguiendo las indicaciones que marca la reglamentación nacional e internacional de este medio de transporte, deberá buscar el modo de que el transporte sea eficaz, veloz y seguro, para mantener en el menor tiempo posible en tránsito a la mercancía.

Bibliografía

- *Asociación Internacional del Transporte Aéreo. Reglamentación sobre Mercancías Peligrosas (Dangerous Goods Regulations). Edición 50 2009*
- *Dirección General de Aeronáutica Civil, La aviación Mexicana en cifras, 1992-2012, Subsecretaría de Transportes México.*
- *Ley de Aviación Civil (Publicada el 12-Mayo-1995) Reformado el 23-Enero-1998 y 28-Diciembre-2001)*
- *Norma Oficial Mexicana NOM-064-SCT3-2012 publicada en el DOF el 7 de enero de 2013*
- *Organización de Aviación Civil Internacional Anexo 18 Transporte sin riesgos de Mercancías Peligrosas por vía aérea , Cuarta Edición Julio 2011*
- *Organización de Aviación Civil Internacional Documento 9284 - AN/905 - Instrucciones Técnicas para el Transporte sin riesgos de Mercancías Peligrosas por vía aérea Edición 2008 – 2009*
- *Organización de Aviación Civil Internacional Documento 9481 - AN/928 – Orientación sobre Respuesta de Emergencia para afrontar incidentes aéreos relacionados con Mercancías Peligrosas Edición 2008 -2009*
- *Organización de las Naciones Unidas, Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y etiquetado de productos. Cuarta Edición Nueva York y Ginebra Suiza, 2011*
- *Reglamento de la Ley de Aviación Civil (Publicado en el DOF 07-Diciembre-1998) Reformado el 08-Agosto-2000 05-Octubre-2000 y 24-Junio-2004*
- *Ley Federal de Aeropuertos (Publicada en el DOF 22-Diciembre-1995) Reformado 21-Enero-2009*



ASIGNACIÓN DE LA

PRODUCCIÓN EN ÁREA DE MOLDEO

CON EL USO DEL MODELO DE TAMAÑO DE LOTE CAPACITADO

M.I.I. David Oliver Pérez Olguín[1], M.C. Consuelo Catalina Fernández Gaxiola[2] y Dr. Iván Juan Carlos Pérez Olguín[3]

[1] Instituto Tecnológico de Los Mochis, Juan de Dios Bátiz y 20 de Noviembre, Fracc. El Parque, C.P. 81250, Los Mochis, Sinaloa.

[2,3] Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez, Av. Universidad # 3051, Col. Lote Bravo II, C.P. 32965, Ciudad Juárez, Chihuahua.

Enviado: 2 de mayo de 2015
Aceptado: 18 de mayo de 2015

perez.olguin@hotmail.com

Resumen: En el presente artículo se aborda la problemática que existe en la asignación de la producción en el área de moldeo, otorgando una alternativa al utilizar el modelo del tamaño del lote capacitado, donde se consideran los costos de producción, de inventario así como el tiempo de preparación del equipo (setup), buscando cumplir con la demanda minimizando los costos, partiendo de la formulación estándar para un sólo período y extendiéndola a múltiples períodos, generando diversos escenarios a través de un horizonte de planificación, con el fin de considerar la incertidumbre que se tiene en la demanda futura, otorgando una solución al problema a través de la técnica de ramificación y acotamiento.

✚ *Palabras clave: Aamaño de lote capacitado, tiempo de preparación del equipo, incertidumbre, ramificación y acotamiento.*

Abstract: This paper researches on the problem related to the production planning in the molding machines area, offering the use of capacitated lot sizing model as alternative, considering several costs, such as production, inventory and setup time, in order to accomplish the demand of our customers, with the lower cost. This model is used from its standard formulation, to be extended later to a greater model (multi-period) to see al scenarios through a planning horizon, considering the uncertainty on demand, using branch and bound for the solution of this model.

✚ *Keywords: Capacitated lot sizing model, set up time, uncertainty, branch and bound.*

Introducción

La planeación de la producción es una herramienta que permite a las empresas reaccionar adecuadamente a los constantes cambios requeridos por el mercado, siendo el problema del tamaño de lote capacitado multi-artículo con tiempos de setup, un modelo que se presenta en muchas aplicaciones de planeación de la producción, tanto en su forma estándar como con algunas restricciones adicionales, dependiendo de las condiciones y/o complicaciones que afectan al proceso.

Este modelo se centra en los niveles de producción, inventario y setup necesarios para satisfacer los requerimientos de demanda fluctuante a través de un horizonte de planificación, donde el horizonte de planificación se divide en períodos utilizados para retroalimentar el modelo original y obtener datos con mayor aproximación a la realidad, los cuales permiten tomar mejores decisiones.

Normalmente los recursos necesarios para la elaboración de los productos se asumen como fijos durante el período de planificación de interés, siendo el objetivo la optimización de estos recursos, satisfaciendo los requerimientos de la demanda. Las restricciones se plantean detalladamente para que representen el proceso de producción y son estas restricciones las que deciden las cantidades específicas de productos a producir.

Siendo la formulación estándar para un solo período:

$$Min \sum_{i=1}^{P} p_i\ x_i\ + \sum_{i=1}^{P} q_i\ y_i\ + \sum_{i=1}^{P} h_i\ s_i$$

sujeto a:

$$x_i\ + s_i\ \geq d_i\ , \qquad i = 1, \dots, P$$

$$\sum_{i=1}^{P} x_i\ + \sum_{i=1}^{P} t_i\ y_i\ \leq c, \qquad i = 1, \dots, P$$

$$x_i\ \leq (c - t_i\ )y_i\ , \qquad i = 1, \dots, P$$

$$x_i\ , s_{i0}, s_i\ \geq 0, \qquad i = 1, \dots, P$$

$$y_i\ \in \{0,1\}, \qquad i = 1, \dots, P$$

Y formulación estándar para múltiples períodos es:

$$Min \sum_{i=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} p_{it}\, x_{it} + \sum_{i=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} q_{it}\, y_{it} + \sum_{i=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} h_{it}\, s_{it}$$

sujeto a:

$$x_{it} + s_{it-1} - s_{it} = d_{it}, \quad i = 1, \dots, P, t = 1, \dots, T$$

$$\sum_{i=1}^{P} x_{it} + \sum_{i=1}^{P} t_{it}\, y_{it} \leq c_t, \quad i = 1, \dots, P, t = 1, \dots, T$$

$$x_{it} \leq (c_t - t_{it})y_{it}, \qquad i = 1, \dots, P, t = 1, \dots, T$$

$$x_{it}, s_{it} \geq 0, \qquad i = 1, \dots, P, t = 1, \dots, T$$

$$y_{it} \in \{0,1\}, \qquad i = 1, \dots, P, t = 1, \dots, T$$

Donde P representa el número de artículos. T es el número de períodos en el horizonte de planificación. El parámetro p_{it} es el costo por unidad producida del artículo i durante el período t. La variable no negativa x_{it} es continua y representa la cantidad de artículos i producidos en el período t. El costo de setup asociado al artículo i en el período t está representado por q_{it}. La variable binaria y_{it} indica si el artículo i es producido durante el período t. El costo por unidad del inventario asociado al artículo i en el período t es representado por h_{it}. La variable s_{it} es continua y representa la cantidad en inventario del artículo i en el período t. La variable d_{it} representa la demanda del producto i en el período t. El tiempo de setup para producir el artículo i en el período t está dado por tit. La capacidad de producción en el período t está dado por Ct. La restricción:

$$x_{it} + s_{it-1} - s_{it} = d_{it}$$

asegura que se cumpla la demanda para cada artículo durante el horizonte de planificación. La restricción:

$$\sum_{i=1}^{P} x_{it} + \sum_{i=1}^{P} t_{it}\, y_{it} \leq c_t$$

hace cumplir la capacidad de proceso en cada periodo. La restricción:

$$x_{it} \leq (c_t - t_{it})y_{it}$$

considera que el tiempo de setup para producir cada artículo ocurra durante cada período.

Variación e incertidumbre

La idea de incorporar la incertidumbre en los modelos de programación matemática proviene de Dantzig (1955), sin embargo no es hasta la actualidad que su visión se ha vuelto atractiva para los investigadores, debido esto a que el desarrollo de paquetes y equipos computacionales han permitido el cómputo en un tiempo relativamente aceptable de los modelos matemáticos resultantes al formular la incertidumbre.

La programación lineal es una herramienta fundamental para la planificación de la producción, como es el caso del modelo del tamaño del lote capacitado con tiempos de setup, sin embargo posee la limitante de requerir toda la información conocida con certidumbre. De manera alternativa es posible utilizar los modelos de programación robustos o estocásticos que combinan el paradigma de la programación lineal con la formulación de parámetros aleatorios, utilizando escenarios o distribuciones de probabilidad para los parámetros inciertos. Escudero y Kamesan (1993) presentan un modelo de programación estocástica para el problema de MRP (Material Requirements Planning) con incertidumbre en la demanda. Escudero, Kamesan, King y Wets (1993) analizan diferentes enfoques para la planificación de la producción y la capacidad utilizando programación estocástica. Mulvey, Vanderbei y Zenios (1995), Pérez, Rodríguez, Pérez y García (2008) formulan modelos de optimización robusta, en los que consideran la incertidumbre de forma proactiva, en lugar de reactiva, para diferentes escenarios y períodos de un horizonte de planificación.

Otras técnicas para incorporar la incertidumbre son presentadas por Bellman y Zadeh (1970) quienes utilizan la teoría de conjuntos difusos para la toma de decisiones. Rinks (1982) detecta un vacío entre la teoría de la planificación agregada y la práctica, por lo cual desarrolla algoritmos difusos para atacar este vacío. Hong y Shang (2001) desarrollan un modelo para la planificación y programación dinámica de la producción en un entorno de fabricación de hierro y acero.

Formulación estocástica de valor promedio

Partiendo de modelo multi-períodos presentado anteriormente, el cual supone valores conocidos, es posible generar una versión estocástica con la incorporación de valores promedios los cuales permitirán ignorar la incertidumbre, utilizando en cambio, datos históricos, siendo el modelo matemático resultante:

$$Min \sum_{i=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} p_{it}\, x_{it}^{Prom} + \sum_{i=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} q_{it}\, y_{it} + \sum_{i=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} h_{it}\, s_{it}$$

sujeto a:

$$x_{it}^{Prom} + s_{it-1} - s_{it} = d_{it}, \quad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T$$

$$\sum_{i=1}^{P} x_{it}^{Prom} + \sum_{i=1}^{P} t_{it}\, y_{it} \le c_t, i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T$$

$$x_{it}^{Prom} \le (c_t - t_{it})\, y_{it}, \qquad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T$$

$$x_{it}^{Prom}, s_{it} \ge 0, \qquad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T$$

$$y_{it} \in \{0,1\}, \qquad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T$$

Sin embargo es claro observar que si fijamos los valores sujetos a incertidumbre, a valores promedios basados en datos históricos, se tendrá información a *priori* acerca del comportamiento general del modelo en el horizonte de planificación, lamentablemente esta entrada de datos será insensible a las variaciones existentes entre el valor promedio y el valor observado.

Formulación con recurso simple

Una alternativa para solventar la problemática del modelo estocástico del valor promedio consiste en la utilización de técnicas recursivas, las cuales fueron definidas por Medina (2005) como la habilidad de tomar acciones correctivas después de que ocurren los eventos aleatorios, donde el objetivo será minimizar los costos esperados de las decisiones tomadas. Lamentablemente resolver un problema de recurso representa mayor dificultad que un problema determinista, radicada en la determinación de los costos esperados de cada etapa. Cuando los datos con incertidumbre están distribuidos en forma discreta, la esperanza puede ser descrita como una suma finita y cada restricción puede ser duplicada por cada realización de datos aleatorios, resolviéndose el problema resultante como cualquier modelo de programación lineal, pero por su dimensión es necesario utilizar técnicas de descomposición o de relajamiento que presenten simultáneamente la solución óptima de varios subproblemas. Cuando los datos tienen una distribución continua será necesario encontrar límites superiores e inferiores al valor esperado, de tal forma que el problema estocástico pueda ser reducido a distribuciones discretas.

El modelo lineal con recurso simple, que incluye en su formulación los parámetros aleatorios, con lo cual entrega soluciones óptimas que en vez de exigir la factibilidad de las decisiones en cada escenario del problema por separado se minimiza conjuntamente el valor esperado, puede ser formulado de la siguiente manera:

$$Min \sum_{i=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} p_{it}\, x_{it} + \sum_{s\in\Omega} P_s \left(\sum_{i=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} q_{it}\, y_{it}^{s} + \sum_{i=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} h_{it}\, s_{it}^{s} \right)$$

sujeto a:

$$x_{it} + s_{it-1}^{s} - s_{it}^{s} = d_{it}^{s}, \qquad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T$$

$$\sum_{i=1}^{P} x_{it} + \sum_{i=1}^{P} t_{it}\, y_{it}^{s} \le c_t, \qquad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T$$

$$x_{it} \le (c_t - t_{it})\, y_{it}^{s}, \qquad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T$$

$$x_{it}, s_{it}^{s} \ge 0, \qquad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T$$

$$y_{it}^{s} \in \{0,1\}, \qquad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T$$

Donde P_s representa la probabilidad de ocurrencia del escenario s. En este modelo solamente son utilizadas las variables del inventario como las únicas variables capaces de enfrentar la incertidumbre, tomando las variables restantes valores constantes independientemente del escenario que tenga lugar sobre el horizonte de planificación.

Formulación con recurso completo

En ocasiones es posible formular un modelo lineal que considere todo el horizonte de planificación que, al ser resuelto al inicio del período de planificación, provee una política óptima a ejecutar en cada período, según el escenario de demanda que se vaya revelando en la realidad, a medida que transcurre el tiempo; este modelo considera una variable de decisión por cada escenario, siendo la formulación matemática la siguiente:

$$Min \sum_{s\in\Omega} P_s \left(\sum_{i=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} p_{it}\, x_{it}^{s} + \sum_{i=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} q_{it}\, y_{it}^{s} + \sum_{i=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} h_{it}\, s_{it}^{s} \right)$$

sujeto a:

$$x_{it}^{s} + s_{it-1}^{s} - s_{it}^{s} = d_{it}^{s}, \qquad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T$$

$$\sum_{i=1}^{P} x_{it}^{s} + \sum_{i=1}^{P} t_{it}\, y_{it}^{s} \le c_t, \qquad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T$$

$$x_{it}^{s} \le (c_t - t_{it})\, y_{it}^{s}, \qquad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T$$

$$x_{it}^{s}, s_{it}^{s} \ge 0, \qquad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T$$

$$y_{it}^{s} \in \{0,1\}, \qquad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T$$

La ventaja de este modelo frente a los mostrados anteriormente radica en que permite una mayor flexibilidad para tratar la incertidumbre, sin embargo el modelo de recurso simple puede ser reformulado equivalentemente como un modelo de recurso completo, agregando restricciones adicionales que imponen que las restricciones de producción y setup sean las mismas para todos los escenarios de la demanda. Además es claro que este modelo evita tener que aplicar el esquema del horizonte rodante período a período, como en el caso del recurso simple, aunque presupone que los escenarios permanecen invariables sobre todo el horizonte de planificación.

Lamentablemente la desventaja radica en la dificultad de su tratamiento ya que su tamaño es considerablemente mayor, por lo que para su resolución es necesario utilizar técnicas de descomposición, mostrándose en los trabajos de Birge y Qi (1995), Escudero y Kamesan (1993) algunas alternativas de tratamiento.

El proceso de inyección de plásticos

Considerando los modelos matemáticos de los apartados anteriores, se efectúa el modelado de un proceso de inyección de plásticos consistente en 5 máquinas utilizadas para el moldeo de 20 artículos, el costo de producir cada artículo, el costo de setup, el costo de inventario, la producción promedio por período, el tiempo de ciclo por artículo y el tiempo se setup se definen en la Tabla 1, desplegándose los resultados obtenidos mediante el tratamiento de cada caso por el método de ramificación y acotación en la Tabla 2.

Tabla 1. Costos por artículo y volumen de producción promedio.

i	Maq	x_{it}^{Prom}	p_{it}	q_{it}	h_{it}	T Ciclo	t_{it}
1	1	3752	$0.44	$71.69	$0.09	0.64	49.52
2	1	2512	$0.30	$80.06	$0.06	0.36	39.22
3	1	3800	$0.11	$52.26	$0.02	0.35	51.90
4	1	3800	$0.19	$61.66	$0.04	0.38	46.40
5	2	1163	$0.34	$58.05	$0.07	0.60	53.52
6	2	25341	$0.01	$27.31	$0.01	0.02	50.32
7	2	4014	$1.68	$136.16	$0.34	0.39	49.62
8	2	4379	$0.35	$75.93	$0.07	0.38	56.42
9	3	5080	$0.54	$79.19	$0.11	0.55	39.95
10	3	9781	$0.01	$26.98	$0.01	0.08	40.95
11	3	3570	$0.95	$149.99	$0.19	0.39	51.80
12	3	4660	$0.11	$49.02	$0.02	0.42	50.25
13	4	2512	$0.07	$39.25	$0.01	0.57	56.33
14	4	1155	$0.88	$70.95	$0.18	0.57	52.46
15	4	4060	$0.89	$78.93	$0.18	0.59	54.31
16	4	2403	$0.96	$145.98	$0.19	0.40	53.57
17	5	2403	$1.66	$129.26	$0.33	0.94	49.32
18	5	2208	$0.33	$69.86	$0.07	0.35	54.21
19	5	2202	$0.01	$37.81	$0.01	0.30	58.35
20	5	4293	$0.65	$76.66	$0.13	0.84	49.72

Los resultados obtenidos mediante el modelo estocástico del valor promedio, el modelo con recurso simple y el modelo con recurso completo se efectuaron con el tratamiento del problema durante cuatro períodos del horizonte de planificación, agregando una variable adicional para cubrir demanda insatisfecha a las restricciones:

$$x_{it}^{Prom} + s_{it-1} - s_{it} = d_{it}$$

$$x_{it} + s_{it-1}^{s} - s_{it}^{s} = d_{it}^{s}$$

$$x_{it}^{s} + s_{it-1}^{s} - s_{it}^{s} = d_{it}^{s}$$

con el objetivo de considerar los casos con capacidad insuficiente. Para estos modelos recursivos se utilizaron tres escenarios para las variables sujetas a incertidumbre, posteriormente cuando el escenario de demanda dejó de ser incierto se obtuvieron los resultados del problema y es en base a estos resultados que se concluye cuál de los modelos tiene mejor solución (Menor diferencia de lo calculado en la realidad).

Tabla 2. Resultados.

	REALIDAD	MVP	MRS	MRC
Maquina # 1	21,321.44	15,869.82	14,262.54	13,406.16
Maquina # 2	28,800.43	59,220.70	26,688.98	36,480.64
Maquina # 3	36,465.17	34,290.65	32,936.65	29,264.40
Maquina # 4	39,734.57	35,283.64	21,988.44	20,988.92
Maquina # 5	43,323.68	34909.02	28,615.48	19,330.42
Total	169,964.30	179,573.80	124,492.09	119,470.54

Comentarios finales

Como pudo observarse en la Tabla 2, cualquier resultado obtenido mediante los modelos recursivos en este artículo ofrece un costo menor que la política de producción que se sigue en el proceso de inyección de plásticos, basada principalmente en la opinión de los expertos; por supuesto el seguir con esta política mermará la disponibilidad de los recursos, lo que conllevará a una pérdida de la posición estratégica de la empresa. En cambio el modelo del valor promedio ofrece resultados similares a los observados, ya que la política de producción se obtiene a partir de datos históricos y se basa principalmente en el volumen de producción, no así en los requerimientos del cliente.

Sin embargo, el tomar la decisión de cual modelo utilizar, corresponderá únicamente a los interesados en su aplicación ya que su implementación no es sencilla debido a que requiere conocimiento teórico profundo en campos estadísticos y de investigación operativa, así como el dominio de software de cómputo o bien el desarrollo de un software especializado en las condiciones específicas de la empresa.

Pero para fines del artículo, el modelo matemático que mejores resultados ofrece a la función objetivo y por ende provee la política óptima que asigna la cantidad adecuada de productos *i* a producir en cada una de las máquinas en el período *t*, es el modelo de recurso completo, lo cual puede ser explicado por su misma naturaleza, consistente en cálculos recursivos para cada uno de los períodos del horizonte de planificación.

Es importante señalar que los modelos matemáticos presentados en este artículo solo exponen el caso del problema del tamaño del lote capacitado para una máquina, por tanto para la obtención de los resultados se resolvió un modelo para cada uno de los equipos, una alternativa para evitar esto, consiste en la utilización del modelo del tamaño del lote capacitado multi-artículos y multi-equipos.

Bibliografía

- Bellman R. y Zadeh L. (1970) "Decision making in a fuzzy environment", Management Science, vol. 17, N° 4, pp 141-164.
- Dantzig G.B. (1955) "Linear Programming under uncertainty" Management Science, vol. 1, N°3 y 4, pp. 197-206.
- Escudero L. F., Kamesan P.V., King A.J. y Wets R.J.B., (1993) "Production Planning via Scenario Modeling" Annals of Operations Research, 43, pp. 311-335.
- Escudero L.F. y Kamesan P.V. (1993) "MRP Modelling via Scenarios", Optimization in Industry. Ciriani T. Leachman R. John Wiley and Sons.
- Hong L. Shang J. (2001) "Integrated model for production planning in a large iron and steel manufacturing environment" International Journal of production research.
- Mulvey J. Vanderbei R. y Zenios S. (1995) "Robust Optimization of large-Scale Systems" Operations Research, vol. 42, N°2, pp. 264-281.
- Ranks D.B. (1982) "The performance of fuzzy algorithm models for aggregate planning under differing cost structures" Fuzzy Information and Decision Processes, Gupta, M.M. y Sanchez E. North Holland, Amsterdam. 267-278.
- Medina. J. F. (2005). "Un Enfoque Robusto a un Problema de Diseño de Red Multiproducto con Incertidumbre en Parámetros de Entrada" Master Degree Thesis. Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Birge y L. Qi. (1995) "Continuous approximation schemes for stochastic programs" Annals of Operations Research 56, 15--38.
- Pérez J.C., Rodriguez M. Pérez, J.A. y Garcia J.L. (2008) "Treatment of the robust model of aggregate production planning subject to uncertainty with cost of replacement of tools" XIII International Conference of Industrial Engineers, Las Vegas, Nevada.



REDUCCIÓN DE

DEFECTOS DE CALIDAD

DE PROVEEDOR A TRAVÉS DE LAS OCHO DISCIPLINAS

M.C. Miriam Margarita Ruiz Sánchez[1], Ing. Ricardo Rosado Armenta[2], M.C. Rosa Elba Corona Cortés[3] y Dra. Nancy Angélica Coronel González[4]

[1,2,3,4] Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez, Av. Universidad # 3051, Col. Lote Bravo II, C.P. 32965, Ciudad Juárez, Chihuahua.

Enviado: 30 de abril de 2015
Aceptado: 19 de mayo de 2015

miriam_ruiz@utcj.edu.mx

Resumen: Este trabajo presenta un ejemplo del tipo de problemas que puede enfrentar el profesionista en el quehacer de sus actividades dentro de una organización productiva. En el caso particular a tratar, la metodología de las 8-Disciplinas (8 D's), es utilizada para reducir los defectos de calidad de los componentes comprados utilizados en la producción de artículos para corte de jardín, dentro de Toro Company. La experiencia de más de 20 años en el proceso de moldeo por inyección de plástico de los proveedores, no ha sido suficiente para resolver acertadamente las quejas de calidad que se han recibido por parte del cliente. El análisis de la problemática inicia con la recolección de datos, su análisis y posterior presentación de propuestas de solución utilizando las 8-Disciplinas. Lo anterior permite la reducción de los incidentes de calidad (cantidad de defectos) en una proporción cercana al 50%.

+ *Palabras clave: 8-Disciplinas, defectos de calidad y sistemas de manufactura.*

Abstract: This paper presents an example of the kind of problems you may face the professional's work about their activities within a productive organization. In the particular case, the methodology of the Eight Disciplines (8 D's) is used to reduce quality defects of purchased components, used in the production of cutting garden items, in the company Toro Company. The over 20 years of experience in the process of plastic injection molding suppliers, has not been sufficient to accurately resolve complaints of quality that have been received by the customer. The analysis of the problem begins with data collection, analysis and subsequent proposals for solution using 8-Disciplines. This allows reducing quality incidents (number of defects) in a ratio close to 50%.

+ *Keywords: 8-Disciplines, quality defects and manufacturing systems.*

Introducción

La Toro Company, fue fundada en 1914 en Minnesota, Estados Unidos, como "The Toro Motor Company" para construir motores a gasolina para los tractores de la compañía "The Bull Tractor Company"; la empresa sobrevivió a los tumultuosos años de la Primera Guerra Mundial mediante la construcción de motores de vapor para buques mercantes que apoyaron el esfuerzo del país en esta guerra. Desde 1914, la compañía ha construido una tradición de excelencia en torno a una serie de marcas fuertes para ayudar a los clientes que se preocupan por los campos de golf, campos deportivos, espacios verdes públicos, propiedades comerciales, residenciales y campos agrícolas.

Con el tiempo, algunos proveedores han reiteradamente mostrado problemas de calidad en sus entregas y es a partir de un cambio de enfoque al tratar con estas problemáticas, que se pretende trabajar junto a los proveedores para encontrar la solución a tales problemas, medir su desempeño mediante una serie de indicadores y así alentarlos a incrementar sus controles en el sentido correcto y evitar que material no conformante llegue a la línea de ensamble de la compañía.

Planteamiento del problema

La pobre calidad en un bien o servicio eleva los costos de operación al cliente. Lo usual en el mundo de los negocios es requerir al proveedor de bienes y servicios que entrega un producto en tales circunstancias que pague por ello. Sin embargo la reiterada entrega de productos con pobre calidad termina por dar una imagen pobre del proveedor y es la pauta, muchas veces, para dar por terminada las relaciones de negocios con él.

En la Planta 2 de Toro, se midieron a tres proveedores líderes en esa práctica. Tales proveedores son:

+ D&D, proveedor de material estampado mediante procesos metal-mecánicos, con sede en la ciudad de El Paso, Texas.

+ Briggss and Stratton, proveedor de motores de combustión interna a gasolina con diferentes plantas en Estados Unidos y China, de donde provienen diferentes tipos de motores.

+ Planta filial de Toro Company, ubicada en la vecina ciudad fronteriza de El Paso, Texas, que moldea partes por inyección de plástico.

Sin embargo mediante la medición de sus desempeños, se determinó que la planta filial, ubicada en la ciudad de El Paso, es la planta con mayor frecuencia de problemas en la calidad del producto.

En la Tabla 1, se muestra una comparación, entre el último trimestre del año fiscal 2013 y el primer trimestre del año fiscal 2014, de los problemas de calidad originados por los componentes recibidos de la planta de Toro Company ubicada en El Paso, Texas (en lo sucesivo TELP).

Tabla 1. Comparación desempeño de calidad (TELP).

Toro El Paso, Texas (TELP)		
Año Fiscal	2013	2014
Notificaciones	33	57
Partes Afectadas	25	22
Cantidad	1214	9088

Veintidós números de parte diferentes han producido una pérdida de alrededor de $13,000 USD, tomando solamente en cuenta el costo de manufactura y no incluyendo el tiempo perdido en reparación, inspección, almacenamiento y transporte (hacia y desde las instalaciones del cliente). La Figura 1 muestra los costos asociados por problema de calidad.

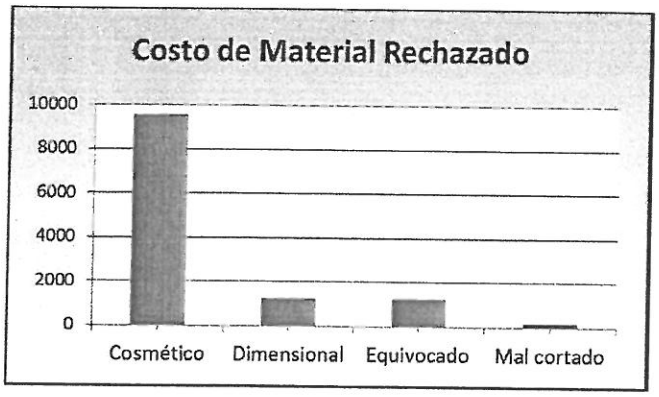


Figura 1. Costos por material rechazado.

Esta métrica indica que las acciones correctivas de las primeras quejas no han resultado en ninguna eliminación de los problemas encontrados, pues siguen apareciendo. Y que deben de detenerse estos desperdicios de inmediato ya que de prolongarse, el costo será proporcionalmente mayor. Por las razones anteriormente mencionadas se pretende que los problemas de calidad se reduzcan en un 50%, o a su parte proporcional en dinero. Por el tipo de defecto que es más frecuente, los problemas de tipo cosmético serán abordados en primer lugar para lograr el objetivo ya que tan solo esta categoría representa alrededor del 80% de la problemática de calidad.

Metodología

Cuando se trabaja en una empresa con un estilo bien definido, por lo regular, al menos en cualquier parte del mundo occidental, se piden resultados. Se enfatizan los controles, desempeño, resultados, recompensas (por lo general financieras) o la negación de recompensas e incluso castigos. Los criterios, o Criterios R (resultados), son cuantificables con facilidad y a corto plazo. El estilo occidental de administración enfatiza los Criterios R casi exclusivamente (Imai, 1989).

Por otro lado, también en occidente, existe un estilo de administración orientado a los procesos, pero a diferencia del que se orienta a los resultados, éste se centra en las personas. En la administración orientada al proceso, el gerente debe apoyar y estimular los esfuerzos para mejorar la forma en que los empleados hacen su trabajo. La mejora continua se puede definir como el proceso planificado, organizado y sistemático de cambio continuado e incremental. En occidente, está basada en el ciclo de Deming (Bushell, 1992; Deming, 1993), consistente de cuatro fases:

1) Estudio de la situación actual.

2) Adquisición de los suficientes datos para proponer las sugerencias para la mejora, ajustar e implantar las propuestas seleccionadas.

3) Comprobar si las propuestas planteadas están dando los resultados esperados.

4) Implantar y estandarizar las propuestas con las modificaciones necesarias.

Como lo menciona Díaz del Castillo (2009) la manufactura esbelta tiene varias herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada, eliminando lo que no se requiere, reduciendo desperdicios y mejorando las operaciones. La manufactura esbelta nació en Japón en la década de 1950 y fue concebida por los grandes gurús del sistema de producción Toyota entre los que destacan William Edward Deming, TaiichiOhno, ShigeoShingo y Eiji Toyota. Y de acuerdo a Pineda (2004) el sistema de manufactura esbelta se ha definido como una filosofía de excelencia basada en:

- La eliminación planeada de todo tipo de desperdicio.
- La mejora continua (Kaizen).
- La mejora consistente de productividad y calidad.

La técnica de las 8-Disciplinas está conformada por las siguientes fases:

- ***D0:*** Conocimiento del problema.
- ***D1:*** Formación de un equipo de expertos que cubran todas las funciones.
- ***D2:*** Definición del problema.
- ***D3:*** Implementar y verificar una acción de contención provisional.
- ***D4:*** Identificar y verificar la causa raíz.
- ***D5:*** Determinar y verificar las acciones correctivas permanentes.
- ***D6:*** Implementar y verificar las acciones correctivas permanentes.
- ***D7:*** Prevenir la recurrencia del problema y/o su causa raíz.
- ***D8:*** Reconocer los esfuerzos del equipo.

En la Figura 2, acorde a Montiel, Márquez y Vega (2010) se muestra el diagrama de flujo de la metodología; la cual tiene la característica de ser reactiva y ofrece la ventaja de ser un proceso simultaneo para la solución de problemas, un sistema normalizado y una forma efectiva para comunicar el progreso.

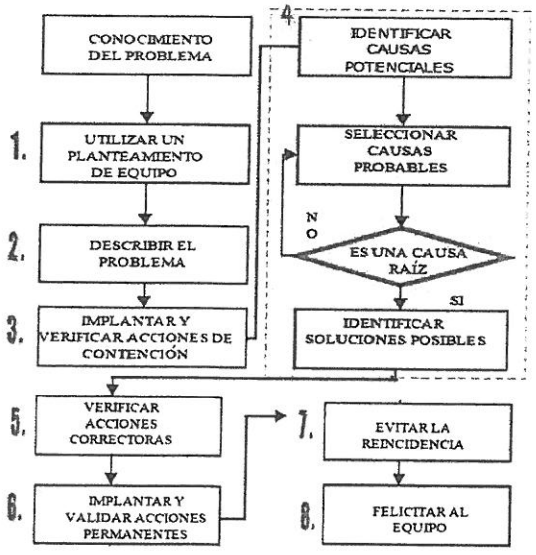


Figura 2. Diagrama de flujo de la metodología de las 8-Disciplinas.

Desarrollo

En este apartado se muestra paso a paso, acorde a la metodología, la forma en cómo se identifica y es abordada la problemática para llegar a la mejora de la calidad en la compañía.

D0: Conocimiento del problema

En este punto se identifica la problemática a atender por la metodología, en este caso ruedas de plásticos manchadas de amarillo manufacturadas en TELP. Este defecto se llama "Yellow Stain". La Figura 3 muestra el diagrama de Pareto del problema, mientras que la Figura 4 muestra el tipo de defecto presentado.

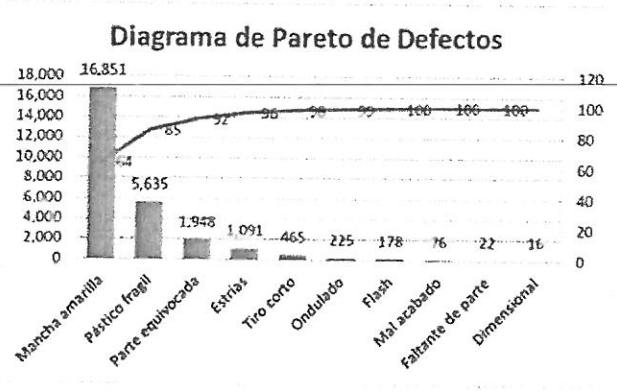


Figura 3. Diagrama de Pareto de defectos del proveedor TELP.

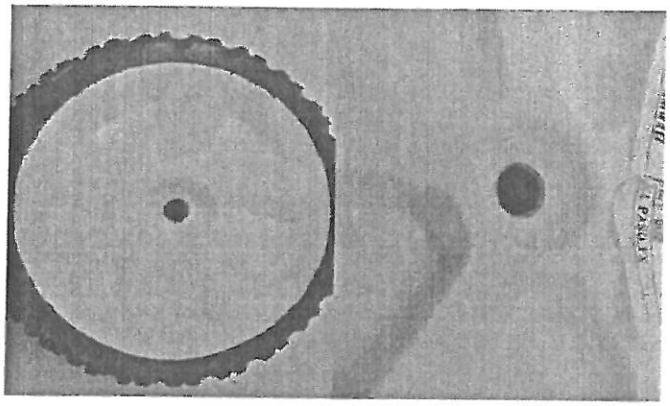


Figura 4. Defecto de mancha amarilla (Yellow Stain).

D1: Formación del equipo de expertos

En un entorno de trabajo en equipo se establecen dos equipos multidisciplinarios en las dos plantas, en la del proveedor (TELP) y en la del cliente (Planta Juárez); la retroalimentación del cliente será importante para los ajustes que se hagan a los procesos del proveedor donde se está originando el problema. En este momento ya han pasado 3 meses desde que la primera queja de calidad se registró. Seis números de parte han estado liderando las quejas de calidad por mancha amarilla. El equipo se establece como se muestra en la Figura 5.

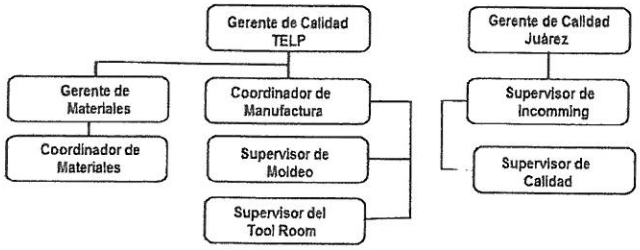


Figura 5. Equipo de trabajo.

D2: Descripción del problema

Se comienzan a detectar en el proceso de ensamble de ruedas de tracción, unidades con manchas amarillas de diferentes aspectos. Estas manchas no se generan en las instalaciones del cliente, específicamente en la posición de lubricado del perno de fijación de la rueda, pues esta grasa es fácil de remover, lo que no ocurre con las manchas motivo de la queja. Las manchas producen un aspecto cosmético indeseable por lo que se rechazan tan pronto se detectan. Cabe destacar que la planta TELP, está por primera vez manufacturando ruedas. Los moldes propiedad de Toro Company han sido retirados a otro proveedor por término de contrato. Al mes de febrero de 2014 una cantidad de 16,851 ruedas han sido rechazadas por este motivo como se ha mostrado en la Figura 3.

D3: Implementar medidas de contención

La medida de contención lógica es poner en cuarentena el inventario en el almacén del proveedor para segregar unidades defectuosas y embarcar solamente material que cumpla las especificaciones. Sin embargo hacer esto supone detener todo el material empacado hasta terminar de segregar el producto defectuoso y el calendario de producción del cliente, que trabaja dos turnos, no permite este margen de respuesta de contención. Se llega al acuerdo entre plantas de que se envíe el material como está y se retornarán aquellas ruedas que fallen en cumplir los requerimientos del cliente.

Mientras tanto se acuerda en que se debe iniciar con la identificación de la causa raíz que produce el problema, el proceso que lo origina y el proceso que permite que llegue sin detectar al cliente.

D4: Identificar la causa raíz

En la Figura 6 se puede consultar el diagrama de Ishikawa que fue elaborado para este mismo problema. En el, es posible observar los factores de mayor ponderación encontrados. Una vez que se empleó esta herramienta se procedió a elaborar una serie de experimentos para confirmar que la causa raíz identificada era en realidad la fuente de la problemática. Se declara la hipótesis de que una combinación de factores ha contribuido a la aparición de este defecto, los cuales se enuncian a continuación:

- Para cumplir con los requerimientos de producción se comienza a producir las ruedas cuatro meses antes de su envío a la planta del cliente. La producción de ruedas inicia en julio de 2013 ya que el cliente las necesita a partir de noviembre de 2013.

- Las ruedas producidas se almacenan en cajas de tráiler, en el patio de la planta TELP. La temperatura promedio en el interior es de 40°C o más. Esto somete a los componentes a temperaturas extremas por muchas horas durante un período prolongado.

- Los bujes están empacados en cajas de cartón de 50 libras de peso sin protección alguna. El aceite del buje entra en contacto directo con el cartón y los pigmentos del mismo.

- El aceite presenta alto contenido de sulfuros, que le confieren un olor y color característicos. Esto es un factor no respetado para la especificación de protección anticorrosiva que establece el uso de un aceite SAE 30W. Sin embargo pasa inicialmente desapercibida por no contar con equipo de análisis de hidrocarburos.

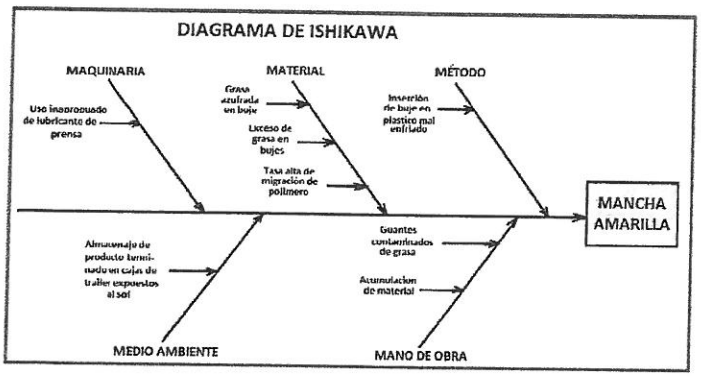


Figura 6. Diagrama de Ishikawa, para detectar la causa raíz del problema.

Hipótesis:

En un entorno de alta temperatura ambiental prolongada, los sulfuros del aceite migran al polímero de la rueda produciendo la característica mancha amarilla motivo de la queja.

Experimento 1

Se procede a emplear un detergente en un lote de 100 bujes para eliminar todo vestigio de aceite del proveedor. Se ensamblan y se almacenan de la manera usual. Tras esto se comprueba que las ruedas no presentan la mancha. Se hace una prueba con 600 ruedas y se envían a la planta de Juárez. No se encontraron ruedas con mancha amarilla.

Experimento 2

Se procede a usar 50 bujes sin limpiar. Se someten a la prueba anterior y las ruedas presentan la característica mancha tras el almacenamiento habitual.

Se concluye que el aceite del buje no cumple con las características que marca la especificación.

D5: Elección e implementación de la acción correctiva

Las acciones que el equipo determinó que van a terminar con el problema son las siguientes:

- Se procederá a someter a lavado el inventario de buje que se encuentra en almacén previo a su uso en la rueda.

- Se procederá a realizar una inspección visual (100%) por manchas amarillas a las ruedas manufacturadas por separado o simultáneamente.

- Se procederá a elegir otro proveedor del material y se harán pruebas para determinar que su producto no contaminará la rueda.

- Se procederá a reforzar el empaque del buje especificando características que no fueron expresamente notificadas en la documentación respectiva.

D6: Establecer los controles

Los controles adoptados son los siguientes:

- Solo serán usados bujes lavados para asegurar la remoción del aceite, previo a su uso en la prensa de inserción del buje. Una vez que se agote este inventario se procederá a usar el buje del nuevo proveedor. Se llevará a cabo mediante una hoja de control diario por turno de retrabajo/lavado del buje.

- Se establece una inspección visual al 100% por parte del operador, de ensamble del buje al rin (llanta) y tras la inserción de la llanta al rin previo al empaque del producto terminado. Serán segregadas las unidades que no cumplan con estos requerimientos. El material que incumpla esta etapa se devolverá al área de lavado para su reproceso.

- Una auditoría de calidad, marca ahora revisar por la presencia de la mancha amarilla. Se anotará en el reporte correspondiente.

D7: Prevenir la recurrencia

Se han hecho estos cambios para que el problema no vuelva a aparecer:

+ Se definen nuevas especificaciones en el empacado del producto para favorecer un ambiente anticorrosivo con la menor cantidad de aceite en los bujes.

+ Para evitar la contaminación del aceite con los pigmentos del cartón, se agrega a la especificación el empleo de una bolsa de plástico apropiada, conteniendo un elemento absorbente en el fondo de la bolsa para favorecer el drenado del aceite.

+ Se elige a un nuevo proveedor que garantice que su producto cumpla invariablemente con la especificación acordada.

D8: Reconocer el esfuerzo

En el reconocimiento anual del programa Círculo de la Excelencia de cada planta este equipo multidisciplinario tendrá el reconocimiento de la organización por su contribución al conseguir las metas propuestas.

Resultados

En la Figura 7 se muestra la tendencia de rechazos de los modelos de ruedas que más incidencia de mancha amarilla, han presentado en los meses de enero de 2014 hasta la primera semana de abril de 2014.

A partir de la segunda mitad de marzo de 2014 se inició la manufactura de ruedas de diferentes números de parte con el buje lavado. El producto al arribo a la planta del cliente fue inspeccionado y se encontró que 35 unidades (5.5%) de un pallet muestra de 630 ruedas, ya no tiene ni la apariencia ni la extensión del defecto original. De hecho el defecto alcanza a ser cubierto con la cabeza de un perno que sujeta la rueda a su ensamble correspondiente. Esto representa una enorme mejora, pues era usual encontrar productos defectuosos en los pallets hasta niveles del 18% del total de productos contenidos en los pallets.

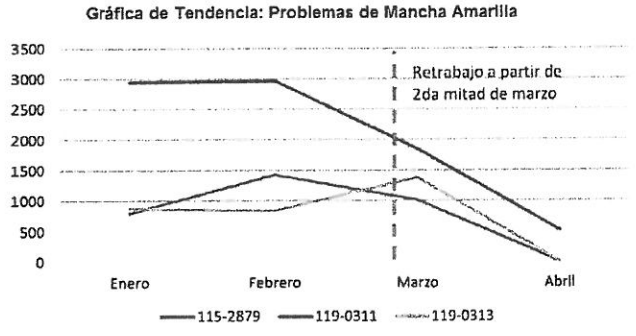


Figura 7. Tendencia en el número de rechazos.

Sin embargo queda por determinar quien debe de responsabilizarse por los costos de limpiar la rueda que ha quedado rechazada con el defecto de la mancha amarilla.

Cuando se manufactura un producto nuevo se pone a prueba la capacidad de respuesta de una organización, sobre todo cuando no se tiene experiencia alguna en ello. Una planta de moldeo no puede asumir que tendrá ante sí una operación que pueda manejar con facilidad, ya que como se pudo observar con esta experiencia, siempre habrá una variable en la que nadie haya pensado. Una recomendación sería consultar las lecciones aprendidas que sobre el particular existan para estar en condiciones de elaborar un módulo de análisis de falla lo más completo posible.

Conclusiones

Como se observó con esta experiencia, siempre habrá una variable en la que nadie haya pensado. La presente situación surgió en un proceso que nunca se había desplegado en la compañía. Sin experiencia alguna en el producto, los diferentes departamentos que intervinieron en la logística del diseño, implementación, compras y mercadotecnia no repararon en que un elemento secundario al buje iría a producir tantos inconvenientes.

Es bastante obvio que en Ingeniería de Diseño no utilizaron la herramienta de diseño para 6 Sigma, o al menos un AMEF de diseño apropiado para anticipar que la protección anticorrosiva del buje tendría un papel protagónico tan importante en la aparición de este problema. Por otra parte, el departamento de adquisiciones en aras de obtener un costo bajo compromete grandes cantidades de material sin esperar a que pruebas de campo con el producto estén terminadas.

Finalmente, manufacturar producto terminado y mantenerlo almacenado por 4 meses en condiciones climatológicas extremas resultó no ser una buena idea. Se debe replantear la necesidad de una expansión de equipo o una reprogramación de la producción, para evitar esta práctica que termina afectando las características del producto terminado.

Bibliografía

- *Bushell, S. (1992). Implementing plan, do, check and action. The Journal for Quality and Participation, 15, N. 5, pp. 58-62.*
- *Deming, W.E. (1993). The New Economics. For Industry, Government, Education. MIT Center for Advanced Engineering Study. Cambridge, MA.*
- *Díaz del Castillo, Felipe (2009). Lecturas de Ingeniería 6. La Manufactura Esbelta. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán - Departamento de Ingeniería. México.*
- *Imai, M. (1995). Kaizen. La clave de la ventaja competitiva japonesa (Primera edición ed.). Cd. México: Continental.*
- *Monuel Ayala E. Márquez Martínez C. y Vega Y. (2010). Análisis y seguimiento de la implementación de la Metodología 8Disciplinas en la Facultad de Ingeniería y Negocios. Congreso Internacional Academia Journals. Chiapas, 1(2), 122-127.*
- *Pineda M. Karla (2004). Manufactura Esbelta. Manual y herramientas de aplicación. Gestiópolis. Recuperado el 23 11 2015 de http: www.gestiopolis.com/manufactura-esbelta-manual-y-herramientas-de-aplicacion.*



MODELO DE PONDERACIÓN

PARA LA TOMA DE DECISIONES MULTICRITERIO

Dr. Manuel Alonso Rodríguez Morachis[1], M.I.M. Luis Noé Rodríguez Romero[2], Dr. Humberto Hijar Rivera[3] y Dr. Manuel Arnoldo Rodríguez Medina[4]

[1,3,4] Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, Av. Tecnológico # 1340, Fracc. El Crucero, C.P. 32500, Ciudad Juárez, Chihuahua.

[2] SAP México, Prolongación Paseo de la Reforma # 600 Piso 2, Col. Peña Blanca, Santa Fe, México Distrito Federal.

Enviado: 30 de abril de 2015
Aceptado: 22 de mayo de 2015

manuel.r.morachis@gmail.com

Resumen: En los escenarios de toma de decisiones multicriterio en ambientes de manufactura en el que participa un grupo de tomadores de decisiones, muchas veces se requiere establecer prioridades a los productos a producir cuando se realiza la planeación de la producción. Estas prioridades pueden ser representadas por medio de la asignación de ponderaciones calculadas a través de modelos matemáticos. En este artículo se presenta el diseño de un modelo para el cálculo de ponderaciones de tal manera que sean lo más balanceadas posible y evitar tendencias o decisiones jerárquicas de los tomadores de decisiones, a este modelo se le llamará Modelo de Suavización de Ponderaciones. Dentro de los modelos más utilizados para establecer ponderaciones en escenarios multicriterio, está el Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process), el cual se toma como referencia para mostrar la suavización del modelo propuesto.

+ *Palabras clave: Análisis multicriterio, toma de decisiones y ponderaciones.*

Abstract: In the multicriteria stage decision under manufacturing environments where a group of decision makers involved, usually is required provide priority levels to the products to produce when production planning is done. These priorities can be represented by assigning weights calculated through mathematical models. This article presents a methematical model for calculating weights so that they are as balanced as possible and avoid trends or hierarchical decisions of decision makers, this model will be called Model Smoothing Weights. One of the used models to establish weights in multicriteria scenarios is the Analytic Hierarchy Process (AHP), which is referenced to show the smoothing of the proposed model.

+ *Keywords: Multicriteria analysis, decision making and weights.*

Introducción

En los escenarios de toma de decisiones multicriterio en la industria manufacturera, es importante contar con herramientas científicas que proporcionen información suficiente y confiable a los tomadores de decisiones que tienen la responsabilidad de mantener a las empresas en el ámbito competitivo global actual.

En muchas ocasiones, la toma de decisiones se realiza en base a la experiencia de la alta dirección, que se puede considerar como decisión jerárquica, influyendo sobre el equipo de decisores. Algunas veces, estas decisiones pueden ser erróneas, repercutiendo de manera negativa en los resultados esperados.

Actualmente, existen varios modelos de toma de decisiones multicriterio que se han desarrollado, de los cuales el que se ha aplicado con más frecuencia en la industria es el modelo de Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Sin embargo, se observó que en algunas aplicaciones reales del modelo AHP, dentro de la industria automotriz en procesos metal-mecánicos, realizadas por el autor, existe cierta tendencia hacia alguno de los factores considerados en el problema a resolver, sobre todo en la planeación de la producción de productos a manufacturar en una línea de producción común.

Definición del problema

En la toma de decisiones multicriterio, la aplicación del modelo AHP en procesos metal-mecánicos dentro de la industria automotriz para resolver problemas reales de planeación de la producción de productos manufacturados en una línea de producción común, existe tendencia cuando se establece la preferencia mediante ponderaciones hacia alguno de los productos, lo que ocasiona que a algunos de ellos no se les dé la importancia requerida, lo que puede ocasionar que se programe su producción con muy baja prioridad o bien, se asignen recursos innecesarios a productos asignados con alta prioridad.

Productos considerados

En esta investigación se consideraron cuatro productos, los cuales son manufacturados en una línea de producción común, debido a sus características similares de manufactura. Estos productos son los modelos 445, 151, 154 y 169.

Delimitaciones

Esta investigación se delimita a la aplicación del modelo propuesto en una línea de producción de productos automotrices de una empresa metal-mecánica, donde se analizaron y compararon los resultados con los obtenidos aplicando el modelo de toma de decisiones multicriterio AHP.

Justificación

Este modelo tiene su justificación en el sentido que los productos a manufacturar, deben tener prioridad semejante, ya que los clientes requieren que todos los productos le sean enviados en tiempo, por lo que el modelo presentado, balancea dichas prioridades mediante la asignación de ponderaciones suavizadas.

Marco teórico

Existen varios modelos de análisis multicriterio para calcular ponderaciones a los factores considerados en un problema. Dentro de estos modelos, Aldain y Taylor (2005), mencionan que Tsamboulas, Yiotis y Panou (1999), identificaron cinco modelos que consideraron los más convenientes para la evaluación del transporte, después de revisar los métodos en base a sus registros de seguimiento de aplicación y aceptación de los usuarios y, también examinando métodos en base a su aplicabilidad, requerimiento de datos, facilidad de uso y utilidad de resultados a diferentes situaciones de problemas.

Estos cinco métodos analizados fueron:

1) REGIME.
2) ELECTRE.
3) Proceso Analítico Jerárquico (AHP, Analytical Hierarchy Process).
4) Teoría de Utilidad Multi-Atributos (MAUT, Multi Attribute Utility Theory).
5) Enfoque de Punto Ideal (método ADAM, The Attribute-Dynamic Attitude Model), propuesto por Zeleny (1976, 1982).

Los últimos tres métodos (AHP, MAUT y ADAM) se pueden clasificar como modelos aditivos. Tsamboulas, Yiotis y Panou (1999) analizaron estos cinco métodos basados en su adecuación en el manejo de evaluaciones complejas y multidimensionales de proyectos de transporte.

Un modelo de análisis multicriterio puede ser considerado adecuado si tiene cuatro características principales:

- Transparencia.
- Simplicidad.
- Robustez.
- Responsabilidad.

Un método es considerado como transparente, si es entendido y bien interpretado por el tomador de decisiones. Un método es considerado como simple, si puede proveer un método bien definido para representar situaciones de decisiones complejas y multidimensionales. Un método es considerado como robusto, si puede ser usado para analizar resultados simples capaces de ser utilizados para evaluar efectos directos e indirectos. Responsabilidad de los métodos de análisis multicriterio, significa que éstos deben ser capaces de ser utilizados para rastrear la decisión a través de las diferentes etapas del proceso.

Tsamboulas, Yiotis y Panou (1999), no llegaron a una conclusión de cual método es el óptimo, sin embargo, sugieren que los métodos aditivos son los más confiables y de éstos, el AHP es el método que satisface todos los criterios mencionados. Además, basado en la apreciación de esos cinco métodos, Tsamboulas, Yiotis y Panou (1999), mencionan que los resultados del método AHP puede ser considerado como una solución compromiso.

Sayers, Jessop y Hills (2003), también recomiendan el uso de métodos aditivos, especialmente el método lineal aditivo. El modelo lineal aditivo es ampliamente utilizado en la toma de decisiones, es un método robusto y tiene en gran parte respuesta intuitiva. Dentro de este método, los varios impactos de cada alternativa son ponderados utilizando valores numéricos llamados criterios de ponderación. Los criterios de ponderación son sumarizados para obtener un valor simple para cada alternativa por las cuales éstas son clasificadas. Este método es similar al análisis costo-beneficio, donde las ponderaciones monetarias son aplicadas.

La principal dificultad en la aplicación del modelo lineal aditivo en la evaluación de proyectos de transporte radica en la determinación del criterio de ponderación (w_j). Según Aldain y Taylor (2005), el uso de los valores de los tomadores de decisiones para juzgar en la determinación de los criterios de ponderación, no tuvo éxito en Francia. También resultó una gran diferencia entre modos de criterio tales como el valor del tiempo e índices de eficiencia. Por estas razones, la evaluación multicriterio es dejada y se regresó al uso de la evaluación monetaria donde los valores monetarios estandarizados son usados para la mayoría de los criterios (Quinet, 2000). Estableciendo un conjunto estándar de criterios de ponderación podría resolverlo pero se argumentó que la ponderación en un criterio puede variar en diferentes casos, esto también puede reducir la flexibilidad del método al tomar en cuenta los objetivos particulares de cada proyecto. Por otro lado, dando total libertad al tomador de decisiones, podría llevar a la falta de transparencia y responsabilidad. Entonces se puede destacar que hay una necesidad del método para determinar los criterios de ponderación que son coherentes y flexibles (Sayers, Jessop y Hills, 2003).

La interpretación de las ponderaciones es diferente entre autores, ya que depende de los criterios de medición de los mismos en los problemas a resolver. La determinación de las ponderaciones puede ser clasificada como objetivas y subjetivas.

En el enfoque objetivo, las ponderaciones son establecidas utilizando información de cada criterio a través de modelos matemáticos (Diakoulaki, Mavrotas y Papayannakis, 1995). En el enfoque subjetivo, las ponderaciones son establecidas en base a juicios subjetivos de los tomadores de decisiones, los cuales establecen compromisos antes de tomar la decisión final.

Existen varios métodos para el establecimiento de ponderaciones subjetivas, siendo el AHP uno de los más utilizados. Considerando que también el método AHP fue el que mejores resultados proporcionó en la industria del transporte, se consideró como el modelo de referencia para aplicarlo en esta investigación utilizándolo para analizar las ponderaciones subjetiva a un problema de planeación de la producción en la industria.

Metodología

Considerando el análisis y resultados obtenidos por Tsamboulas, Yiotis y Panou (1999) en problemas de transporte, se aplicó el modelo AHP en una línea de producción de procesos metal-mecánicos de la industria automotriz con la finalidad de analizar los resultados que se obtendrían en esta industria y compararlos con el modelo propuesto.

Método AHP

El método AHP desarrollado por Saaty (1980), utiliza el principio de eigenvector de la matriz comparativa de pares para determinar los criterios de ponderación como resultado de los juicios subjetivos de los tomadores de decisiones. Es muy importante que los tomadores de decisiones comprendan la interpretación de los criterios de ponderación cuando se les solicite comparar la importancia de pares de criterios; por ejemplo, en la evaluación de la programación de la producción, ¿cuál par de productos de entre los involucrados, tiene mayor importancia para que se cumpla con los requerimientos de los clientes? Los juicios son establecidos de acuerdo a la Tabla 1 desarrollada por Saaty (1994) con escala 1-9 y son sumarizados en una matriz de comparación por pares:

$$A=\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & 1 & \cdots & w_2/w_n \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

La matriz (1), es una matriz recíproca en la cual todos los elementos son positivos. Contiene la comparación por pares, $a_{ij} = w_i/w_j$, donde w_i y w_j representan la importancia relativa de los criterios $_i$ y $_j$ respectivamente, sus recíprocos $a_{ij} = 1/a_{ij}$ y los elementos unitarios de la diagonal a_{ji}.

Tabla 1. Escala de la importancia de juicio para la comparación pareada (escala 1-9 de Saaty).

Intensidad de Importancia	Definicion	Explicación
1	Igualmente importante	Dos actividades contribuyen igualmente a los objetivos.
3	Moderadamente importante	La experiencia y el juicio le dan ligeramente preferencia a una actividad que a otra.
5	Importante	La experiencia y el juicio le dan mucha importancia a una actividad que a otra.
7	Muy Importante	Una actividad es favorecida con mucha importancia, su dominio es demostrado en la práctica.
9	Extrema Importancia	La evidencia de favoritismo de una actividad sobre otra es del más alto orden de afirmación.
2,4,6,8	Para interpolación entre los valores anteriores	Algunas veces es necesario interpolar un juicio de compromiso numéricamente porque no hay una buena descripción.

Multiplicando la matriz A por el vector de ponderaciones W, asumiendo que es conocido, resulta en AW = nW donde W es el eigenvector principal de A y n es entonces el eigenvalor de A.

$$(A - nI)W = 0 \qquad (2)$$

O bien:

$$AW = \begin{bmatrix} 1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & 1 & \dots & w_2/w_n \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} = nW \qquad (3)$$

Si los juicios de los tomadores de decisiones son consistentes, de tal manera que todas las comparaciones pareadas son igual a $a_{ik} = a_{ij} \times a_{ji}$ (para $_{i,\ j}$ y $_{k} = 1,2,3,...n$), entonces el eigenvector de A es igual a n (Saaty, 1990). Sin embargo como la consistencia de los juicios raramente sucede, entonces el eigenvalor de A igual a 1, también raramente sucede, en consecuencia el valor más grande del eigenvalor (λ_{MAX}) será siempre mayor o igual a n y la matriz (3) se transforma en:

$$AW = \lambda_{MAX} W \qquad (4)$$

La ecuación (4) puede ser utilizada para determinar la importancia relativa para las comparaciones de los factores pareados. El vector de ponderaciones W es obtenido normalizando el eigenvector relacionado al valor más grande del eigenvalor (λ_{MAX}) para sumar 1. Varios métodos se han desarrollado para calcular el valor del eigenvector (W), así como el valor más grande del eigenvalor (λ_{MAX}) de la matriz cuadrada A. Esos métodos, son el método eigenvalor, el método de Promedio de Columnas Normalizadas (ANC, Average of Normalised Column), el método de Normalización Promedio de Renglones (NRA, Normalisation of Row Averages) y el método de Normalización de la Media Geométria de los Renglones (NGM. Normalization of the Geometric Mean). Junto con estos métodos, se ha encontrado que el método eigenvalor es el mejor (Saaty, 1980 y Saaty y Vargas, 1982). El método NGM tiene la ventaja que es matemáticamente fácil de aplicar (Klungboonkrong, 1998). La ecuación (5) es la que determina el valor del eigenvector (W) por el método NGM y la ecuación (6) para calcular el valor más grande del eigenvalor.

$$w_i = \frac{\left(\prod_{j=1}^{n} a_{ij}\right)^{1/n}}{\sum_{k=1}^{n}\left(\prod_{j=1}^{n} a_{kj}\right)^{1/n}} \qquad (5)$$

$$\lambda_{MAX} = \sum_{i=1}^{n}\left\{\left(\sum_{j=1}^{n} a_{ij}\right) w_i\right\} \qquad (6)$$

La cercanía entre λ_{MAX} y n puede ser utilizada para medir el grado de inconsistencia de la matriz cuadrada A, el valor más cercano entre λ_{MAX} y n es el más consistente de la matriz A. Saaty (1980), estableció el Índice de Consistencia (IC) de la matriz cuadrada A como:

$$IC = \frac{\lambda_{MAX} - n}{n-1} \qquad (7)$$

Modelo de suavización de ponderaciones

Tomando como referencia la Tabla 1, se pueden asignar ponderaciones directas por parte de los tomadores de decisiones mostradas en la Tabla 2. Considerando que el modelo, es un modelo simple aditivo, se asume que la suma total de dos criterios i y j, es 1. Por ejemplo si $w_i = 0.2$ y $w_j = 0.8$, entonces el total de la alternativa k es (1x0.2) + (1x0.8) = 0.16, o sea, que del total de la alternativa k, la proporción del criterio i es 0.2 y la proporción del criterio j es 0.8.

Tabla 2. Proporción de criterios i y j.

Criterio *i* (%)	Criterio *j* (%)	Definición
50	50	*i* y *j* son igualmente importantes.
60	40	*i* es moderadamente más importante que *j*.
70	30	*i* es más importante que *j*.
80	20	*i* es mucho más importante que *j*.
90	10	*i* es extremadamente más importante que *j*.
50 + P	50 - P	Puntos intermedios 0 < P < 50

En el modelo de suavización de ponderaciones, las asignaciones de todos los pares, se establecen en una matriz donde $a_{ij} + a_{ji} = 1$ y $0 < a_{ij} < 1$ y los elementos de la diagonal son ceros. Por lo que se tiene la siguiente matriz:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1-a_{12} & 0 & \dots & a_{2n} \\ . & . & \dots & a_{2n} \\ . & . & \dots & . \\ . & . & \dots & . \\ 1-a_{1n} & 1-a_{2n} & \dots & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & 0 & \dots & b_{2n} \\ . & . & \dots & . \\ . & . & \dots & . \\ . & . & \dots & . \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$p_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} b_{ij}}{C_2^n} \quad (9)$$

La ecuación (9), establece la ponderación del criterio i, asignado por cada tomador de decisiones. Entonces se establece la ponderación del grupo de tomadores de decisiones para cada criterio, el cual es obtenido por el modelo de suavización de ponderaciones. Los juicios subjetivos no son considerados directamente, sin embargo la relación de los juicios subjetivos de cada tomador de decisiones es tomada en cuenta. El coeficiente de correlación entre las ponderaciones subjetivas de los diferentes tomadores de decisiones involucrados puede ser utilizado para medir esta relación. Un coeficiente de correlación alto de los juicios subjetivos entre dos tomadores de decisiones significa un alto grado de acuerdo y un coeficiente de correlación negativo, significa total desacuerdo. La ponderación de cada tomador de decisiones puede ser determinada por la ecuación (12), donde p_d es la ponderación del tomador de decisiones d, t es la cantidad de tomadores de decisiones y r_{dm} es el coeficiente de correlación de los juicios subjetivos entre los tomadores de decisiones *d* y *m*. El valor exponencial es para convertir todos los coeficientes de correlación en positivos.

$$c_d = \left(\sum_{m=1}^{t} e^{r_{dm}} \right) - e^{r_{dd}} \quad (10)$$

$$r_{dm} = \frac{\sigma_{dm}}{\sigma_d \, \sigma_m} \quad (11)$$

$$p_d = \frac{c_d}{\sum_{m=1}^{t} c_m} \quad (12)$$

La ponderación del grupo de tomadores de decisiones (p_{jg}) se determina con la ecuación (13) donde p_{jd} es la ponderación del criterio j de acuerdo al tomador de decisiones d.

$$p_{jg} = \sum_{d=1}^{t} p_d \, p_{jd} \quad (13)$$

Resultados

Los productos 445, 151, 154 y 169 fueron considerados para establecer las prioridades a considerar en la línea de ensamble "medium brake shoes. Las ponderaciones subjetivas las realizaron 4 gerentes involucrados en la planeación de la producción: Gerente de Operaciones, Gerente de Manufactura, Gerente de Materiales y Gerente de Servicio al Cliente. Utilizando el método AHP, las ponderaciones obtenidas utilizando la Tabla 1 y la ecuación (5) fueron las siguientes:

Tabla 3. Ponderaciones obtenidas por el gerente de operaciones utilizando AHP.

	Producto 445	Producto 151	Producto 154	Producto 169	w_i
Producto 445	1	1	3	5	0.8152
Producto 151	1	1	1	3	0.1631
Producto 154	0.333	1	1	1	0.0181
Producto 169	0.2	0.333	1	1	0.0036

Tabla 4. Ponderaciones de los tomadores de decisiones utilizando AHP.

	Gerente de Operaciones	Gerente de Manufactura	Gerente de Materiales	Gerente de Servicio al Cliente
Producto 445	0.8152	0.9774	0.9527	0.87
Producto 151	0.1631	0.0217	0.0454	0.1243
Producto 154	0.0181	0.00044	0.0181	0.0049
Producto 169	0.0036	0.000096	0.00087	0.00071

Utilizando la Tabla 2 y las ecuaciones (9), (10), (11) y (12) del modelo de suavización de ponderaciones, se obtuvo:

Tabla 5. Ponderaciones obtenidas por el gerente de operaciones utilizando modelo de suavización de ponderaciones.

	Producto 445	Producto 151	Producto 154	Producto 169	Total	Ponderación
Producto 445	0	0.5	0.6	0.7	1.8	0.3
Producto 151	0.5	0	0.5	0.6	1.6	0.2666
Producto 154	0.4	0.5	0	0.5	1.4	0.2333
Producto 169	0.3	0.4	0.5	0	1.2	0.2

Tabla 6. Ponderaciones de los gerentes involucrados utilizando el modelo de suavización de ponderaciones.

	Gerente de Operaciones	Gerente de Manufactura	Gerente de Materiales	Gerente de Servicio al Cliente
Producto 445	0.3	0.4	0.35	0.3333
Producto 151	0.2666	0.3	0.28	0.2833
Producto 154	0.2333	0.2	0.22	0.2166
Producto 169	0.2	0.1	0.15	0.1666

Tabla 7. Coeficientes de correlación.

	Gerente de Operaciones	Gerente de Manufactura	Gerente de Materiales	Gerente de Servicio al Cliente
Gerente de Operaciones	1	-0.4773	-0.4878	-0.456
Gerente de Manufactura	-0.4773	1	0.9995	0.9983
Gerente de Materiales	-0.4878	0.9995	1	0.9961
Gerente de Servicio al Cliente	-0.456	0.9983	0.9961	1

Tabla 8. Ponderaciones de los tomadores de decisiones.

	Gerente de Operaciones	Gerente de Manufactura	Gerente de Materiales	Gerente de Servicio al Cliente	c_d	p_d
Gerente de Operaciones	2.718	0.620	0.614	0.634	1.868	0.093
Gerente de Manufactura	0.620	2.718	2.718	2.714	6.051	0.302
Gerente de Materiales	0.614	2.717	2.718	2.708	6.038	0.302
Gerente de Servicio al Cliente	0.634	2.714	2.708	2.718	6.055	0.303

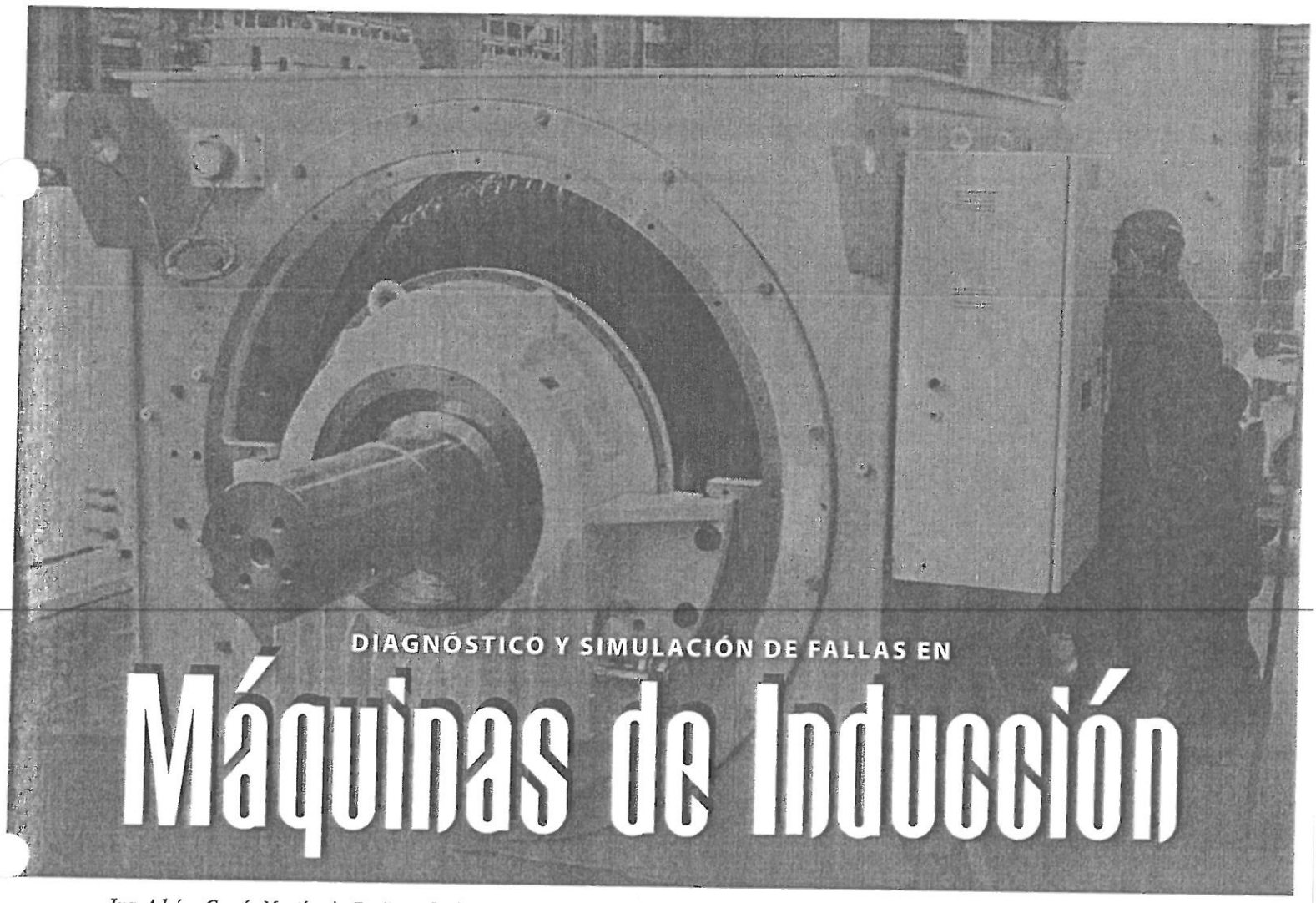
Utilizando la ecuación (13) del modelo de suavización de ponderaciones, se obtienen las ponderaciones combinadas de los 4 gerentes para los productos 445, 151, 154 y 169 y son; 0.3554, 0.2858, 0.2142 y 0.1446 respectivamente.

Conclusiones

Observando los resultados mostrados en la Tabla 4 y la Tabla 6, así como las ponderaciones obtenidas por el modelo de suavización de ponderaciones, aplicando la ecuación (13), se obtienen ponderaciones más equilibradas, disminuyendo las potenciales tendencias debido al concepto de jerarquización. Esto ayuda a establecer las importancias relativas que pueden tener varios productos que requieren ser producidos en una línea de producción común de tal manera que todos deben ser manufacturados para satisfacer las necesidades de los clientes.

Bibliografía

- Aldian, A. y Taylor, M.A.P. (2005). Fuzzy Multicriteria Analysis for Inter-city Travel Demand Modeling. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies. 5. 1294-1307.
- Chen, S.J. y Hwang, C.L. (1992). Fuzzy Multiple Attribute Decision Making-Methods and Applications. Springer-Verlag. Berlin.
- Diakoulaki, D., Mavrotas, G. y Papayannakis, L. (1995). Determination Objective Weights in Multiple Criteria Problems: The CRITIC Method. Computer Operations Research. 22 (7). 763-770.
- Jankowski, P. (1995). Integrating Geographical Information Systems and Multiple Criteria Decision-Making Methods. International Journal of Geographical Information Systems. 9 (3). 251-273.
- Klungboongkrong, P. (1998). Development of a Decision Support Tool for the Multicriteria Environmental Impact Evaluation of Urban Road Network. PhD. Thesis. University of South Australia.
- Quinet, E. (2000). Evaluation Methodologies of Transportation Projects in France. Transport Policy. 7. 27-34.
- Saaty, T.L. (1980). The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. McGraw-Hill International Book Co.
- Saaty, T.L. y Vargas, L.G. (1982). The Logic of Priorities. Applications in Business, Energy, Health, Transportation. Kluwer-Nijhoff Publishing. Boston, MA, USA.
- Saaty, T.L. (1990). How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. European Journal of Operational Research. 48. 9-26.
- Saaty, T.L. (1994). How to Make Decision: The Analytical Hierarchy Process. Interfaces. 24 (6). 19-43.
- Sayers, T.M., Jessop, A.T. y Hills, P.J. (2003). Multi-criteria Evaluation of Transport options-flexible, transparent and user-friendly? Transport Policy. 10. 95-105.
- Tsamboulas, D., Yiotis, G.S. y Panou, K.D. (1999). Use of Multicriteria Methods for Assessment of Transport Projects. Journal of Transportation Engineering. 125 (5). 407-414.
- Voogd, H. (1983). Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning. Pion. 207. Brondesbury Park. London. UK.
- Zeleny, M. (1976). The Attribute-Dynamic Attitude Model (ADAM). Management Science. 23 (1). 12-26.
- Zeleny, M. (1982). Multiple Criteria Decision Making. McGraw-Hill. New York, NY.



DIAGNÓSTICO Y SIMULACIÓN DE FALLAS EN

Máquinas de Inducción

Ing. Adrían García Martínez[1] y Dr. Daniel Ulises Campos Delgado[2]

[1] Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez, Av. Universidad # 3051, Col. Lote Bravo II, C.P. 32965, Ciudad Juárez, Chihuahua.

[2] Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Av. Álvaro Obregón # 64, Centro Histórico, C.P. 78000, San Luis Potosí. S.L.P.

Enviado: 30 de abril de 2015
Aceptado: 22 de mayo de 2015

adrian_garcia@utcj.edu.mx

Resumen: Dentro del funcionamiento de las máquinas eléctricas de inducción, se presentan ciertas características en su funcionamiento óptimo y fallas ocasionadas por diversos factores que le afectan en su desempeño.

El objetivo del siguiente trabajo, es presentar la descripción del diagnóstico y simulación de fallas mecánicas y eléctricas en máquinas de inducción, observando y comparando el desempeño del trabajo, de la misma, en cada una de las diferentes situaciones a la que es sometida bajo la simulación del modelo matemático.

✚ *Palabras clave: Simulación de fallas mecánicas y eléctricas.*

Abstract: Within the operation of electrical induction machines, they have certain characteristics in their optimum and failures due to various factors that affect its operating performance.

The aim of this work presents the description of diagnosis and simulation of mechanical and electrical faults in induction machines monitor and compare the performance of the work, the same in each of the different situations to which it is subject under the simulation model mathematician.

✚ *Keywords: Simulation of mechanical and electrical faults.*

Introducción

El objetivo principal es el estudio del funcionamiento de las máquinas eléctricas, en este caso máquinas de inducción rotativas. Un aspecto importante, en el estudio de las máquinas eléctricas rotativas en general en su elección y aplicación, son los elementos convertidores de energía eléctrica en energía mecánica o energía mecánica en energía eléctrica; cuando este dispositivo es utilizado para convertir energía eléctrica en energía mecánica se denomina motor; cuando convierte energía mecánica en energía eléctrica se denomina generador. Casi todos los motores y generadores útiles convierten la energía de una a otra forma a través de campos magnéticos (Chapman, 2000).

Otro dispositivo relacionado con los motores y los generadores es el transformador ya que es un dispositivo que convierte energía eléctrica de corriente alterna de cierto nivel de voltaje, en energía de corriente alterna de otro nivel de voltaje. Puesto que los transformadores operan sobre los mismos principios que los motores y generadores, dependiendo de la acción de un campo magnético (Chapman, 2000).

Los campos magnéticos son el mecanismo fundamental para convertir la energía de una forma a otra en motores, generadores y transformadores. Chapman (2000) plantea cuatro principios básicos que describen como se utilizan los campos magnéticos en estos dispositivos:

1. Un conductor que porta corriente produce un campo magnético a su alrededor.
2. Un campo magnético variable con el tiempo induce un voltaje en una bobina de alambre si pasa a través de esta (está es la base del funcionamiento del transformador).
3. Un conductor que porta corriente en presencia de un campo magnético experimenta una fuerza inducida sobre él (ésta es la base del funcionamiento del motor).
4. Un conductor eléctrico que se mueva en presencia de un campo magnético tendrá un voltaje inducido en él (ésta es la base del funcionamiento de un generador).

El motor de inducción contiene las siguientes suposiciones como funcionamiento óptimo para el mismo, las cuales nos ayudan a tener un balance para las pruebas a realizar y poder tener una comparación más precisa al momento de observar las fallas (Chapman, 2000):

- El estator es cilíndrico y con área transversal circular.
- Devanado trifásico simétrico en el estator y en el rotor (en este caso de 2 polos).
- Desplazamiento de 120° eléctricos entre los devanados y distribución sinusoidal de flujo del flujo magnético en el entrehierro.
- El rotor está balanceado en el entrehierro.
- Los devanados del rotor se encuentran cortocircuitados.
- El motor trabaja fuera de la región de saturación.

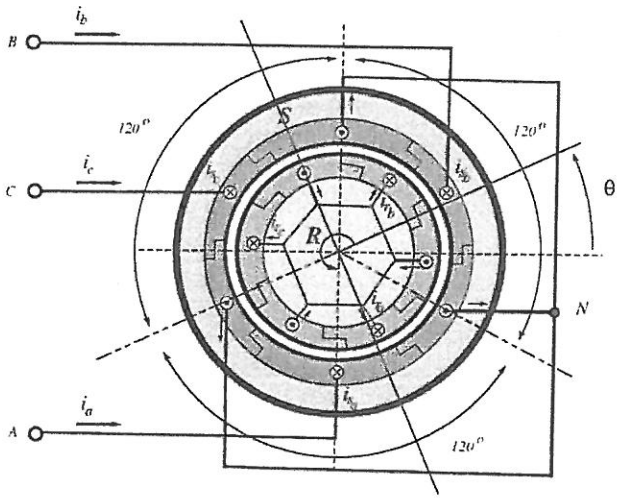


Figura 1. Diagrama de motor de inducción trifásico de 2 polos.

Descripción de fallas eléctricas y mecánicas

Fallas eléctricas

Las fallas eléctricas pueden estar dadas por diferentes factores tales como la variación de las resistencias tanto en el estator como el rotor, así como sus flujos y sus inductancias. Existen varias razones por las que puedan darse estas variaciones, las cuales las más frecuentes son:

1. Alta temperatura en el estator.
2. Perdida de aislante en los devanados.
3. Contaminación por humedad y polvo.
4. Cortocircuito o arranque forzado.
5. Descargas eléctricas.
6. Fase aterrizada.

Este tipo de fallas son detectadas observando el desempeño del motor, ya que usualmente entre el 30% al 40% caen en una de las antes mencionadas, lo cual hace que el motor sea ineficiente en su trabajo (Nandi, Toliyat y Li, 2005).

Fallas mecánicas

Las fallas mecánicas hacen referencia a los mecanismos deficientes en el funcionamiento, en este caso, en el motor de inducción, las cuales son una de las causas de mayor problemática para los motores ya que muchas de estas fallas pueden venir hasta por un defecto de fabricación.

Algunas de las fallas de este tipo pueden estar en baleros, en el estator o en la armadura, la barra del rotor quebrada o valeros desgastados, excentricidad, por lo cual estas fallas demandan una atención especial ya que pueden ocasionar uno o más síntomas de fallas tales como:

1. Voltajes y corrientes desbalanceadas.
2. Disminución en el torque.
3. Incremento en las perdidas y reducción de eficiencia.
4. Calentamiento excesivo.

Realmente la detección de cualquier falla mecánica es muy importante, pero sin embargo existen algunas que son más frecuentes, como por ejemplo el de los baleros, ya que estos por su misma composición y ensamblado es imposible que estén fabricados con el 100% de precisión y calidad, para que den una efectividad óptima al momento del uso de cualquier motor de inducción. La mayoría de los motores eléctricos, usan baleros fabricados con balines o rodillos acerados, estos baleros consisten en dos anillos uno interno y otro externo y un conjunto de balines o rodillos que rotan sobre una guía acanalada dentro de este balero. Estos elementos, teniendo una composición antes mencionada y trabajando con otras condiciones tales como cargas balanceadas y buen alineamiento, darán un trabajo totalmente eficiente en el motor, pero en la realidad es muy difícil dar estas características de trabajo (Nandi, Toliyat y Li, 2005).

Por tal motivo el motor empieza a dar resultados fallidos, debido a la presencia de vibraciones, niveles de ruidos y excentricidad. Esto unido a otros factores que pueden dañar a los baleros tales como:

1. Contaminación y corrosión causadas por el ambiente de trabajo donde se instaló el motor.
2. Mala lubricación que puede ocasionar calentamiento y desgaste.
3. Mala instalación de los baleros la cual provoca la desalineación en la guía del motor.

Al menos el 40% al 50% de todos los motores caen sobre este tipo de fallas con respecto a baleros.

Por lo anterior, las fallas mecánicas en motores de inducción son en sí un gran problema para que exista un buen desempeño en el trabajo del mismo, es por ello que es importante comprender estos tipos de errores por medio de la simulación y así poder tener un mejor diagnóstico para dar resultados lo más precisos posibles (Nandi, Toliyat, Li, 2005).

Modelo matemático del motor de inducción

Modelo como funcionamiento óptimo

En este modelo se le dio un funcionamiento ideal para un motor trifásico de inducción y así obtener resultados al momento de someterlo a fallas (Chang, Cocquempot y Christophe, 2003).

Por lo tanto las matrices de resistencias e inductancias de dispersión y magnetización se definen como:

$$R_s = \begin{bmatrix} R_s^a & 0 & 0 \\ 0 & R_s^b & 0 \\ 0 & 0 & R_s^c \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$L_s = \begin{bmatrix} L_{ls}^a + L_{ms} & -\frac{1}{2}L_{ms} & -\frac{1}{2}L_{ms} \\ -\frac{1}{2}L_{ms} & L_{ls}^b + L_{ms} & -\frac{1}{2}L_{ms} \\ -\frac{1}{2}L_{ms} & -\frac{1}{2}L_{ms} & L_{ls}^c + L_{ms} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$R_r = \begin{bmatrix} R_r^a & 0 & 0 \\ 0 & R_r^b & 0 \\ 0 & 0 & R_r^c \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$L_r = \begin{bmatrix} L_{lr}^a + L_{mr} & -\frac{1}{2}L_{mr} & -\frac{1}{2}L_{mr} \\ -\frac{1}{2}L_{mr} & L_{lr}^a + L_{mr} & -\frac{1}{2}L_{mr} \\ -\frac{1}{2}L_{mr} & -\frac{1}{2}L_{mr} & L_{ls}^a + L_{mr} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Finalmente la matriz T está dada por:

$$T(\frac{P}{2}\theta_m) = L_m \begin{bmatrix} \cos(\frac{P}{2}\theta_m) & \cos(\frac{P}{2}\theta_m + \gamma) & \cos(\frac{P}{2}\theta_m - \gamma) \\ \cos(\frac{P}{2}\theta_m - \gamma) & \cos(\frac{P}{2}\theta_m) & \cos(\frac{P}{2}\theta_m + \gamma) \\ \cos(\frac{P}{2}\theta_m + \gamma) & \cos(\frac{P}{2}\theta_m - \gamma) & \cos(\frac{P}{2}\theta_m) \end{bmatrix} \quad (5)$$

Donde P representa el número de polos, θ_m el desplazamiento mecánico de la flecha y $\gamma = 120° = 2\pi/3$ rad.

El par eléctrico se obtiene al realizar una integración de la fuerza tangencial en el entrehierro a lo largo de la circunferencia en la dirección de rotación y su ecuación es la siguiente:

$$T_e = I_s^T \frac{\partial T(\frac{P}{2}\theta_m)}{\partial \theta_m} I_r = \frac{P}{2} I_s^T T(\frac{P}{2}\theta_m + \frac{\pi}{2}) I_r \quad (6)$$

Así la ecuación mecánica del motor se obtiene considerando que asociado a la fecha existe una inercia J y una fricción B proporcional a la velocidad angular $\omega_m = \dot{\theta}_m$:

$$\frac{d\omega_m}{dt} = \frac{1}{J}(T_e - B\omega_m - T_l) \quad (7)$$

Donde T_l representa el par de carga. El modelo en tres fases estaría dado por un conjunto de 7 ecuaciones diferenciales no lineales acopladas:

$$V_s = R_s I_s + L_s \frac{dI_s}{dt} + \frac{d}{dt}\left[T(\frac{P}{2}\theta_m) I_r \right] \quad (8)$$

$$0 = R_r I_r + L_r \frac{dI_r}{dt} + \frac{d}{dt}\left[T(\frac{P}{2}\theta_m) I_s \right] \quad (9)$$

$$\frac{d\theta_m}{dt} = \omega_m \quad (10)$$

$$\frac{d\omega_m}{dt} = \frac{P}{2J} I_s^T T(\frac{P}{2}\theta_m + \frac{\pi}{2}) I_r - \frac{B}{J}\omega_m - \frac{1}{J}T_l \quad (11)$$

En donde los parámetros del modelo se definen por las matrices de resistencias e inductancias en el estator y en el rotor R_s, L_s, R_r, L_r y las constantes P, L_m, B, J. (Chang, Cocquempot y Christophe, 2003).

En forma matricial las relaciones de flujos y corrientes en el estator y en el rotor se pueden escribir como:

$$\begin{bmatrix} \Psi_s \\ \Psi_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_s & T(\frac{P}{2}\theta_m) \\ T^T(\frac{P}{2}\theta_m) & L_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_s \\ I_r \end{bmatrix} \quad (12)$$

Además de las ecuaciones eléctricas se tiene:

$$\frac{d}{dt}\begin{bmatrix} \Psi_s \\ \Psi_r \end{bmatrix} = -\begin{bmatrix} R_s & 0 \\ 0 & R_r \end{bmatrix}\begin{bmatrix} I_s \\ I_r \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} V_s \\ 0 \end{bmatrix} \quad (13)$$

Por lo tanto al dejar las ecuaciones diferenciales solo en función de los flujos y voltajes nos queda la siguiente matriz:

$$\begin{bmatrix} \Psi_s \\ \Psi_r \end{bmatrix} = -\begin{bmatrix} R_s & 0 \\ 0 & R_r \end{bmatrix}\begin{bmatrix} L_s & T(\frac{P}{2}\theta_m) \\ T^T(\frac{P}{2}\theta_m) & L_r \end{bmatrix}^{-1}\begin{bmatrix} \Psi_s \\ \Psi_r \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} V_s \\ 0 \end{bmatrix} \quad (14)$$

Modelo con aplicación de falla eléctrica

Los parámetros en el estator dependen directamente de las vueltas de los devanados por cada fase, cuando un corto circuito ocurre en cualquiera de los devanados en el estator, el número de vueltas en el devanado podrían decrecer, entonces el estator entraría en desbalanceo (Wu, Lu, Huang, Habetler y Harley, 2005).

Considerando estos parámetros se obtiene respectivamente el porcentaje de falla de fase afectando a las matrices (1), (2) y (5), siendo estos elementos nombrados f_{sa}^*, f_{sb}^*, f_{sc}^*, quedando las matrices de la siguiente manera (Wu, Lu, Huang, Habetler y Harley, 2005):

$$R_s = \begin{bmatrix} f_{sa}^* R_s & 0 & 0 \\ 0 & f_{sb}^* R_s & 0 \\ 0 & 0 & f_{sc}^* R_s \end{bmatrix} \quad (15)$$

$$L_s = \begin{bmatrix} f_{sa}^2 L_{ls} - L_{ms} & -f_{sa} f_{sb}^* \frac{1}{2} L_{ms} & -f_{sa}^* f_{sc}^* \frac{1}{2} L_{ms} \\ -f_{sa}^* f_{sb}^* \frac{1}{2} L_{ms} & f_{sb}^2 L_{ls} - L_{ms} & -\frac{1}{2} L_{ms} \\ -f_{sa}^* f_{sc}^* \frac{1}{2} L_{ms} & -f_{sb}^* f_{sc}^* \frac{1}{2} L_{ms} & f_{sc}^2 L_{ls} - L_{ms} \end{bmatrix} \quad (16)$$

$$T(\frac{P}{2}\theta_m) = L_m \begin{bmatrix} f_{sa}^* \cos(\frac{P}{2}\theta_m) & f_{sa}^* \cos(\frac{P}{2}\theta_m - \frac{2\pi}{3}) & f_{sa}^* \cos(\frac{P}{2}\theta_m + \frac{2\pi}{3}) \\ f_{sb}^* \cos(\frac{P}{2}\theta_m + \frac{2\pi}{3}) & f_{sb}^* \cos(\frac{P}{2}\theta_m) & f_{sb}^* \cos(\frac{P}{2}\theta_m - \frac{2\pi}{3}) \\ f_{sc}^* \cos(\frac{P}{2}\theta_m - \frac{2\pi}{3}) & f_{sc}^* \cos(\frac{P}{2}\theta_m + \frac{2\pi}{3}) & f_{sc}^* \cos(\frac{P}{2}\theta_m) \end{bmatrix} \quad (17)$$

Modelo con aplicación de falla mecánica

Para las fallas mecánicas como la excentricidad, el modelado matemático se ve afectado por otros factores tales como:

$$a_1 = \frac{2(1 - \sqrt{1 - \delta_s^2})}{\delta_s \sqrt{1 - \delta_s^2}} \quad (18)$$

Donde a_1 es el término de excentricidad estática y δ_s representa el grado de la excentricidad estática.

Dados estos términos se generan otros parámetros para obtener las expresiones matriciales de las inductancias los cuales están representados por:

$$L_m = (\frac{N_s}{2})^2 \pi \mu_0 R_s l a_0 \quad (19)$$

$$L_1 = (\frac{N_s}{2})^2 \pi \mu_0 r l (\frac{a_1^2}{2a_0}) \quad (20)$$

Donde N_s representa el número de vueltas de los devanados en el estator por fase, $a_0 = 1/g_0$ es el inverso del promedio de la longitud de área, μ_0 es la permeabilidad de área y l es la longitud axial del motor.

Por lo tanto también se desarrollan nuevas matrices, las cuales se implementan en el modelo matemático para llevar acabo la simulación dinámica de las ecuaciones y así ocasionar la falla mecánica (Wu, Lu, Huang, Habetler y Harley, 2005):

$$L_{ss} = \begin{bmatrix} \cos(\alpha)\cos(\alpha) & \cos(\alpha - \frac{2\pi}{3})\cos(\alpha) & \cos(\alpha - \frac{4\pi}{3})\cos(\alpha) \\ \cos(\alpha)\cos(\alpha - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\alpha - \frac{2\pi}{3})\cos(\alpha - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\alpha - \frac{4\pi}{3})\cos(\alpha - \frac{2\pi}{3}) \\ \cos(\alpha)\cos(\alpha - \frac{4\pi}{3}) & \cos(\alpha - \frac{2\pi}{3})\cos(\alpha - \frac{4\pi}{3}) & \cos(\alpha - \frac{4\pi}{3})\cos(\alpha - \frac{4\pi}{3}) \end{bmatrix} \quad (21)$$

$$L_{sr} = \begin{bmatrix} \cos(\alpha)\cos(\alpha - \frac{P}{2}\theta_m) & \cos(\alpha)\cos(\alpha - \frac{P}{2}\theta_m - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\alpha)\cos(\alpha - \frac{P}{2}\theta_m - \frac{4\pi}{3}) \\ \cos(\alpha - \frac{2\pi}{3})\cos(\alpha - \frac{P}{2}\theta_m) & \cos(\alpha - \frac{2\pi}{3})\cos(\alpha - \frac{P}{2}\theta_m - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\alpha - \frac{2\pi}{3})\cos(\alpha - \frac{P}{2}\theta_m - \frac{4\pi}{3}) \\ \cos(\alpha - \frac{4\pi}{3})\cos(\alpha - \frac{P}{2}\theta_m) & \cos(\alpha - \frac{4\pi}{3})\cos(\alpha - \frac{P}{2}\theta_m - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\alpha - \frac{4\pi}{3})\cos(\alpha - \frac{P}{2}\theta_m - \frac{4\pi}{3}) \end{bmatrix} \quad (22)$$

$$L_{rr} = \begin{bmatrix} \cos(\alpha - \frac{P}{2}\theta_m)\cos(\alpha - \frac{P}{2}\theta_m) & \cos(\alpha - \frac{P}{2}\theta_m)\cos(\alpha - \frac{P}{2}\theta_m - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\alpha - \frac{P}{2}\theta_m)\cos(\alpha - \frac{P}{2}\theta_m - \frac{4\pi}{3}) \\ \cos(\alpha - \frac{P}{2}\theta_m - \frac{2\pi}{3})\cos(\alpha - \frac{P}{2}\theta_m) & \cos(\alpha - \frac{P}{2}\theta_m - \frac{2\pi}{3})\cos(\alpha - \frac{P}{2}\theta_m - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\alpha - \frac{P}{2}\theta_m - \frac{2\pi}{3})\cos(\alpha - \frac{P}{2}\theta_m - \frac{4\pi}{3}) \\ \cos(\alpha - \frac{P}{2}\theta_m - \frac{4\pi}{3})\cos(\alpha - \frac{P}{2}\theta_m) & \cos(\alpha - \frac{P}{2}\theta_m - \frac{4\pi}{3})\cos(\alpha - \frac{P}{2}\theta_m - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\alpha - \frac{P}{2}\theta_m - \frac{4\pi}{3})\cos(\alpha - \frac{P}{2}\theta_m - \frac{4\pi}{3}) \end{bmatrix} \quad (23)$$

Siendo así estos parámetros los que afectan a las matrices en el estator y en el rotor (2), (4) y (5) respectivamente, estas matrices quedan expresadas como:

$$\tilde{L}_s = \begin{bmatrix} L_{ls}^a + L_m & -\frac{1}{2}L_m & -\frac{1}{2}L_m \\ -\frac{1}{2}L_m & L_{ls}^b + L_m & -\frac{1}{2}L_m \\ -\frac{1}{2}L_m & -\frac{1}{2}L_m & L_{ls}^c + L_m \end{bmatrix} - L_1 L_{ss} \quad (24)$$

$$\tilde{L}_r = \begin{bmatrix} L_{lr}^a + L_m & -\frac{1}{2}L_m & -\frac{1}{2}L_m \\ -\frac{1}{2}L_m & L_{lr}^a + L_m & -\frac{1}{2}L_m \\ -\frac{1}{2}L_m & -\frac{1}{2}L_m & L_{ls}^a + L_m \end{bmatrix} - L_1 L_{rr} \quad (25)$$

$$\tilde{T}(\frac{P}{2}\theta_m) = L_m \begin{bmatrix} \cos(\frac{P}{2}\theta_m) & \cos(\frac{P}{2}\theta_m - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\frac{P}{2}\theta_m + \frac{2\pi}{3}) \\ \cos(\frac{P}{2}\theta_m - \frac{4\pi}{3}) & \cos(\frac{P}{2}\theta_m) & \cos(\frac{P}{2}\theta_m - \frac{2\pi}{3}) \\ \cos(\frac{P}{2}\theta_m - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\frac{P}{2}\theta_m + \frac{2\pi}{3}) & \cos(\frac{P}{2}\theta_m) \end{bmatrix} - L_1 L_{sr} \quad (26)$$

Por lo tanto la matriz de los flujos y los voltajes (14) quedan de la siguiente manera:

$$\frac{d}{dt}\begin{bmatrix} \Psi_s \\ \Psi_r \end{bmatrix} = -\begin{bmatrix} R_s & 0 \\ 0 & R_r \end{bmatrix}\begin{bmatrix} L_s - \tilde{L}_s & T(\frac{P}{2}\theta_m) - \tilde{T}(\frac{P}{2}\theta_m) \\ T^T(\frac{P}{2}\theta_m) - \tilde{T}^T(\frac{P}{2}\theta_m) & L_r - \tilde{L}_r \end{bmatrix}^{-1}\begin{bmatrix} \Psi_s \\ \Psi_r \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} V_s \\ 0 \end{bmatrix} \quad (27)$$

Finalmente el par eléctrico está dado por la siguiente expresión:

$$W_{co} = \frac{1}{2} I_s^T (L_s - \tilde{L}_s) I_s + I_s^T (T(\frac{P}{2}\theta_m) - \tilde{T}(\frac{P}{2}\theta_m)) I_r + \frac{1}{2} I_r (L_r - \tilde{L}_r) I_r \quad (28)$$

$$T_e = \frac{\partial W_{co}}{\partial \theta_m} = \frac{P}{2} I_s^T T(\frac{P}{2}\theta_m + \frac{\pi}{2}) I_r \quad (29)$$

Gráficas de simulación y comparación del motor de inducción en funcionamiento óptimo y falla eléctrica

En la simulación podemos comparar las corrientes en el estator y en el rotor así como también el par eléctrico y la velocidad del motor de inducción en funcionamiento óptimo y falla eléctrica.

En este caso la Figura 3 se muestra el desbalance que existe entre las corrientes en el estator debido a la falla eléctrica a la que fue sometido el motor, en comparación de la Figura 2 que está entregando un funcionamiento óptimo.

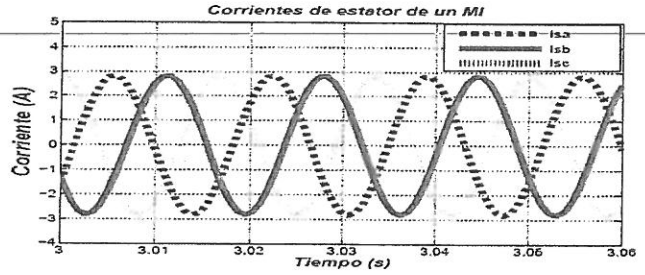


Figura 2. Corrientes de un motor de inducción trifásico como funcionamiento óptimo.

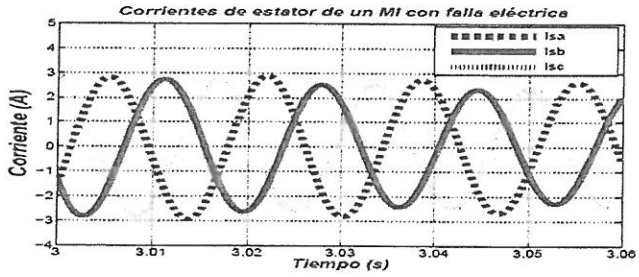


Figura 3. Corrientes de un motor de inducción trifásico con falla eléctrica.

La Figura 5 muestra un pequeño rizo en las corrientes en el rotor, esto debido a la falla a la que fue sometido el motor teniendo así un desbalanceo en las mismas, en comparación de la Figura 4 que trabaja en óptimas condiciones.

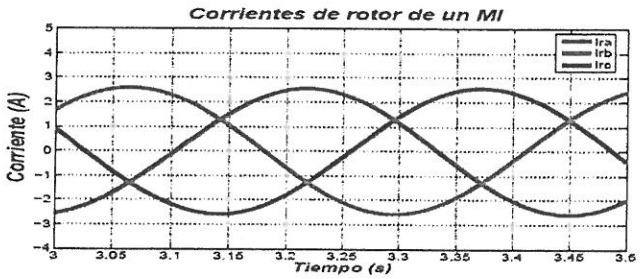


Figura 4. Corrientes de un motor de inducción trifásico como funcionamiento óptimo.

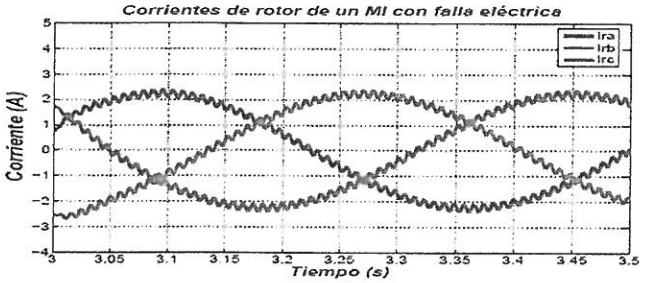


Figura 5. Corrientes de un motor de inducción trifásico con falla eléctrica.

La Figuras 6 y 7 se podrá hacer el comparativo del torque eléctrico del motor de inducción en trabajo óptimo y con falla eléctrica, donde la falla eléctrica es generada a los 3 segundos después del arranque.

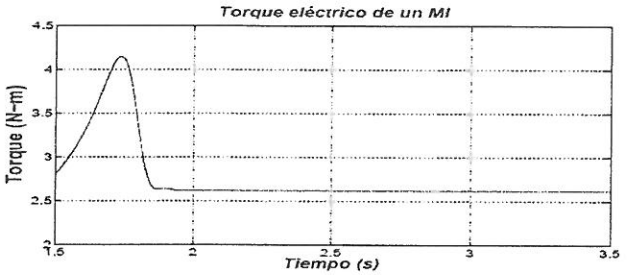


Figura 6. Torque eléctrico de un motor de inducción trifásico como funcionamiento óptimo.

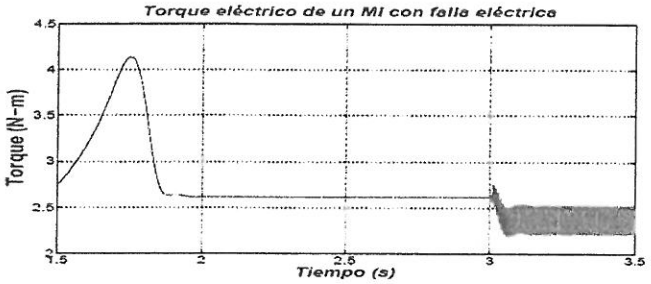


Figura 7. Torque eléctrico de un motor de inducción trifásico con falla eléctrica.

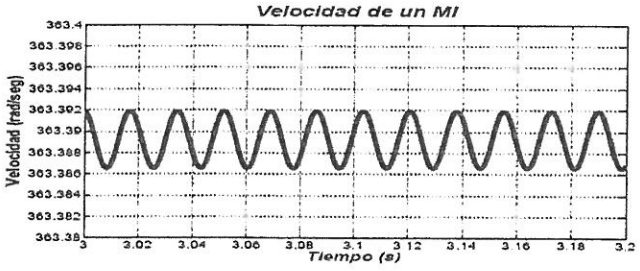


Figura 8. Velocidad de un motor de inducción trifásico como funcionamiento óptimo.

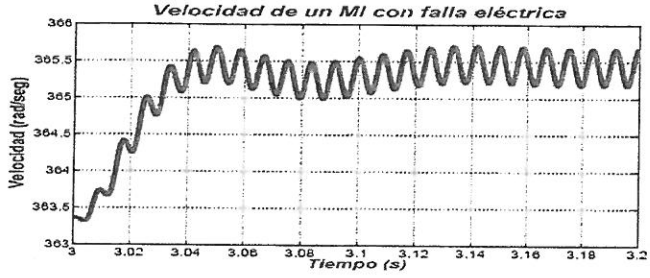


Figura 9. Velocidad de un motor de inducción trifásico con falla eléctrica.

Gráficas de simulación y comparación del motor de inducción en funcionamiento óptimo y fallas mecánicas

En este caso compararemos el comportamiento del motor de inducción en trabajo óptimo y con falla mecánica, las gráficas obtenidas mostraran los resultados y con ellos será posible hacer las conjeturas correspondientes.

La Figura 11 nos muestra la amplitud de banda en las corrientes en el estator debido a la falla mecánica, la cual no permite que el motor se estabilice después de su arranque y esto es provocado por la falla a la que fue sometido el motor, en comparación de la Figura 10 donde el motor trabaja en óptimas condiciones.

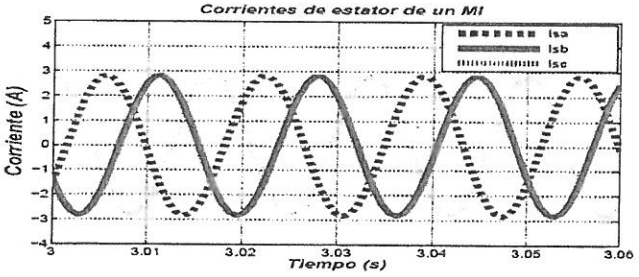


Figura 10. Corrientes del estator de un motor de inducción trifásico como funcionamiento óptimo..

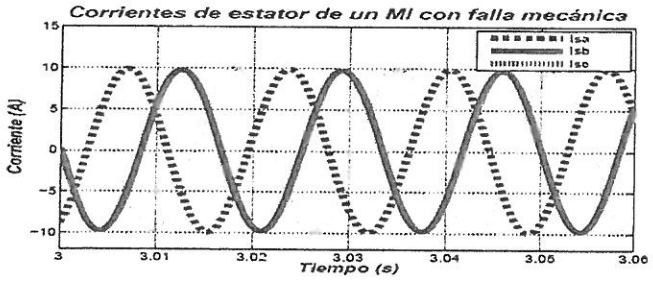


Figura 11. Corrientes del estator de un motor de inducción trifásico con falla mecánica.

La Figura 13 nos muestra el comportamiento de las corrientes de rotor con falla mecánica, en la cual es posible observar que su amplitud de banda y su frecuencia es más grande que el de la Figura 12 debido a que está trabajando en condiciones óptimas.

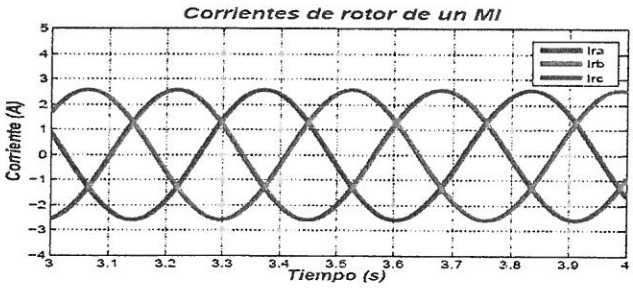


Figura 12. Corrientes del rotor de un motor de inducción trifásico como funcionamiento óptimo.

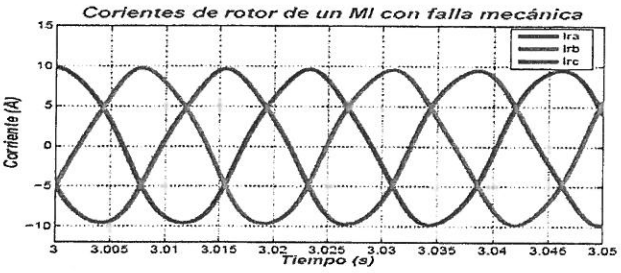


Figura 13. Corrientes del rotor de un motor de inducción trifásico con falla mecánica.

Con relación al torque eléctrico del motor, se observa que la Figura 15 no se estabiliza después de su arranque, ya que la falla mecánica debido a su excentricidad no lo permite, en comparación de la Figura 14, donde muestra el pico de arranque y después logra estabilizarse y esto se debe a que el motor trabaja en condiciones óptimas.

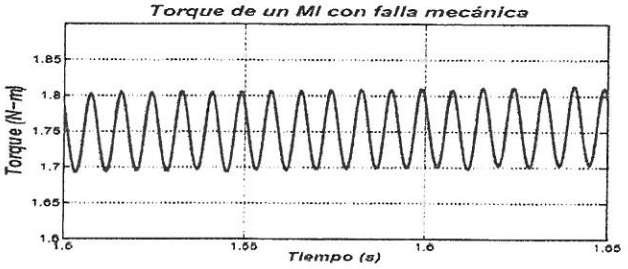


Figura 14. Torque eléctrico de un motor de inducción trifásico como funcionamiento óptimo.

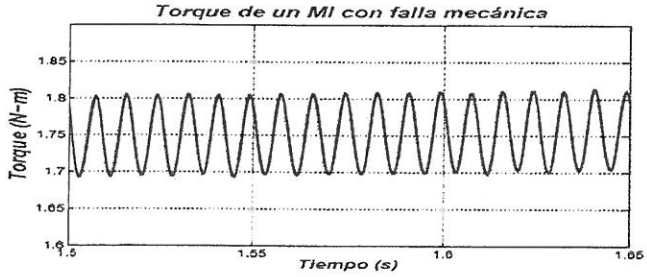


Figura 15. Torque eléctrico de un motor de inducción trifásico con falla mecánica.

La Figura 17 nos muestra como el motor no alcanza a obtener la amplitud de su velocidad óptima debido a la falla de excentricidad a la que se sometió el motor y su frecuencia es más grande que el de la Figura 16 donde el motor trabaja en óptimas condiciones.

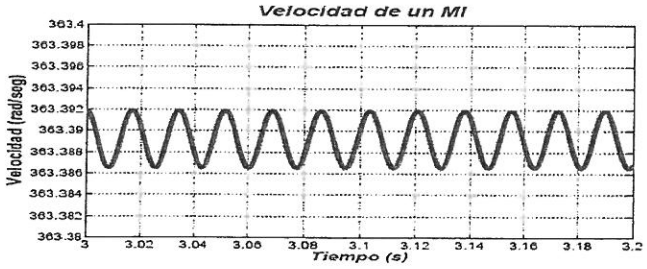


Figura 16. Velocidad de un motor de inducción trifásico como funcionamiento óptimo.

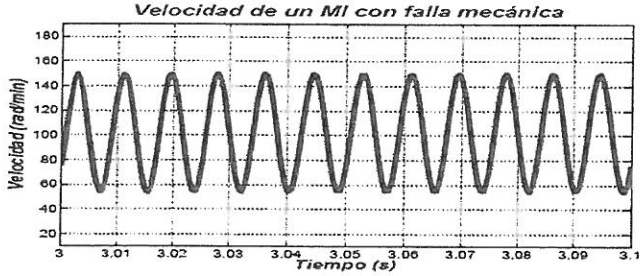


Figura 17. Velocidad de un motor de inducción trifásico con falla mecánica.

Conclusiones

En este trabajo se logró constatar que el motor de inducción es el tipo de motor de corriente alterna con mayor facilidad de operación, pero no en cuanto a la detección de fallas y su comportamiento, esto es debido a que hay una gran variación de parámetros que incluyen hasta la naturaleza de su construcción. Para la simulación de las condiciones óptimas de operación y las fallas, se asume en el modelo matemático un trabajo óptimo de funcionamiento, lo cual facilitó variar los parámetros definidos por el mismo modelo y así poder observar los tipos de fallas.

Por medio de la variación de los parámetros mencionados en este trabajo, se generaron las simulaciones para poder observar el comportamiento de sus corrientes tanto del rotor como de estator así como su torque eléctrico y su velocidad.

Por ultimo podemos dejar en claro que existen infinidad de elementos para poder diagnosticar diferentes tipos de fallas existentes en todas las máquinas de inducción.

Bibliografía

+ S. Nandi, H. A. Toliyat y X. Li, (2005). "Condition Monitoring and Fault Diagnosis of Electrical Motors-A Review" IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 20, 719-726.

+ L. Wu, B. Lu, X. Huang, T. G. Habetler y R. G. Harley, (2005). "Improved Online Condition Monitoring Using Static Eccentricity Induced Negative Sequence Current Induction Machines" School of Electrical and Computer Engineering Georgia Institute of Technology Atlanta, GA 30332-0250 1737-1742.

+ X. Chang, V. Cocquempot y C. Christophe, (2003). "A Model of Asynchronous Machines for Stator Fault Detection and Isolation" IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 50, 578-583.

+ S. J. Chapman, (2000). "Maquinas Electricas" Mc-Graw-Hill Interamericana S.A., Tercera edición, 62, 63, 391-396.

MANUAL + ESTILO

+ CONSEJO EDITORIAL

MISIÓN

El objetivo principal del Consejo Editorial es divulgar mediante una revista de corte científico, de publicación semestral, todos aquellos logros realizados por los investigadores de nuestra Universidad y sus aportaciones a beneficio de la sociedad.

VISIÓN

Con la difusión de estos avances obtendremos el reconocimiento de la comunidad y lograremos el posicionamiento de la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez, en áreas de desarrollo científico.

+ ATRIBUCIONES

I.- El Consejo Editorial tiene como objetivo cuidar y promover la imagen y prestigio de la UTCJ.

II.- Realizar la corrección de estilo y todos los cambios ortográficos y de redacción que sean necesarios para mejorar la calidad de los artículos a publicar.

III.- Verificar que todas las obras cuenten con los requisitos editoriales que marca nuestro Manual de Estilo y Normas de Publicación.

IV.- Contribuir en la difusión y distribución de nuestra revista científica.

V.- Evaluar y supervisar el proceso editorial.

VI.- Vigilar la calidad de las obras que lleven el sello editorial.

+ LINEAMIENTOS

I.- Los artículos que se publiquen serán responsabilidad del autor.
II.- Cada artículo deberá contar con las siguientes características y lineamientos editoriales:

a) Tener como base los resultados de una investigación científica, original y relevante.
b) Una vez publicado el artículo, los derechos de autor pasan a la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez.
c) Cubrir parte del estado de conocimiento vigente.
d) Estar escritos con un lenguaje adecuado y que atiendan la serie de
condiciones formales y de contenido propio de un texto científico.

Es importante que cada trabajo de investigación cuente con crédito de autor y/o colaboradores, crédito de fotografías (si las hay) y un correo electrónico.

+ FORMATOS DE ENTREGA

El material tiene que ser entregado en procesador de texto WORD, con letra tipo Arial, a 12 puntos, con espacio sencillo y alineación a la izquierda.

Formato carta, extensión mínima 3 cuartillas y un máximo de 10, incluyendo notas y bibliografía.

Utilizar sangría francesa al inicio de cada párrafo.

Márgenes de 3 cm. superior y 2.5 cm. de derecha e izquierda.

Todas las páginas deberán estar enumeradas en secuencia, comenzando por la portada.

Las siglas deben venir en su forma destacada (p. ej. UTCJ, Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez).

Señalar la naturaleza del trabajo: artículo de investigación, avance, etc.

El título de la obra debe de ser colocado en la parte superior del documento, en forma centrada, destacado con negritas.

Todos los textos deben incluir nombre completo del autor y/o colaboradores, grado académico y área de especialización, así como también un correo electrónico. Los nombres de los autores deben de aparecer en el orden de sus contribuciones.

Anexar en el trabajo de investigación un currículum de autor (es).

El solicitante y/o autor se compromete a estar disponible para atender cualquier asunto relacionado con su obra.

En todos los casos, los manuscritos entregados no serán devueltos.

La fecha de entrega del material será determinado por el editor y este a su vez se lo hará del conocimiento al autor.

La fecha de entrega del material será determinado por el editor y este a su vez se lo hará del conocimiento al autor.

El autor debe de incluir un resumen breve de los contenidos del artículo.

Los trabajos deberán enviarse al correo electrónico:
editorial@utcj.edu.mx
Para mayor información comunicarse al
tel. 656 6490604.



+ESTRUCTURA DEL ARTÍCULO

Título en inglés y español

No debe ser mayor a 15 palabras y debe describir el contenido del artículo de una forma clara, exacta y concisa.

Abstractos

Se deben de incluir los resúmenes en español y en inglés (abstract), de 150 palabras, cada uno. Debe de indicar clara y brevemente el propósito de la investigación, de los procedimientos básicos, de los resultados y de las conclusiones principales. Evite el uso de abreviaturas y de términos altamente especializados en el extracto.

Palabras clave

Presentar cinco palabras clave, en inglés y en español, estos términos deben de aparecer debajo del resumen, en la misma página. Se pueden utilizar palabras solas o términos compuestos.

Abreviaturas

Las abreviaturas deben de ser definidas la primera vez que se mencionan. Si fuera esto en el resumen, entonces debe de definirse de nuevo en el cuerpo principal del texto.

Introducción

Este apartado plantea el propósito del artículo sin un despliegue extensivo del tema, utilizando solo las referencias más pertinentes. Indique las razones que motivaron a la investigación y cuando corresponda, dé cuenta de la hipó
tesis postulada.

Materiales y métodos

Se describe el diseño de la investigación y se explica cómo se llevó a la práctica, justificando la elección de métodos, técnicas e instrumentos, si los hubiera, teniendo en cuenta la secuencia que siguió la investigación.

Resultados

Se describen los resultados del estudio, resaltando los hallazgos relevantes (incluso los resultados contrarios a los objetivos propuestos, si es el caso). Los resultados se deben presentar utilizando texto, tablas e ilustraciones.

Discusión

Debe ser una interpretación de los resultados y su significado sobre el trabajo de otros autores.

Agradecimientos

Al patrocinio o proyecto son lo más breve posible.

Las tablas y figuras

A fin de garantizar los más altos estándares para la calidad de las ilustraciones, estás deben de ir a una resolución de 300 dpi´s. Las figuras deben de ser claras y fáciles de leer.

Figuras numeradas, en número arábigo seguido de pie de figura para la parte inferior de cada una de ellas e insertadas dentro del cuerpo del artículo y no al final de este.

Las tablas tienen que ser menores de 17 cm. x 20 cm., enlistadas en números arábigos y deben tener un título, y/o leyenda en la parte superior para explicar cualquier abreviatura utilizada en ella, del mismo modo deben estar insertas
dentro del cuerpo del artículo.

Fotografías e ilustraciones

Todo material de foto e ilustraciones deben de enviarse en un archivo del artículo. Como también en formato aparte JPG o PSD, con una resolución mínima de 300 dpi´s, en tamaño real.

Tanto las tablas, figuras, fotografías e ilustraciones deberán ser entregadas en procesador Excel.

Citación

Para la citación textual larga, de 40 palabras o más, es necesario separar el texto citado y disminuir el tamaño de la tipografía un punto. Del mismo modo, se deben aumentar los márgenes laterales 1 cm. y colocar inmediatamente después (autor, año), al que se cita.

Fecha

Se cita al final del trabajo, precedido del lugar donde se redactó el original.

Referencias bibliográficas

La exactitud de las referencias es responsabilidad de los autores. Se incorpora al final del artículo, numeradas, incluyendo en orden alfabético todas las obras citas en el texto y en los pies de página. El autor debe revisar cuidadosamente que no hay omisiones e inconsistencias entre las obras citadas y la bibliografía. La redacción se presenta de la siguiente manera:

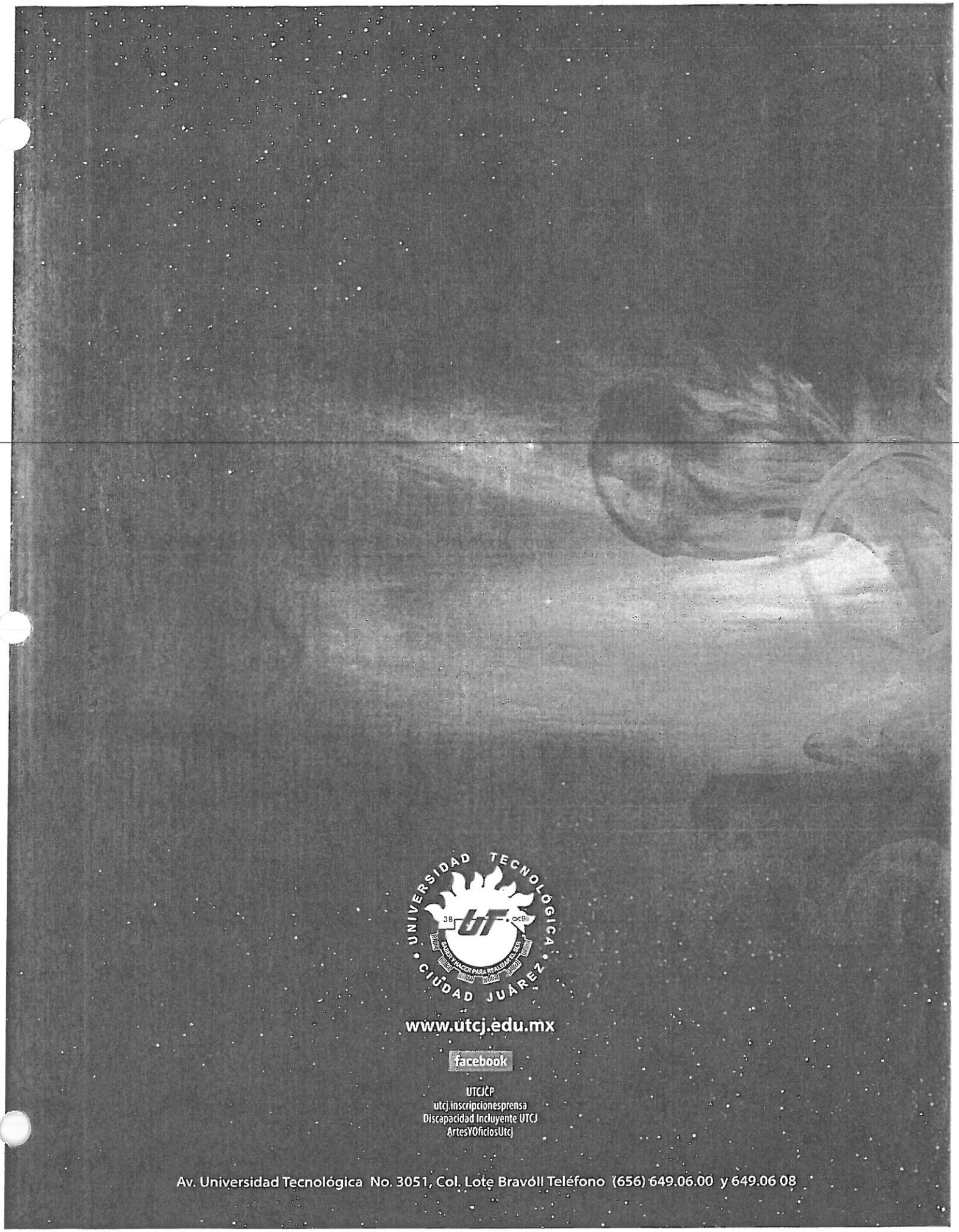
Nombre del autor y colaboradores (en su caso), comenzando con el apellido paterno, seguido de los nombres. Año de la publicación entre paréntesis. Título del libro en itálicas (cursivas). Edición (de la segunda en adelante). Casa editorial, ciudad de publicación, país y páginas totales.

Ejemplo de referencias:

Libro:
Wiener, Norbert, Cibernética: o el
control y la comunicación en animales
y máquinas, Barcelona, Tusquets, 2003.

Artículo de revista:
Ádem, José, 1991, ´Algunas consideraciones
de la prensa en México´, Avances y
Perspectiva, vol. 10, abril-junio pp. 168-170

Páginas web:
Ramírez, E., 2012, Economía futura en América Latina. Recuperado de http://www.economico-online.com.



www.utcj.edu.mx

facebook

UTCJCP
utcj.inscripcionesprensa
Discapacidad Incluyente UTCJ
ArtesYOficiosUtcj

Av. Universidad Tecnológica No. 3051, Col. Lote Bravo II Teléfono (656) 649.06.00 y 649.06 08