

SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN
SUPERIOR TECNOLÓGICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CD.
VICTORIA



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

SEP

TecnoINTELECTO

Órgano de Divulgación Científica

Una Publicación del Instituto Tecnológico de Cd. Victoria

Volumen 6

No. 2

Octubre 2009

ISSN 1665-983X

CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

- Dinámica poblacional de Chrysomelidae (Coleoptera) en un gradiente altitudinal en tres municipios del Estado de Hidalgo, México. *Martínez-Sánchez I., Niño-Maldonado S., Barrientos-Lozano L. y Horta-Vega J. V.*.....2
- Eficiencia de la polinización del mezquite (*Prosopis* sp.) en Jaumave, Tamaulipas, México. *Moreno-Durán M. y González-Gaona O. J.*.....5
- Estudio preliminar de la fauna Orthoptera Acridoidea en el Área Natural Protegida "Cerro Potosí", Galeana, Nuevo León, México. *Guevara-Alvarado G. I., Barrientos-Lozano L., Rocha-Sánchez A. Y., Méndez-Gómez B. R y Horta-Vega J. V.*12
-

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

- Evaluación del coeficiente de concordancia Kappa y el coeficiente de correlación Intraclass, en un sistema de medición definido por atributos, para la escala binaria. *Ramírez-Canseco I., González-Sepúlveda J. y Balderas-Puga D. A.*.....19
- La gestión de los productos fuera de uso. *Olvera-de Miguel A. y Méndez-Palacios J. J.*.....28
- La importancia de la implementación de cambios rápidos. *Espinoza-Huerta T. D. y Tercena-Sanz F.*.....39
- Medidor de presión calibrado por el principio de Torricelli; Equipo didáctico. *Aguirre-Cerrillo F. A., Pérez-Luque G., Sosa-Castro I. R., Valdéz-Almaral J. A., Valenzuela-Salazar R. y Valerio-Jiménez E. A.*.....43
- Tecnología del convertidor Boost Multinivel. *Rosas-Caro J.C., Salas-Cabrera R., García-Guendulain C. y Torres-Orozco C.*.....50
-

DIRECTORIO

Dr. Carlos Alfonso García Ibarra
Director General de Educación Superior Tecnológica

Ing. Francisco Ruvalcaba González
Director

Lic. José Ángel Nieto Meza
Subdirector de Servicios Administrativos

Ing. Gaspar Nolasco Antonio
Subdirector Académico

Ing. Eliud Báez Vázquez
Subdirector de Planeación y Vinculación

COMITÉ EDITORIAL

Instituto Tecnológico de Cd. Victoria
División de Estudios de Posgrado e Investigación

APOYO EN LA COORDINACIÓN EDITORIAL

Acosta Villarreal Guadalupe, Dr.
Almaguer Sierra Pedro, M.C.
Barrientos Lozano Ludivina, Ph. D.
Correa Sandoval Alfonso, Dr.
Horta Vega J. Víctor, Dr.

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Ph. D. Marco Antonio Arjona.
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de la Laguna. Torreón, Coah.

Ph. D. Alberto Álvarez Castillo.
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Zacatepec. Zacatepec, Mor.

Ph. D. Alejandro Enrique Dzul López.
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de la Laguna. Torreón, Coah.

Ph. D. Jesús de León Morales.
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, UANL. S.N. de los G., N.L.

Dr. Miguel Ángel Llama Leal.
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de la Laguna. Torreón, Coah.

M. C. Ricardo Daniel López García.
Departamento de Ingeniería Metal-Mecánica, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tam.

Dra. Araceli Maldonado Reyes.
Departamento de Ingeniería Metal-Mecánica, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tam.

CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Ph. D. Ludivina Barrientos Lozano.
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tam.

Dr. Alfonso Correa Sandoval.
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tam.

M.C. Jesús García Jiménez. División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tam.

Dr. Juan Flores Gracia. División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tam.

Dr. Gonzalo Guevara Guerrero.
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tam.

Dr. Jorge Víctor Horta Vega. División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tam.

Ph. D. Arnulfo Moreno Valdéz.
División de Estudios de Posgrados e Investigación, Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, Tam.

M.C. Luis Samaniego Moreno.
Departamento de Riego y Drenaje. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah.

M.C. Pedro Almaguer Sierra.

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tam.

M.C. Fidel Blanco Macías.

Universidad Autónoma de Chapingo. Centro Regional Universitario Centro-Norte. Zacatecas, Zac.

Ph. D. Humberto Rodríguez Fuentes.
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Agronomía de la UANL. Escobedo, N.L.

Ph. D. Juan Antonio Vidales Contreras.

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Agronomía de la UANL. Escobedo, N.L.

INVESTIGACIÓN EDUCATIVA Y PLANEACIÓN

M.C. Arturo Higinio Soto Márquez.
Departamento de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tam.

M.C. Olga Leticia Martínez Argáiz.
Departamento de Metal-Mecánica, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tam.

Dr. Oscar Saúl Escamilla Gallegos.
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tam.

TecnoINTELECTO (ISSN 1665-983X y reserva: 04-2004-072626452400-102) es un órgano de divulgación científica de forma semestral del Instituto Tecnológico de Cd. Victoria. Boulevard Emilio Portes Gil No. 1301, C. P. 87010, Cd. Victoria, Tamaulipas, México; Tels. (834) 3130662 al 64; Fax: (834) 3133646. La responsabilidad del contenido y la sintaxis de los artículos presentados son responsabilidad del autor (es). Editor Principal: División de Estudios de Posgrado e Investigación. Apoyo editorial-informático: Blanca Rosa Méndez Gómez & Aurora Yazmín Rocha Sánchez. Envío de documentos, consultas y sugerencias al correo electrónico: ludivinab@yahoo.com, ludibarrientos@prodigy.net.mx. Todos los derechos son reservados y propiedad del Instituto Tecnológico de Cd. Victoria del Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica. TecnoINTELECTO, Vol. 6 No. 2. Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

Consúltanos en el índice Latinoamericano www.latindex.org y en el índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias PERIÓDICA www.dqb.unam.mx/periodica.html



EDITORIAL

TecnoINTELECTO, una revista de divulgación científica resultado del esfuerzo de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria con el apoyo del Comité Editorial y la administración del plantel, se ha permitido con regularidad y con cierto equilibrio, en parte de los artículos publicados hasta el momento, un mayor énfasis en el carácter técnico-científico, sin descuidar el de la divulgación propiamente.

Es decir, ha logrado incidir no sólo en el aspecto de la difusión de la ciencia sino también en el de la expresión del conocimiento científico original o de nueva generación, lo que le ha permitido llegar a un mayor número de instituciones e investigadores.

Dada la antigüedad, extensión y áreas del conocimiento que se desarrollan en el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, es necesario que estos esfuerzos de mantener vigentes publicaciones periódicas continúen, y que además, se multipliquen.

En este número se agradece a autores del Instituto Tecnológico de Querétaro, Instituto Tecnológico de Culiacán, Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Universidad Politécnica de Altamira, el Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios 210 y el Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.

En la espera permanente de contribuciones, reiteramos que las normas editoriales para publicar en **TecnoINTELECTO** pueden consultarse al final de este número.

COMITÉ EDITORIAL
TecnoINTELECTO

DINÁMICA POBLACIONAL DE CHRYSOMELIDAE (COLEOPTERA) EN UN GRADIENTE ALTITUDINAL EN TRES MUNICIPIOS DEL ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO

I. Martínez-Sánchez¹, S. Niño-Maldonado², L. Barrientos-Lozano¹ y J. V. Horta-Vega¹

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Boulevard Emilio Portes Gil No.1301, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87010. Email: esclavoxti@hotmail.com, jhortavega@yahoo.com.mx;²Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias, Centro Universitario Victoria. C.P. 87149. Email: coliopteranino@hotmail.com, snino@uat.edu.mx

RESUMEN: En un estudio realizado de Agosto de 2006 a Julio 2007 en tres municipios del noreste del estado de Hidalgo, México, se registraron 4,483 ejemplares de Chrysomelidae en doce localidades, con un gradiente altitudinal de 300 a 1,400 msnm, utilizando la red de golpeo. Se reflejó poca variación en comparación a la altitud a excepción del sitio nueve (1,100 m) que presentó un pico de abundancia mayor de algún grupo en particular favorecido específicamente por los parámetros ambientales de este sitio, ya que presenta un ecotono entre selva mediana subperennifolia y bosque mesófilo. La temperatura en la región fue un factor determinante en la distribución de los crisomélidos considerando el total de localidades. El mes de mayo presentó la mayor abundancia de crisomélidos.

PALABRAS CLAVE: Chrysomelidae, Hidalgo, red de golpeo, temperatura.

ABSTRACT: Chrysomelid beetles were sampled in three localities in Northeastern Hidalgo, Mexico, using a beating net. A total of 4,483 specimens were recorded in an altitude range between 300 to 1,400 meters above sea level. There was found little variation among altitudes, with the exception of the ninth location, which presented a higher abundance peak than the other sites. Temperature was an important factor for distribution range of chrysomelids, considering all the localities. The highest abundance of chrysomelid beetles occurred in May.

KEY WORDS: Chrysomelid beetles, Hidalgo, beating net, temperature.

1. INTRODUCCIÓN

En los estudios faunísticos, sobretodo de invertebrados, uno de los primeros parámetros a determinar en los muestreos es la abundancia (Pérez-Urbina & Horta-Vega, 2007; Niño, 2000). En este trabajo se presenta un análisis de la abundancia de coleópteros y en específico de la familia Chrysomelidae en un gradiente altitudinal y utilizando red de golpeo. Esta técnica es aplicable en función de que los crisomélidos (tercer grupo más numeroso del orden Coleoptera) son principalmente fitófagos (Borror *et al.*, 1989) y forrajean sobre angiospermas herbáceas y arbustivas (Anaya *et al.*, 1987).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en 12 localidades de tres Municipios de la Región Serrana y Huasteca al Noreste del Estado de Hidalgo. En el Municipio de Huejutla de los Reyes se ubicó la localidad más baja (300 msnm) en una zona conocida como Tehuetlán (N21°03.312' y

W98°30.080'). En el Municipio de Huazalingo se ubicaron 10 localidades cada una a 100 m de altitud entre los 400 y 1,300 msnm. La localidad más alta (1,400 msnm) se situó en un lugar denominado Apantlazol (N 20°59.090' y W 098°35.102'), perteneciente al Municipio de Tlanchinol.

En cada sitio se seleccionó al azar 10 áreas herbáceo-arbustivas y muestreando en cada una en 20 ocasiones con la red entomológica de golpeo que medía en su abertura 40 cm de diámetro. Esta maniobra se repitió cada mes en las 12 localidades entre los meses de Agosto de 2006 a julio de 2007. Al final se obtuvieron 1,440 muestras (10X12X12) que se fueron manteniendo en alcohol hasta su montaje, etiquetado y determinación.

La temperatura a lo largo del año se estableció a través de una estación meteorológica cercana al área de estudio, pero además se realizaron, en ocho de los meses, mediciones de temperatura ambiente en cada localidad durante los muestreos.

3. RESULTADOS

En las 1,440 muestras se colectaron 10,254 ejemplares del orden Coleóptera, correspondiendo a 4,483 exclusivamente de la familia Chrysomelidae. De estos datos se obtiene en promedio una tasa de captura de 0.36 coleópteros en general por cada golpe de red y 0.16 ejemplares crisomélidos por cada golpe de red.

El número de ejemplares a lo largo del año se muestran en la Fig. 1. Puede observarse una variación estacional importante en las poblaciones de coleópteros no-crisomélidos con una mayor abundancia alrededor del mes de mayo; el número menor de individuos se encontró entre los meses de Octubre-Diciembre. La diferencia entre el valor más alto y más bajo fue de 8.99 veces. En el caso de los crisomélidos las variaciones estacionales no fueron tan marcadas, con un pico máximo en el mes de mayo y con una diferencia entre la actividad más alta y más baja de 3.42 veces (Fig. 1).

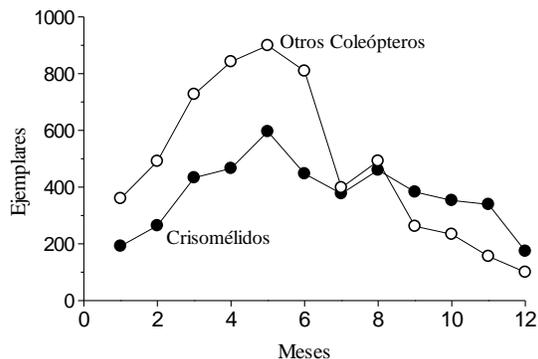


Fig. 1. Abundancia a lo largo del año.

El perfil de actividad de las poblaciones estudiadas en relación a la altitud se presenta en la Fig. 2. Los coleópteros no-crisomélidos mantienen una población estable entre los 300 y 1,000 msnm pero hay una variación importante entre los meses Octubre-Noviembre. En cuanto a los crisomélidos se observa una relativa estabilidad a lo largo del gradiente altitudinal con excepción de la localidad ubicada en los 1,100 msnm.

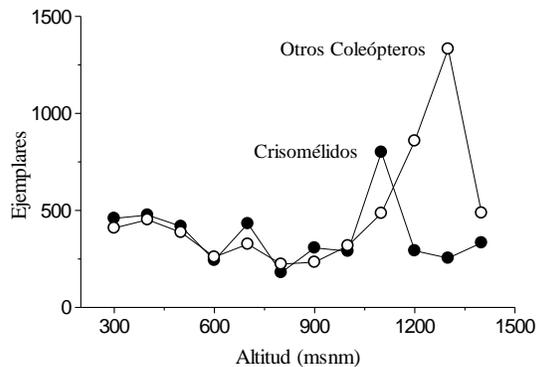


Fig. 2 Abundancia vs Altitud

El análisis de regresión lineal mostró que las poblaciones de crisomélidos, considerando todos los sitios en conjunto, pueden estar relacionadas aunque no marcadamente con la temperatura ambiente global de la región (Fig. 3). Esta relación no existe en el caso de coleópteros no-crisomélidos en donde se obtuvo una índice de correlación de 0.72.

Los registros de temperatura en cada localidad medidos en cuatro de los meses de muestreo no evidenciaron ninguna relación entre las poblaciones ni de crisomélidos ni los otros tipos de coleópteros.

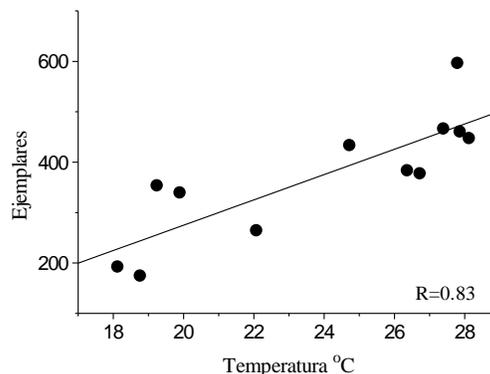


Fig. 3. Efecto de la temperatura.

4. DISCUSIÓN

El 44% de coleópteros colectados pertenecen a la familia Chrysomelidae lo cual indica que la técnica empleada y los sitios elegidos permitieron la localización de este grupo de insectos de acuerdo a sus hábitos principalmente de alimentación.

En un estudio metodológicamente similar se encontró una tasa de captura de 0.27 crisomélidos por golpe de red, es decir, una tasa de captura 1.7 veces mayor a la aquí encontrada. Esto puede deberse a diferencias en el grado de perturbación ya que en el trabajo de Santiago-Niño (2000) se realizó en localidades de un área protegida.

La gran actividad observada en los meses de Abril-Junio en crisomélidos y aún mayor en otros coleópteros se puede deber a la abundancia de alimento en esos meses debido a las condiciones favorables del clima.

La poca variación en función de la altitud en crisomélidos refleja que las diferentes condiciones, principalmente de temperatura y vegetación entre las localidades, no fueron determinantes en la actividad de estos insectos. El pico de actividad en otros coleópteros de las localidades más altas podría explicarse por un incremento en las poblaciones de algún grupo en particular favorecido específicamente por los parámetros ambientales en esos sitios.

La actividad de crisomélidos fue más dependiente de la temperatura en relación con lo otros tipos de coleópteros, lo cual podría deberse a los distintos tipos de conductas entre

los grupos de insectos en este orden (Borror *et.al.*, 1989).

5. LITERATURA CITADA

- Anaya, R. S., A. M. Equihua y E. B. Prado. 1987. Los Crisomelinos (Coleoptera: Chrysomelidae) del Valle de México. Centro de Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados. 84 pp.
- Borror, D. J., D. M. Triplehorn y N. F. Johnson. 1989. Study of Insects. (6th. Ed). Saunders College Publishing, U.S.A. 853 pp.
- Niño, M. S. 2000. Diversidad de Chrysomelidae (Coleoptera) en el Bosque Mesófilo de la Reserva "El Cielo", Gómez Farías, Tamaulipas. Tesis de Doctorado. Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias-Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. 189 pp.
- Pérez-Urbina, B. A., y J. V. Horta-Vega. 2007. Efecto de la Temperatura y Precipitación sobre el número de Himenópteros capturados con Trampa Malaise en una localidad del Cañón del Novillo, Cd Victoria, Tamaulipas, México. *TecnoINTELECTO* 4:25-27.

6. AGRADECIMIENTOS

A la Dirección General de Educación Superior Tecnológica por su apoyo a través de las Convocatorias de Redes y Cuerpos Académicos, así como por el Programa de

Becas de Posgrado. A la Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas por su apoyo en el trabajo de campo y las facilidades otorgadas para el uso de sus instalaciones.

EFICIENCIA DE LA POLINIZACIÓN DEL MEZQUITE (*Prosopis* sp.) EN JAUMAVE, TAMAULIPAS, MÉXICO

M. Moreno-Durán¹ y O. J. González-Gaona²

¹Becario de la Dirección General de Educación Tecnológica Industrial (DGETI). CBTIS 210. Méndez y Guadalupe Victoria, Col. Contadora. Jaumave, Tam. manuelmorenoduran@hotmail.com

²Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, Tamaulipas, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Boulevard Emilio Portes Gil 1301 Pte. CP 87010, A.P. 175 Ciudad, Victoria, Tamaulipas. othonjavier@hotmail.com

RESUMEN: En el género *Prosopis* se reporta la producción de un alto número de flores por inflorescencia con una baja producción de frutos, es decir una baja eficiencia en la polinización. Las causas se atribuyen a diversos factores, entre los que se cuentan: físicos, químicos, espaciales, fenología de la producción floral, compatibilidad entre órganos reproductivos, formas de desarrollo, densidades temporales y espaciales de las poblaciones, agentes polinizadores etc. El objetivo del trabajo fue determinar la ocurrencia efectiva de los agentes de polinización. Para lo cual se monto un experimento en tres localidades de Jaumave, Tam., en donde se compararon dos tratamientos: tratamiento (A) con inflorescencias expuestas a polinizadores y tratamiento (B) en donde las inflorescencias estuvieron protegidas. Tratamiento (A), en un total de 452 inflorescencias se encontró que 87 de éstas fueron polinizadas, lo cual representó el 19.27 %; se llegaron a formar 140 frutos, obteniéndose un promedio de frutos por inflorescencia polinizada de 1.609. Considerando el total de las inflorescencias y el total de frutos formados, la eficiencia de polinización, para este caso, fue de 0.30. Tratamiento (B) se contaron 270 inflorescencias, de éstas 9 fueron polinizadas, lo cual en promedio representó el 3.33%. De éstas se llegaron a formar 11 frutos, obteniéndose un promedio de frutos por inflorescencia polinizada de 1.2. Tomando en cuenta los totales de inflorescencias y de frutos formados, la eficiencia en la polinización fue de 0.04. Para encontrar la relación entre la longitud de la inflorescencia (LI) y el número de flores (NFI), se recolectó un total de 540, arrojando como resultado que la LI varió entre 3.53 cm a 6.91 cm, y el NFI de 115.6 a 234.7 en promedio. La ecuación de regresión que se forma al interactuar estos valores es: $25.80x + 29.21$ con un $r = 0.85$. Estos resultados sugieren que en los mezquites del área de estudio la polinización se realiza principalmente por los insectos, y se observa una pobre eficiencia en este proceso por la poca formación de frutos. Ello sugiere estudios encaminados a encontrar las causas reales.

PALABRAS CLAVE: *Prosopis*, Inflorescencia, fruto (vaina), Polinización, Protoginia, Entomófila, Anemófila.

ABSTRACT: We report production of a high number of flowers with low fruit production in the genus *Prosopis*, ie low efficiency in pollination. Causes are attributed to several factors such as physical, chemical, spatial, phenology of flower production, compatibility between the reproductive organs, forms of development, temporal and spatial population density and pollinators. This work aimed to determine the effective occurrence of pollinators. An experiment was set up in three localities at Jaumave, Tam., where two treatments were compared: Treatment (A) with inflorescences exposed to pollinators, and treatment (B) where inflorescences were protected. Treatment (A), out of 452 inflorescences 87 were pollinated which represented 19.27%; a total of 140 fruits were formed with an average of 1.609 fruits per inflorescence pollinated. Taking into account the total number of inflorescences and the total fruits formed, pollination efficiency was 0.30. Treatment (B), out of 270 inflorescences 9 were pollinated this represents an average of 3.33%; 11 fruits were formed yielding an average of fruits per inflorescence pollinated of 1.2. Taking into account the total number of inflorescences and fruits formed, pollination efficiency was 0.04. To find the relationship between the length of the inflorescence (LI) and the number of flowers (NFI), we collected a total of 540, LI ranged from 3.53 to 6.91 cm and NFI from 115.6 to 234.7. The

regression equation when this values interacted was $25.80x + 29.21$, with $r = 0.85$. These results suggest that *Prosopis* at the study area is mainly pollinated by insects, and there is a poor efficiency in pollination resulting in lack of fruit formation. Further studies are necessary.

KEY WORDS: *Prosopis*, inflorescence, fruit (pod), Pollination, Protogyny, Insect, Anemophilous.

1. INTRODUCCIÓN

El mezquite es una leguminosa arbustiva de las más abundantes de México. Ocupa todo tipo de terrenos considerándose como indicador de las corrientes de agua, sus flores están agrupadas en racimos de varios centímetros de longitud entrando en floración en los meses de marzo y abril, su fruto (vainas) es un insuperable recurso forrajero toda vez que el fruto maduro y la semilla contienen el 13.35% y 39.34% de proteína con una producción anual de 3000 a 10000 kg/ha. (Flores, 1983; Sáenz *et al.*, 2004).

Varias especies de *Prosopis*, han sido estudiadas con fines de explotación, especialmente en lugares áridos y semiáridos (Alves, 1972). Se ha encontrado que la producción de frutos de muchas de las especies es relativamente baja en comparación con la cantidad de inflorescencias y el alto número de florecillas que éstas tienen; las causas se atribuyen a factores intrínsecos como del ambiente. Sin embargo no se ha podido dar una causa clara de la eficiencia en la polinización (Solbrig y Cantino, 1975; Habit, 1981). INIFAP (2007) reporta que en comunidades de mezquites de Baja California, la producción de vainas es muy baja, en comparación con la cantidad de flores, no se mencionan las causas de ello. Al respecto en el Brasil, (Ribeiro y Eleoteórico, 1986) encontraron una variación de 269 a 456 flores por inflorescencia, con una longitud que varió de 7.09 cm a 14.8 cm; además determinaron una eficiencia de polinización del 1.48% en cuanto al número de flores y cantidad de frutos producidos por inflorescencias libres al ambiente; por otra parte encontraron un 0% de eficiencia cuando aislaron las inflorescencias, para estos autores, los factores que pueden afectar la producción de fruto (vaina) son: falta de sincronización entre el momento en que se suelta el polen y el periodo de recepción del mismo por el estigma, ausencia de insectos polinizadores, la influencia

ambiental, factores genéticos, daños causados por los insectos a las flores, la protoginia (Hermafroditismo), la compatibilidad de sistemas reproductivos, formas de desarrollo y las densidades temporal y espacial de las poblaciones, restricción física en el tamaño del ovario o del tubo polínico, siendo fertilizadas únicamente las flores con un tamaño mayor a un cierto mínimo. (Haber y Frankie, 1982; Habit, 1981; Solbrig y Cantino, 1975; Bawa y Web 1983 citados por Ribeiro y Eleoteórico, 1986).

La especie *Prosopis leavigeata* se halla principalmente en los altiplanos centrales del norte de México y las tierras bajas de Tamaulipas meridional depresiones y a lo largo de llanos inundados. La especie *Prosopis glandulosa* se distribuye ampliamente en México, crece bien a lo largo de los drenajes en zonas donde la lluvia es inferior (Rzedowski, 1986). Crece sobre una variedad de sitios, sobre laderas de colina, a los 150 mm y persiste sobre las tierras altas, sobre áreas neutras y alcalinas donde la lluvia supera los 750 mm. (<http://www.fao.org/DOCREP/006/Q280S/Q2580S07.htm>). En la zona centro de Tamaulipas existen dos especies de mezquite *Prosopis leavigeata* y *P. glandulosa* esta última encontrada en las estaciones de estudio del presente estudio (INEGI, 2006).

El municipio de Jaumave, Tamaulipas, se ubica geográficamente en la línea del Trópico de Cáncer, presenta climas templados húmedos que favorece la vegetación xerófila como es el caso de los mezquites que son predominantes en este municipio (Rzedowski, 1986; www.jaumave.gob.mx).

El objetivo de la presente investigación fue determinar la ocurrencia efectiva de la polinización entomófila y anemófila en árboles de aproximadamente 30 años de edad de *Prosopis* sp. en el Municipio de Jaumave, Tamaulipas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el presente estudio se seleccionó una población de mezquite, *Prosopis* sp. repartida en tres estaciones experimentales, identificadas como: “El Coyote”, “El Chihue” y “El Guayalejo”, de las comunidades Conrado Castillo, Rancho Nuevo y San Lorenzo, en el Municipio de Jaumave, Tamaulipas. En cada estación se escogieron al azar 9 árboles, en cada uno de éstos se eligieron 3 ramas, en cuyos extremos se marcaron los últimos 35 cm, que es donde se concentran las inflorescencias. A esta área se le consideró como unidad experimental, para el tratamiento (A) el que consistió en dejar a las inflorescencias identificadas, expuestas al ambiente en donde se esperaba que llegaran los posibles polinizadores. De igual forma, en otras 3 ramas por cada árbol, las inflorescencias presentes en los 35 cm de su extremo se destinaron para el tratamiento (B) en donde las inflorescencias presentes se aislaron para evitar fueran polinizadas por insectos, protegiéndolas con sacos de tela malla transparente, internamente se reforzaron con una estructura de alambre para evitar que el saco dañara a las inflorescencias y evitar el contacto con insectos.

Las inflorescencias libres y aisladas se observaron desde su inicio, maduración de las flores, formación de frutos y la maduración de éstos. Registrándose los siguientes datos: número de inflorescencias por rama, estado de desarrollo y madurez, mortalidad y al final se tomó el dato de la cantidad de frutos formados por inflorescencia. Estas observaciones se realizaron semanalmente, a partir del 20 de marzo hasta el 20 de junio de 2009. Para determinar la longitud de la inflorescencia y el número de flores en éstas, se seleccionaron al azar 20 inflorescencias por árbol, lo cual dio un total de 180 inflorescencias por estación experimental (540 en total); este material se depositó por separado en bolsas de plástico y se colocaron en una hielera para ser transportadas al laboratorio, en donde se hizo la medición y conteo respectivo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Eficiencia de polinización y producción de frutos

Al inicio del experimento, se contaron un total de 452 inflorescencias que estuvieron expuestas a agentes polinizadores (tratamiento A). El promedio de flores por inflorescencia varió de una estación experimental a otra, siendo éstas: 187.03 para “El Coyote”; 155.72 en “El Chihue” y 142.75 en “El Guayalejo” con estos promedios y con el número de inflorescencia que fueron polinizadas y frutos formados se hicieron los cálculos que se muestran en el Cuadro 1. En estos resultados se puede destacar que del total de las inflorescencias 87 fueron polinizadas (19.24%), en éstas se formaron 140 frutos. Las inflorescencias polinizadas dan en promedio 1.609 frutos, y del total de flores con respecto al total de frutos formados, se determinó que la eficiencia en la polinización para cada estación fue de 0.295, 0.28 y 0.34, lo cual en promedio es de 0.3. (Cuadro 1).

En el tratamiento (B), en donde las inflorescencias se protegieron de los agentes polinizadores, se contaron 270 inflorescencias, de las cuales solo en 9 (3.33%), en éstas se formaron 11 frutos. Las inflorescencias polinizadas dan en promedio 1.22 frutos; con el total de flores y los frutos formados, se determinó una eficiencia en la polinización de: 0.03, 0.03 y 0.05 en cada una de las estaciones experimentales (Cuadro 1).

Es grande la diferencias entre ambos tratamientos, lo cual denota por una parte, que las flores expuestas fueron polinizadas por insectos como se pudo observar durante el experimento, y de acuerdo a lo que señalan diversos autores a cerca de la ausencia de la polinización anemófila en varias especies de *Prosopis* y resaltando a los insectos como los polinizadores en los mezquites (Chiappa *et al.*, 1997).

Se puede notar una baja eficiencia en la polinización, aun en las inflorescencias expuestas, lo cual quiere decir que la población en estudio presenta los mismos síntomas que se reportan para otras latitudes, en donde también existe una gran cantidad de flores con poca producción de vainas. En Brasil Ribeiro y Eleoteórico (1986) reportan para *Prosopis gulfiflora* esta misma tendencia. En estudios realizados en otras latitudes con otras especies del genero *Prosopis*, se ha encontrado una

baja producción de frutos no obstante una gran cantidad de flores por inflorescencia (Solbrig y Cantino, 1975), las causas se atribuyen entre otros factores: al patrón fenológico de la producción sexual, compatibilidad de los sistemas reproductivos, formas de desarrollo, densidades temporales y espaciales de las poblaciones, protógina y presencia de agentes polinizadores (Habit, 1981; Haber y Frankie, 1982). En otros casos se habla de factores físicos, químicas o espaciales. Los trabajos de Bawa y Web (1983) concluyen que en el género *Prosopis*, existe una restricción física, es decir, el tamaño del ovario o tubo polínico varía de flor a flor, siendo fertilizadas únicamente las flores con un tamaño mayor a un cierto mínimo. De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo, se observa el mismo fenómeno que el registrado por otros autores, para lo cual se sugiere un estudio más minucioso

Número de flores y longitud de inflorescencia

La longitud de las inflorescencias (LI), varió en promedio de entre 3.53 cm a 6.91 cm; mientras que el promedio de flores por inflorescencia fue de 115.6 a 234.7. El coeficiente de variación para LI, es el mismo para las tres estaciones de estudio (0.18). El número de flores por inflorescencias (NFI) varió entre 115.6 a 234.7 (Cuadro 1). La regresión lineal que se realizó con ambos conjuntos de datos, arrojaron la siguiente ecuación: $25.80x + 29.21$ IL, con un coeficiente de correlación $r = 0.85$, lo cual hace posible estimar el número de flores por inflorescencia (NFI) de acuerdo a la longitud de la inflorescencia (IL). La Figura 1 muestra la distribución de la información observada y la línea resultante de la ecuación de regresión.

Cuadro 1. Porcentaje de inflorescencias y flores polinizadas de las estaciones experimentales tomando como base 540 inflorescencias

Concepto	Unidades experimentales							
	El Coyote		El Chihue		El Guayalejo		Totales	
	expuestas	aisladas	expuestas	aisladas	expuestas	aisladas	expuestas	aisladas
Inflorescencias al inicio del experimento	142	92	150	106	160	72	452	270

Estos resultados coinciden con los reportados por otros autores; Solbrig y Cantino (1975), estudiando las especies de *P. flexulosa* y *P. chilensis*, encontraron que las inflorescencias contenían entre 220 a 240 flores. Para otros autores, en *Prosopis* sp., ocurre la tendencia a producir un alto número de flores por inflorescencia, supuestamente, como una estrategia para atraer insectos polinizadores; mas sin embargo, en todos los casos que se reportan, se observa una baja producción de frutos, es decir una baja eficiencia en la polinización. Las causas no son claras aún.

4. CONCLUSIONES

- 1.- La longitud promedio de las inflorescencias de *Prosopis* sp., fue de 5.10 cm.
- 2.- El número promedio de flores fue de 161.8 por inflorescencia.
- 3.- La eficiencia de polinización, basados en los números de inflorescencia por árbol fue de 19.2% para el tratamiento (A) y de 3.33 % para el tratamiento (B), en tanto que en relación al alto número de flores, la eficiencia bajó a un moderado 0.30% para el tratamiento (A) y de 0.04% para el tratamiento (B).
- 4.- Existe una variación fenotípica alta entre los árboles con respecto a la eficiencia de polinización.
- 5.- Se necesitan más estudios a profundidad de biología floral, para identificar los factores responsables de la baja eficiencia de polinización de *Prosopis* sp., en las poblaciones del Noreste del país.

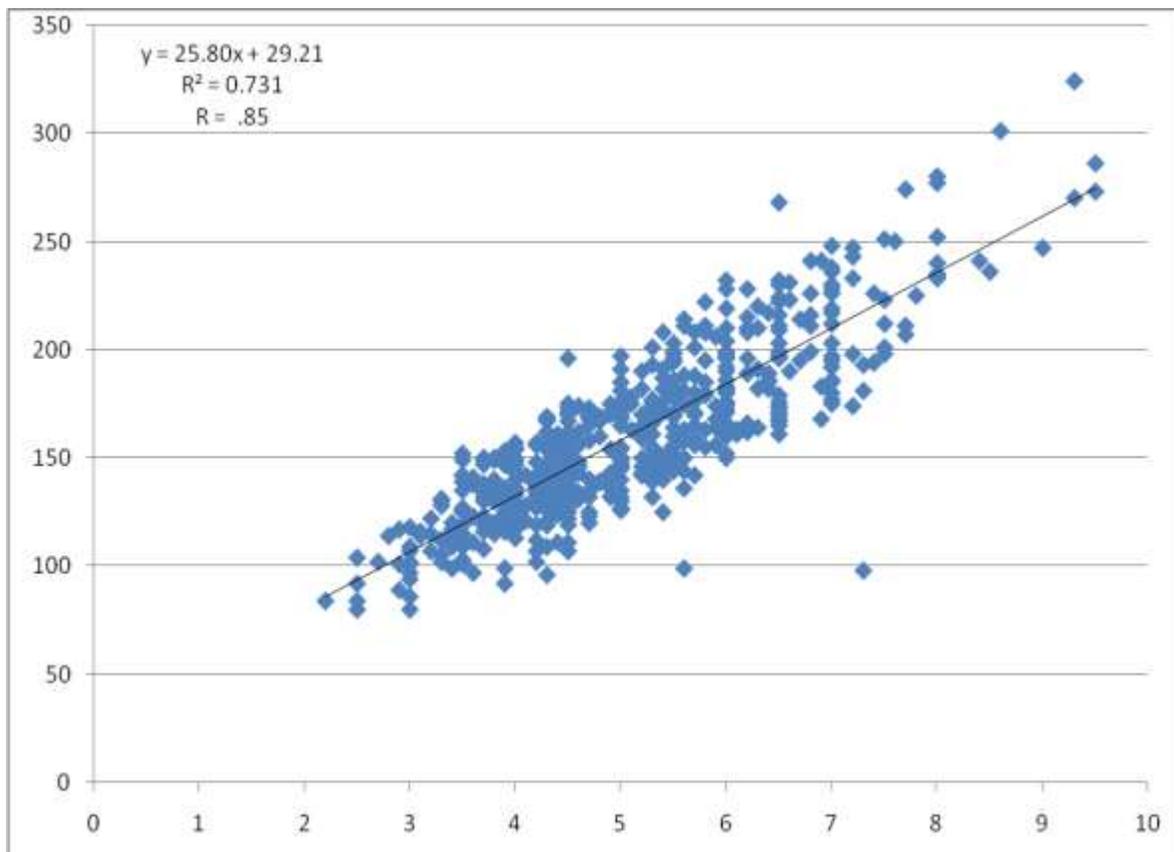
Inflorescencias al término del experimento	23	3	26	4	38	2	87	9
Número total de frutos	42	3	43	4	55	4	140	11
Prom. de frutos / inflorescencia (totales)	0.29	0.03	0.28	0.03	0.34	0.05	0.3	0.04
Promedio de frutos / inflorescencia	1.82	1	1.65	1	1.44	2	1.609	1.22
Promedio de flores / inflorescencia	187.03	187.03	155.72	155.72	142.75	142.75	161.8	161.8
Porcentaje de inflorescencias polinizadas	16.19	3.26	17.33	6.4	23.75	2.77	19.2	3.33

Cuadro 2. Longitud promedio de la Inflorescencia (LI), número promedio de flores por Inflorescencia (NIF) con desviación estándar (σ) y coeficientes de variación (c.v.)

ESTACIÓN EL COYOTE							
Árbol	LI			NIF			
n	x	Σ	cv	x	σ	cv	
1	6.91	1.18	0.17	232.40	32.19	0.14	
2	6.07	0.81	0.14	169.05	22.24	0.13	
3	4.53	0.83	0.18	136.10	22.51	0.16	
4	5.17	0.53	0.10	186.85	22.26	0.11	
5	6.39	1.31	0.20	234.70	38.91	0.16	
6	6.13	1.47	0.23	191.55	44.20	0.23	
7	5.40	1.02	0.18	183.40	34.72	0.18	
8	5.64	1.15	0.20	156.35	26.84	0.17	
9	6.56	1.28	0.19	192.95	34.60	0.17	
Promedio	5.87	1.06	0.18	187.04	30.94	0.16	
ESTACIÓN EL CHIHUE							
1	4.99	0.90	0.18	162.80	17.06	0.10	
2	4.05	0.77	0.19	135.60	27.00	0.20	
3	4.88	0.98	0.20	163.75	25.31	0.15	
4	4.75	1.07	0.22	165.90	31.46	0.18	
5	4.73	1.11	0.23	152.15	33.93	0.02	

6	5.56	1.11	0.03	154.85	21.95	0.14
7	5.31	1.03	0.19	148.40	36.62	0.24
8	4.57	0.85	0.18	165.90	16.99	0.10
9	3.55	0.67	0.18	152.15	33.93	0.22
Promedio	4.71	0.94	0.18	155.72	27.14	0.15
ESTACIÓN EL GUAYALEJO						
1	4.54	0.90	0.19	136.90	22.42	0.16
2	4.70	0.78	0.16	148.50	23.63	0.17
3	3.53	0.55	0.15	115.60	14.80	0.12
4	4.37	0.75	0.17	147.45	22.99	0.15
5	4.73	0.73	0.15	134.35	24.70	0.18
6	5.10	1.04	0.21	158.80	38.07	0.23
7	4.85	1.04	0.21	152.90	38.90	0.25
8	5.94	1.32	0.22	152.30	31.96	0.20
9	4.83	0.94	0.19	137.95	21.12	0.15
Promedio	4.73	0.89	0.18	142.75	26.51	0.18

Figura 1. Regresión lineal del total de inflorescencias de las unidades experimentales distribuyendo el número de flores/inflorescencia según la longitud de las inflorescencias.



5. LITERATURA CITADA

- Alves, A. Q. 1972. "Algarroba, una experiencia válida". João Pessoa-PUB, Secretaria de Agricultura, Indústria y Comercio, Departamento da Produjo. 20 pp.
- Bawa, I. C. T. S. y C. A. J. Web. 1983. Floral variation and sexual differentiation in *Turingia calavera* (Elaeocarpaceae), a species with hermaphrodite flowers. *Evolución*, 37:1271-82.
- Chiappa, E., R. Villaseñor, H. Toro y R. Covarrubias. 1997. Táctica reproductiva de *Prosopis* (Mimosae) y asociaciones ecológicas de sus polinizadores, en el desierto del norte de Chile. *Revista Multiquenia*.
- Flores, M. J. A. 1983. *Bromatología Animal*. 3ª Edición. Limusa, México.
- Haber, E. A., y G. W. Frankie. 1982. Pollination of *Luehea* (Tiliaceae) in Costa Rica. *Ecology*, 63:1740-50.
- Habit, M. A. 1981. *Prosopis tamarugo* arbusto fourragens pour zones areides. Pp 9-20. In: Programme régional pour la production d aliments de base. Número 006-1997, Instituto Argentino de Investigación de las Zonas Aridas, Mendoza, Argentina. Bureau Regional pour l'Amérique Latine, FAO/DANIDA, Rome.
- INEGI 2006. Carta uso del suelo y vegetación. F14 Escala 1: 250 000 de Ciudad Victoria, Tamaulipas México.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2007. Recomendaciones para establecer áreas sencilleras de mezquite en Baja California Sur, centro de investigación regional noroeste.
- Ribeiro de O. V. y P. I. Eleoteorico. 1986. Pollination efficiency of *P. juliflora* (Saw) DC in Petronila, Pernambuco. The Current State of Knowledge on *Prosopis juliflora*. II International Conference on *Prosopis*. Recife, Brazil, 25-29 August, 1986. FAO. P.p. 233-234.
- Rzedowski, J. R. 1986. La vegetación de México. 3ª Edición. Editorial Limusa, México., pp. 33-152.
- Sáenz, V. A., M. A. Solarte, y N. D. Abel. 2004. Evaluación de un medio de cultivo a partir del fruto de *Prosopis juliflora*. *Revista Universitaria EAFI*, 40:1-10.
- Solbrig, O. y P. D Cantino. 1975. "Reproductive adaptations in *Prosopis* (Leguminosae, Mimosoideae). *Journal of the Arnold Arboretum*, 56:185-209.
- <http://www.jaumave.gob.mx>
- <http://www.fao.org/DOCREP/006/Q2580S/Q2580S07.htm>

ESTUDIO PRELIMINAR DE LA FAUNA ORTHOPTERA ACRIDOIDEA EN EL ÁREA NATURAL PROTEGIDA "CERRO POTOSÍ", GALEANA, NUEVO LEÓN, MÉXICO

G. I. Guevara-Alvarado, L. Barrientos-Lozano, A. Y. Rocha-Sánchez, B. R. Méndez-Gómez y J. V. Horta-Vega.

Instituto Tecnológico de Cd. Victoria. Blvd. Emilio Portes Gil No. 1301, C.P. 87010. Cd. Victoria, Tam. México. pacharca@hotmail.com; ludivinab@yahoo.com

RESUMEN. En el presente trabajo se reportan resultados preliminares sobre la diversidad de fauna Orthoptera Acridoidea en el Área Natural Protegida "Cerro Potosí", Nuevo León, México. Reportamos 22 especies las cuales representan cuatro Subfamilias. *Pedies cerropotosi* y *Trimerotropis pallidipennis* fueron las especies más abundantes, representando el 48% y el 7%, respectivamente, del total de individuos recolectados.

PALABRAS CLAVE: Orthoptera, Diversidad, Cerro Potosí, Nuevo León, México.

ABSTRACT. This paper presents preliminary results on diversity of the Orthoptera Acridoidea at the Natural Protected Area "Cerro Potosí", Nuevo León, Mexico. Twenty two species are reported which represent four subfamilies. *Pedies cerropotosi* and *Trimerotropis pallidipennis* were the most abundant species, representing 48% and 7%, respectively, of all individuals collected.

KEY WORDS. Orthoptera, Diversity, Cerro Potosí, Nuevo León, México.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente no hay duda de la importancia que tienen el conocimiento y la conservación de las comunidades naturales, principalmente de aquellas áreas que aun poseen la mayoría de sus características originales. En nuestro país es posible encontrar una amplia diversidad biológica, sin embargo, muchas comunidades han desaparecido con la consecuente pérdida de especies nativas y aun no se conoce los suficientes estudios para determinar esta pérdida por la alteración y destrucción. Para el caso de México, se tiene que se han extinguido 15 especies de plantas y 32 de vertebrados. Por lo anterior, en el país se ha registrado el 5.2% de las extinciones del mundo de los últimos 400 años. No hay que perder de vista que a este porcentaje se le deberá agregar la extinción poco documentada de más de 300 especies de invertebrados (CONABIO, 1998).

El estudio de los ortópteros en particular, tiene una gran relevancia ya que se les considera de importancia económica, debido a que una gran variedad de especies se convierten en plagas agrícolas y forestales y algunas otras como fuente de alimento. En México entre las revisiones más recientes se tiene la de Barrientos-Lozano (2004), quién indica que en

México se conocen 920 especies del orden Orthoptera, a diferencia de Fontana *et al.* (2008) que reporta 651 especies.

Otros trabajos importantes son el de Otte (1981, 1984) en los que señala la descripción y distribución de chapulines en Estados Unidos y México. Barrientos-Lozano *et al.* (2008) en un listado sobre ortopteroides de la Reserva de la Biósfera El Cielo, reportaron 69 especies de ortopteroides de las cuales el orden Orthoptera presentó la mayor diversidad con 59 especies, de las cuales 40 corresponden al Suborden Caelifera y 19 a Ensifera, en la misma área en un listado previo Zárate & Barrientos (2005) reportaron 28 especies de ortópteros. Entre otros trabajos realizados en el noreste de México tenemos el de Torres & Barrientos (2006) en el cual reportaron 68 y 11 especies para las familias Acrididae y Tettigoniidae, respectivamente en el Área Natural Protegida Altas Cumbres y el de Guerrero & Barrientos (2005) realizado en la Sierra Madre Oriental comprendiendo los estados de Nuevo León, Tamaulipas y Coahuila obteniendo un total de 37 especies en las colectas realizadas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El Área Natural Protegida “Cerro Potosí” se ubica en la Sierra Madre Oriental, alcanza una altitud 3,670 metros, representando así la cima de mayor altitud en el norte de México (García & González, 1991). Cuenta con una superficie total de 989.38 hectáreas. Su aislamiento geográfico y divergencias en el sustrato geológico, con respecto a otras montañas similares, determinan la existencia de un alto porcentaje de componentes florísticos, catalogados como especies raras, endémicas y/o en peligro de extinción (Rzedowski, 1978).

Esta región está sometida, en diversa medida, a impactos por la presencia de las actividades humanas, por lo que es necesario contar con información referente al estado actual de su diversidad. El sitio presenta una vegetación distintiva y rara, como lo es la pradera alpina, que pertenece a regiones de climas fríos, con elementos de flora que son endémicos a la cima del Cerro. También presenta matorral de coníferas con pinos enanos (*Pinus culminicola*) y bosque de coníferas con oyamel (*Abies vejari*), pino (*Pinus pseudostrobus*, *Pinus ayacahuite*, *Pinus hartwegii*, *Pseudotsuga flahaulti*, *Pseudotsuga macrolepis*) y enebro (*Juniperus monticola*), todas ellas requiriendo labores inmediatas de restauración y conservación (INE, 2000).

2.1. Colecta, preparación y determinación de insectos

Para la colecta de los ortópteros se muestreó en áreas de 50x50 metros por espacio de 2 horas como mínimo, estos sitios de muestreo se ubicaron a diferente nivel altitudinal, la técnica de colecta fue en forma manual, por medio de red entomológica (Borrór *et al.*, 2001). Los muestreos se realizaron durante ocho meses por espacio de dos a tres días. Los chapulines recolectados fueron sacrificados en frascos letales, después se colocaron en camas de algodón y en bolsas de papel encerado para su posterior evisceración (Rosas-Costa, 1966) y montaje en el laboratorio. Parte del material se preservó en alcohol etílico, por si se requiere algún estudio

molecular posterior (Barrientos *et al.*, 1992). Conjuntamente se tomaron datos del área de colecta como coordenadas, altitud, datos ecológicos, etc. Para la toma de dichos datos se usó un GPS marca Magellan explorist 100. Para la identificación y ubicación taxonómica de las especies se consultaron diversas fuentes de información, claves taxonómicas, etc. (Otte, 1981, 1984; Fontana & Buzzetti 2007, Colección de Orthoptera en el Instituto Tecnológico de Cd. Victoria-ITCV, OSF2 online). Las especies determinadas se etiquetaron y se depositaron en la colección entomológica del ITCV. Además se estimó la diversidad de los ortópteros usando el Índice de Simpson (D). Este índice describe la probabilidad de que un segundo individuo recolectado en un área de muestreo determinada pertenezca a la misma especie que el primero. El Índice de Biodiversidad de Simpson (1-D) describe la probabilidad de recolectar un individuo de diferente especie en un área de muestreo determinada; estos valores se estimaron siguiendo la metodología de Southwood (2000).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se recolectaron 485 individuos pertenecientes a dos familias, cinco subfamilias, 18 géneros y 22 especies de la superfamilia Acridoidea. En la subfamilia Melanoplinae se registró el mayor número de géneros y especies con ocho y diez respectivamente. Oedipodinae presentó cinco géneros y seis especies, Gomphocerinae tres géneros y cuatro especies, Cyrtacanthacridinae un solo género y una especie al igual que la subfamilia Romaleinae (Fig. 1).

La especie con mayor número de individuos fue *Pedies cerropotosi* con casi el 48% de los ejemplares recolectados, existiendo una gran diferencia con respecto a las demás especies, *Trimerotropis pallidipennis* representó el 7% y *Eritettix simplex* el 5%, aproximadamente. Las especies menos representadas en las colectas realizadas son *Trachyrhachys kiowa* y *Brachystola magna* con tres y dos ejemplares solamente (Fig. 2).

El Índice de Simpson (D) fue de 0.24 indicando que la probabilidad recolectar un segundo individuo de la misma especie en un cuadrante de muestreo seleccionado al azar, es de 24%. Mientras que el Índice de Biodiversidad de

Simpson (1-D) fue de 0.75, por lo que la probabilidad de recolectar un individuo (Orthoptera: Acridoidea) de diferente especie en un cuadrante de muestreo en el área de estudio es de 75%.

Cuadro 1. Listado de especies Orthoptera: Acridoidea, abundancia e Índice de Biodiversidad de Simpson.

Especies	Valores absolutos (n)	n x (n-1)
<i>Arphia pseudonietana</i> Thomas, 1870	16	240
<i>Arphia simplex</i> Scudder, 1875	9	72
<i>Brachystola magna</i> (Girard, 1853)	2	2
<i>Campylacantha olivacea similis</i> Scudder, 1897	7	42
<i>Dactylotum bicolor bicolor</i> Charpentier, 1843	7	42
<i>Eritettix simplex</i> Scudder, 1869	22	462
<i>Hesperotettix viridis viridis</i> Thomas, 1872	21	420
<i>Lepus wheelerii</i> Thomas, 1875	8	56
<i>Melanoplus gladstoni</i> Scudder, 1897	31	930
<i>Melanoplus lakinus</i> Scudder, 1878	7	42
<i>Melanoplus reflexus</i> Scudder, 1897	10	90
<i>Pedies cerropotosi</i> Fontana & Buzzetti, 2008	232	53592
<i>Phaedrotettix valgus</i> Scudder, 1897	12	132
<i>Phaulotettix compressus</i> Scudder, 1897	13	156
<i>Phlibostroma quadrimaculatum</i> Thomas, 1871	4	12
<i>Phoetaliotes nebrascensis</i> Thomas, 1872	18	306
<i>Schistocerca nitens</i> Thunberg, 1815	9	72
<i>Syrbula admirabilis</i> Uhler, 1864	4	12
<i>Syrbula montezuma</i> Saussure, 1861	8	56
<i>Trachyrhachys kiowa</i> Thomas, 1872	3	6
<i>Trimerotropis pallidipennis</i> Burmeister, 1838	34	1122
<i>Xanthippus corallipes</i> Haldeman, 1852	8	56
Riqueza S =22	Total= 485	Total= 57920

Índice de Simpson D=0.24

Índice de Biodiversidad de Simpson (1-D)= 0.75

Se enlistan además las especies de ortópteros determinadas en este trabajo incluyendo la localidad, altitud en metros sobre el nivel del mar y fecha de recolecta (Cuadro 2).

El presente estudio preliminar contribuye al conocimiento de la entomofauna (Orthoptera: Acridoidea) de Nuevo León, México. Se generó información sobre la abundancia y diversidad de las especies presentes en el Área Natural Protegida "Cerro Potosí", siendo

la subfamilia Melanoplinae la que presentó la mayor abundancia, diversidad y distribución más amplia, ya que se recolectaron especies en todos los niveles altitudinales en los que se muestreó.

4. AGRADECIMIENTOS

A la Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST), al Programa de Mejora del Profesorado (PROMEP) y a la Asociación Nacional de Universidades e

Instituciones de Educación Superior (ANUIES) por el financiamiento de este trabajo, a través de Cuerpos Académicos y proyecto de Redes Temáticas 2009-2010. A los técnicos de la SCT por brindar alojamiento, a Tania L. Aguilar Guajardo y Milton Hernández Moya por su apoyo en la recolecta de material.

5. LITERATURA CITADA

- Barrientos-Lozano L., O. Astacio-Cabrera., O. Poot-Martínez y F. J. Álvarez-Bonilla. 1992. Manual Técnico sobre la Langosta Voladora (*Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker, 1870) y otros Acridoideos de Centroamérica y Sureste de México. F.A.O./ O. I. R. S. A. San Salvador, El Salvador. 162 pp.
- Barrientos-Lozano L. 2004. Orthoptera. En: Llorente Bousquets J. E., J. J. Morrone, O. Yáñez Ordóñez & I. Vargas Fernandez (Eds). Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento. Volumen IV. Facultad de Ciencias, UNAM-CONABIO y BAYER. México. 790 pp.
- Barrientos-Lozano L., J. F. Zárate-Torres, A. Correa-Sandoval. 2008. Orthopteroides de la Reserva de la Biosfera el Cielo, Sur de Tamaulipas, México. In: Estrada-Venegas E. G., A. Equihua-Martínez, J. R. Padilla-Ramírez. (Eds). Entomología Mexicana 7:1034-1039.
- Borror, D.J., C.A. Triplehorn, N. F. Johnson. 2001. Insects. Houghton Mifflin Company. Boston New York. E.U.A. 864pp.
- CONABIO. 1998. La diversidad biológica de México: Estudio de País, 1998. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 173 pp.
- Fontana, P., F. M. Buzzetti & R. Mariño-Pérez. 2008. Chapulines, Langostas, Grillos y Esperanzas de México, Guía Fotográfica - Grasshopper, Locust, Crickets & Katydid of Mexico. Photographic Guide. WBA Handbooks, 1, Verona. 272 pp.
- García, A. y S. González. 1991. "Flora y vegetación de la cima del cerro El Potosí, Nuevo León, México", Acta Botánica Mexicana, 13: 53-74.
- Instituto Nacional de Ecología. 2000. Áreas Naturales Protegidas con Decretos Estatales. Vol. 2: 623-691.
- OSF2.<http://osf2x.orthoptera.org/HomePage.aspx>.
- Otte D. 1981. The North American Grasshoppers. Vol. 1. Harvard University Press. Cambridge. 275 pp.
- Otte D. 1984. The North American Grasshoppers. Vol. 2. Harvard University Press. Cambridge. 366 pp.
- Rosas-Costa J. A. 1966. Preparación de Acridoidea y Tettigonioida. Geotrópica Vol. 12 N: 39.
- Rzedowski J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa, México. 504 pp.
- Southwood, T. R. E. 2000. Ecological Methods. Third Edition. Chapman and Hall, U.K. Pp. 523.
- Torres-Acosta, R. I. y L. Barrientos-Lozano. 2007. Diversidad de Orthoptera en el Área Natural Protegida "Altas Cumbres", Municipio de Cd. Victoria, Tamaulipas. Tesis Licenciatura. Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tamaulipas. 116 pp.
- Zárate-Torres, J. F. & L. Barrientos-Lozano 2005. Orthoptera Acridoidea de la Reserva de la Biósfera "El Cielo", sur de Tamaulipas. Entomología Mexicana 4: 864-868.

Cuadro 2. Distribución de las especies de ortópteros.

Ejemplares recolectados a diferentes niveles altitudinales, ANP "Cerro Potosí", Galeana Nuevo León México

Fecha de colecta: 29-Oct-09
Sitio de colecta: Camino a Ej. "18 Marzo" N24° 49.604' W100° 08.079
Altitud: 1796 m

Subfamilia Gomphocerinae
Syrbula admirabilis

Subfamilia Melanoplinae

Campylacantha olivacea similis
Dactylothem bicolor bicolor
Hesperotettix viridis viridis
Melanoplus gladstoni
Melanoplus lakinus
Melanoplus reflexus
Phaedrotettix valgus
Phaulotettix compressus
Phoetaliotes nebrascensis

Subfamilia Oedipodinae

Leprus wheelerii

Subfamilia Romaleinae

Brachystola magna

Fecha de colecta: 29-Oct-09

Sitio de colecta: Camino a Ej. "18 Marzo" N 24°50. 312'
 W100°08.595'

Altitud: 1810 m

Subfamilia Melanoplinae

Hesperotettix viridis viridis

Fecha de colecta: 30-Oct-09

Sitio de colecta: Camino a Ej. "18 Marzo" N24°50. 855'
 W100° 8.939'

Altitud: 1840 m

Subfamilia Gomphocerinae

Phlibostroma quadrimaculatum
Syrbula admirabilis
Syrbula montezuma

Subfamilia Melanoplinae

Melanoplus lakinus
Phaulotettix compressus
Phoetaliotes nebrascensis

Subfamilia Oedipodinae

Trachyrhachys kiowa

Subfamilia Romaleinae

Brachystola magna

Fecha de colecta: 24-Sep-09

Sitio de colecta: Camino a Ej. "18 Marzo" N24°52.076'
 W100°09.842'

Altitud: 1930 m

Subfamilia Melanoplinae

Hesperotettix viridis viridis

Fecha de colecta: 29-Sep-09

Sitio de colecta: Camino a Ej. "18 Marzo" N24°52.151'
 W100°09.887'

Altitud: 1934 m

Subfamilia Melanoplinae

Phoetaliotes nebrascensis

Subfamilia Oedipodinae

Leprus wheelerii

Fecha de colecta: 27-Feb-09

Sitio de colecta: Ejido "18 de Marzo" N24°53.087'
 W100°10.707'

Altitud: 2017 m

Subfamilia Cyrtacanthacridae

Schistocerca nitens

Subfamilia Gomphocerinae

Eritettix simplex

Subfamilia Oedipodinae

Trimerotropis pallidipennis

Fecha de colecta: 24-Abr-09

Sitio de colecta: Ejido "18 de Marzo" N24°53.045'
 W100°10.746'

Altitud: 2023 m

Subfamilia Gomphocerinae

Eritettix simplex

Subfamilia Oedipodinae

Xanthippus corallipes

Fecha de colecta: 24-Abr-09

Sitio de colecta: Ejido "18 de Marzo" N24°53.010'
 W100°10.863'

Altitud: 2039 m

Subfamilia Gomphocerinae

Eritettix simplex

Subfamilia Oedipodinae

Xanthippus corallipes

Fecha de colecta: 29-May-09

Sitio de colecta: Ejido 18 de Marzo N24°52.869'
 W100°10.872'

Altitud: 2046 m

Subfamilia Cyrtacanthacridae

Schistocerca nitens

Subfamilia Gomphocerinae

Eritettix simplex

Subfamilia Oedipodinae

Xanthippus corallipes

Fecha de colecta: 26-Jun-09

Sitio de colecta: Ejido 18 de Marzo N24°52.990'
 W100°10.950'

Altitud: 2046 m

Subfamilia Oedipodinae

Trimerotropis pallidipennis

Fecha de colecta: 26-Feb-09
Sitio de colecta: ANP "Cerro Potosí" N24°53.279'
W 100°11.180'
Altitud: 2098 m

Subfamilia Gomphocerinae
Eritettix simplex

Subfamilia Melanoplinae
Melanoplus gladstoni
Melanoplus lakinus
Melanoplus reflexus

Subfamilia Oedipodinae
Arphia pseudonietana
Arphia simplex

Fecha de colecta: 26-Feb-09
Sitio de colecta: ANP "Cerro Potosí" N= 24° 53.276'
W= 100° 11.191'
Altitud: 2100 m

Subfamilia Gomphocerinae
Eritettix simplex

Subfamilia Melanoplinae
Campylacantha olivacea similis
Hesperotettix viridis viridis
Melanoplus gladstoni

Subfamilia Oedipodinae
Arphia pseudonietana
Arphia simplex

Fecha de colecta: 30-Oct-09
Sitio de colecta: ANP "Cerro Potosí" N= 24° 53.276'
W= 100° 11.191'
Altitud: 2100 m

Subfamilia Melanoplinae
Melanoplus gladstoni
Melanoplus lakinus
Melanoplus reflexus
Phoetaliotes nebrascensis

Fecha de colecta: 27-Feb-09
Sitio de colecta: ANP "Cerro Potosí" N= 24° 53.279'
W= 100° 11.195'
Altitud: 2105 m

Subfamilia Melanoplinae
Melanoplus gladstoni

Subfamilia Oedipodinae
Arphia pseudonietana
Arphia simplex

Fecha de colecta: 23-Abr-09
Sitio de colecta: ANP "Cerro Potosí" N= 24° 53.240'
W= 100° 11.507'
Altitud: 2106 m

Subfamilia Gomphocerinae
Eritettix simplex

Subfamilia Melanoplinae
Melanoplus reflexus

Fecha de colecta: 23-Sep-09
Sitio de colecta: ANP "Cerro Potosí" N= 24° 53.363'
W= 100° 13.657'
Altitud: 3106 m

Subfamilia Melanoplinae
Pedies cerropotosi

Fecha de colecta: 28-Ago-09
Sitio de colecta: ANP "Cerro Potosí" N= 24° 52.414'
O= 100° 13.543'
Altitud: 3428 m

Subfamilia Melanoplinae
Pedies cerropotosi

Fecha de colecta: 28-Jul-09
Sitio de colecta: ANP "Cerro Potosí" N= 24° 52.311'
O= 100° 14.067'
Altitud: 3687 m

Subfamilia Melanoplinae
Pedies cerropotosi

Fecha de colecta: 24-Sep-09
Sitio de colecta: ANP "Cerro Potosí" N= 24° 52.459'
W= 100° 09.865'
Altitud: 3703 m

Subfamilia Melanoplinae
Pedies cerropotosi

Fecha de colecta: 28-May-09
Sitio de colecta: ANP "Cerro Potosí" N= 24° 52.291'
W= 100° 14.024'
Altitud: 3717 m

Subfamilia Melanoplinae
Pedies cerropotosi

Fecha de colecta: 28-Jul-09
Sitio de colecta: ANP "Cerro Potosí" N= 24° 52.318'
O= 100° 13.980'
Altitud: 3718 m

Subfamilia Melanoplinae
Pedies cerropotosi

Fecha de colecta: 28-May-09
Sitio de colecta: ANP "Cerro Potosí" N= 24° 52.320'
W= 100° 13.978'
Altitud: 3728 m

Subfamilia Melanoplinae
Pedies cerropotosi

EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE CONCORDANCIA KAPPA Y EL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN INTRACLASE, EN UN SISTEMA DE MEDICIÓN DEFINIDO POR ATRIBUTOS, PARA LA ESCALA BINARIA

I. Ramírez-Canseco, J. González-Sepúlveda y D. A. Balderas-Puga

Maestría Ingeniería Industrial División de Posgrado Instituto Tecnológico de Querétaro, Gral. Escobedo y Av. Tecnológico S/N, CP 76000, iliana-ramirez@hotmail.com, jorgebuu@hotmail.com, billdavito@yahoo.com.mx

RESUMEN: Este artículo expone técnicas cuantitativas para evaluar un sistema de medición con características de calidad definidas por atributos, en la escala binaria. Los sistemas de medición deben tener una capacidad adecuada, además deben ser fiables para la toma de decisiones en el proceso, es por eso que se exponen algunos de estos métodos. El coeficiente de concordancia Kappa se utiliza para evaluar la concordancia que existe en las respuestas entre diferentes evaluadores, dicho de otra manera, hasta qué punto los diferentes evaluadores coinciden en sus mediciones. El coeficiente de correlación intraclase evalúa la incertidumbre de la medición en los sistemas de medición, así como también mide la correlación entre las múltiples mediciones de la misma parte.

PALABRAS CLAVE: Análisis de Sistemas de Medición, Coeficiente de Concordancia Kappa, Coeficiente de Correlación Intraclase.

ABSTRACT: This article describes quantitative techniques to evaluate a measurement system with attributes quality characteristics, binary scale. Measurement systems should have adequate capacity, also must be reliable for making decisions in the process, therefore some of these methods are. The Kappa coefficient is used to evaluate the correlation that exists in the responses between different evaluators, i.e., the extent to which different raters agree in their measurements. The interclass correlation coefficient evaluates the uncertainty of measurement in the measurement system, and also measures the correlation among multiple measurements of the same part.

KEY WORDS: Measurement Systems Analysis, Kappa Analysis, Intraclass Correlation Coefficient.

1.- INTRODUCCIÓN

En la era de la globalización y con la continua demanda de artículos de calidad, se ha visto incrementado el interés de las empresas por la mejora continua, algunas actúan, quizás, por convicción propia, y otras porque sus clientes así lo demandan. Cualquiera que sea la razón, la industria de nuestro país ha estado implementando, y en algunos casos planeado la implementación de herramientas estadísticas para el control y mejora de sus procesos de fabricación.

Hoy en día es de conocimiento general que es imperativa la medición de los resultados de los procesos para tomar decisiones oportunas y adecuadas. El impacto de estas acciones dependerá en gran medida de la calidad de los datos de la medición. Un sistema de medición

de buena calidad permitirá controlar y predecir los resultados de un proceso, y ayudará también a identificar y eliminar las causas de variaciones no controladas.

Los sistemas de medición son muy diversos, se pueden clasificar de diversas maneras en función del uso específico que se haga de ellos, o del proceso al que se apliquen, por ejemplo: sistemas de medición para variables o para atributos de calidad; todos ellos pueden ser usados para inspección de productos terminados –criterio de aceptación o rechazo-, o para controlar estadísticamente un proceso –criterio de control de proceso-.

El análisis de concordancia de atributos puede ser muy útil en sistemas de calidad donde se aplique métodos de inspección por atributos,

tanto en organizaciones de manufactura como de servicios.

2.- PLANTEAMIENTO

Existen métodos que son usados para estudiar y evaluar los sistemas de medición, algunos de ellos buscan evaluar la capacidad de un sistema de medición, también existen otros con el firme interés en determinar el grado de acuerdo que existe entre los evaluadores sobre las características de calidad que son medidas, así como también podemos encontrar aquellos métodos que buscan determinar el grado de correlación de las observaciones realizadas por diferentes observadores, para conocer la fiabilidad de la información que se analiza.

La medición de una variable es de gran importancia para tomar decisiones acerca de cambios o para asumir cierta actitud ante alguna situación particular que se presente en un proceso. La medición debe estar compuesta por dos características: validez (medir realmente lo que se quiere) y consistencia (repetición). La inconsistencia de una medición se rige por la variabilidad, por el método o instrumento de medición y por el evaluador.

Un análisis de concordancia de atributos evalúa la uniformidad de las respuestas dentro de un grupo de evaluadores, entre ellos y, en caso de contar con la información, se puede comparar con un estándar. El análisis utiliza las calificaciones o clasificaciones de los atributos. Las mediciones son evaluaciones subjetivas hechas por personas y no por mediciones físicas, porque la clase de la escala (binaria) no permite el uso de ningún instrumento de medición físico.

La variación de un observador respecto de sí mismo, de un estándar o de otros observadores, se puede medir por medio de la concordancia alcanzada al examinar y clasificar una serie de elementos. Por tanto, la precisión de las observaciones puede evaluarse de varias formas:

1. Comparando un observador consigo mismo para estudiar el grado de concordancia de sus decisiones.

2. Comparando un observador con un estándar

3. Comparando varios observadores entre sí para medir el grado de acuerdo entre ellos.

3.- DESARROLLO

Los métodos de evaluación usados en este artículo son el coeficiente de correlación intraclase o ICC (Intraclass Correlation Coefficient) por sus siglas en inglés y el coeficiente de concordancia o coeficiente Kappa.

El coeficiente Kappa fue propuesto originalmente por Cohen (1960) para el caso de dos evaluadores o dos métodos, por lo que a menudo se le conoce como Kappa de Cohen, este mismo coeficiente fue generalizado para el caso de más de dos evaluadores por Fleiss (1965), por lo que en ocasiones se le conoce también como índice Kappa de Fleiss.

El índice Kappa relaciona el acuerdo que exhiben los observadores, más que el debido al azar, con el acuerdo potencial más allá del azar.

El coeficiente Kappa, es un coeficiente estadístico que se emplea para cuantificar el grado de acuerdo entre los observadores, corrige el factor azar. Cuanto más se acerca al cero más azar hay, el valor máximo de Kappa es 1, y se da si hay total concordancia entre los evaluadores.

Para facilitar su interpretación Landis y Koch (1977) propusieron los siguientes márgenes para valorar el grado de concordancia en función del índice Kappa.

KAPPA	GRADO DE CONCORDANCIA
< 0	Sin acuerdo
0 – 0.20	Insignificante
0.21 -0.40	Discreto
0.41 – 0.60	Moderado
0.61 – 0.80	Sustancial
0.81 – 1	Casi perfecto

Tabla 1. Grado de concordancia índice Kappa

3.1. Prueba de concordancia para la escala binaria

Con el fin de determinar hasta qué punto la concordancia observada es superior a la que es debida al azar, el coeficiente Kappa para dos evaluadores se define de la siguiente manera:

$$\kappa = \frac{P_0 - P_e}{1 - P_e} \quad (1)$$

Donde:

P_0 es la proporción observada de acuerdos y P_e es la proporción esperada de acuerdos debida al azar. Cohen (1960) especificó, para cualquier par de evaluadores j_1 y j_2 , los términos en (1) como

$$P_0 = \sum_{x=0}^1 p_{j_1, j_2}(x, x) \quad (2)$$

$$P_e = \sum_{x=0}^1 p_{j_1}(x) p_{j_2}(x) \quad (3)$$

Donde:

P_0 es la proporción de partes con juicios apareados de los evaluadores j_1 y j_2 y $p_{j_1, j_2}(x, x)$ denota la proporción de partes que han sido juzgadas como x por los evaluadores j_1 y j_2 . P_e es la proporción esperada de acuerdo basada en las distribuciones individuales marginales de cada evaluador. La proporción marginal del evaluador j y categoría x es denotada por $p_j(x)$.

Ampliar el coeficiente Kappa al caso de más de dos evaluadores no es sencillo. Debido a que son necesarios al menos dos personas para el acuerdo, Fleiss (1971) sugirió que el grado de concordancia puede ser expresado en términos de la proporción de pares de acuerdo. Si existen m evaluadores, entonces el máximo número posible de pares de acuerdos por parte es igual a:

$$\frac{1}{2} m(m-1) \quad (4)$$

Para estimar la proporción de pares de acuerdo por parte, Fleiss (1971) propuso la suma del número de pares de acuerdo por categoría. Entonces, para obtener la estimación global de la proporción observada de concordancia, se

toma la suma de las partes de todas las proporciones, escalada por el número total de pares de acuerdo posibles.

$$P_0 = \frac{1}{nm(m-1)} \left(\sum_{i=1}^n \sum_{x=0}^1 n_i(x)(n_i(x)-1) \right) \quad (5)$$

Donde:

$n_i(x)$: el número de veces que la parte i se ha clasificado como x .

La proporción de acuerdo esperada está dada por:

$$P_e = \frac{2}{m(m-1)} \sum_{\substack{j_1, j_2=1 \\ j_1 < j_2}}^m \sum_{x=0}^1 p_{j_1}(x) p_{j_2}(x) \quad (6)$$

Debe aclararse que cada par de evaluadores entra una sola vez en la suma. P_e estima, bajo la suposición de independencia, la probabilidad de que dos evaluadores seleccionados al azar clasifiquen una parte en la misma categoría, basándose en las proporciones marginales individuales de los operadores. Debemos aclarar que se adopta la teoría de Conger (1980) en lugar de la de Fleiss (1971). La principal diferencia con Fleiss es que Conger (1980) permite a los evaluadores tener diferentes distribuciones marginales y calcula P_e sin reemplazo de evaluador.

3.2. Prueba de Correlación para la Escala Binaria

El coeficiente de correlación intraclase está estrechamente relacionado con la medida de Kappa. El coeficiente de correlación intraclase se ha aceptado como el índice de concordancia para datos continuos. Si se evalúa el tamaño de los componentes de la varianza entre los grupos y dentro de éstos, el coeficiente de correlación intraclase describe la proporción de la variación total, la cual es explicada por las diferencias entre los observadores e instrumentos.

El coeficiente de correlación de intraclase se calcula a partir de los estadísticos que producen un análisis de varianza.

Cuando se utiliza la desviación típica intra sujetos como una estimación del error de medida, lo que se hace es considerar el

siguiente modelo matemático para cada medida X:

$$X = \pi + \varepsilon \quad (7)$$

Donde:

π : representa el valor verdadero de la variable que se mide (desconocido).

ε : es el error de la medida.

El coeficiente de correlación intraclase (ICC) se define como la correlación entre y_{ijk} y $y_{ijk'}$ (dos unidades de sub-muestra dentro de una unidad experimental). En este estudio, ρ se refiere al valor real del ICC y ρ_0 se refiere a un valor mejor que puede ser elegido por el evaluador. El ICC para el modelo se obtiene utilizando la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{cov(y_{ijk}, y_{ijk'})}{\sqrt{var(y_{ijk})var(y_{ijk'})}} \quad (8.1)$$

$$\rho = \frac{\sigma_{\pi}^2}{\sqrt{(\sigma_{\pi}^2 + \sigma_{\varepsilon}^2)(\sigma_{\pi'}^2 + \sigma_{\varepsilon'}^2)}} \quad (8.2)$$

$$\rho = \frac{\sigma_{\pi}^2}{\sigma_{\pi}^2 + \sigma_{\varepsilon}^2} \quad (8.3)$$

Donde:

σ_{π}^2 : Varianza correspondiente a valores verdaderos.

σ_{ε}^2 : Varianza correspondiente al error de medida.

Para mediciones binarias, el coeficiente de correlación intraclase es llamado coeficiente ϕ y (para 2 evaluadores) se define como:

$$\phi = \frac{Cov(X_{i1}, X_{i2})}{\sqrt{Var(X_{i1})Var(X_{i2})}} \quad (9)$$

$$\phi = \frac{P(X_{i1} = 1, X_{i2} = 1) - p_1 p_2}{\sqrt{p_1(1 - p_1)p_2(1 - p_2)}} \quad (10)$$

Al igual que otros coeficientes de correlación ϕ sólo asume valores en el intervalo de [-1, 1].

Para ocasiones que impliquen $m > 2$ evaluadores, Fleiss (1965), Bartko y Carpenter (1976) proponen evaluar la correlación por medio del promedio de los coeficientes ϕ de todos los posibles pares evaluados, donde se supone que:

$$\rho_j = \rho \quad \text{para } j = 1, \dots, m.$$

El coeficiente ϕ para múltiples evaluadores es estimado por:

$$\phi = \frac{(P - p^2)}{(p - p^2)} \quad (11)$$

Donde:

$$P = \frac{1}{nm} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ij} \quad (12)$$

$$y \quad p = \frac{2}{nm(m-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m-1} \sum_{j_2=j_1+1}^m X_{ij_1} X_{ij_2} \quad (13)$$

Cuando se utiliza el coeficiente ϕ como un estadístico que representa la calidad de las mediciones, se puede comparar con el criterio de Wheeler y Lyday (1989).

Correspondencia entre el coeficiente ϕ y la calidad de la medición	
Coeficiente ϕ	Calidad de la medición
< 0.60	Inadecuada
0.60 – 0.90	Moderada
0.90 – 1.00	Adecuada

Tabla 2. Intervalos de calidad de medición

3.3. Ejemplo de Aplicación para la Escala Binaria

A continuación se muestra un ejemplo en donde se podrá ver la concordancia entre las mediciones de la misma pieza hechas por el mismo operador (repetibilidad), así como la viabilidad de que el experimento sea repetido (Reproducibilidad).

Utilizando una hoja de cálculo de Excel se pueden calcular todos los datos necesarios para llevar a cabo el análisis de la información, a partir de estos resultados el cálculo de los índices es realmente sencillo.

En las tablas siguientes se presenta el caso específico donde se utilizan 20 partes, las cuales serán evaluadas por tres operadores, (Tabla 3), se puede observar que se calcula el total de piezas catalogadas como buenas por los operadores, así como el porcentaje de desacuerdos entre las mediciones que hace el operador consigo mismo (tabla 4).

Número de parte	0 = rechazo 1 = aceptación		
	semana 1		
	op1	op2	op3
1	1	1	0
2	0	0	1
3	1	0	0
4	1	1	1
5	0	1	1
6	0	1	0
7	1	0	0
8	0	0	1
9	0	0	0
10	1	0	1
11	1	0	1
12	0	0	0
13	0	0	1
14	1	0	1
15	1	0	0
16	0	0	0
17	0	0	0
18	1	1	1
19	1	1	1
20	0	0	1
Total	10	6	11

Tabla 3. Captura de datos

Dada la naturaleza de los datos utilizados, se muestra como el método evalúa la repetibilidad de los datos, ya que para evaluar la reproducibilidad es necesario que existan réplicas y en este caso no las hay.

Número de parte	suma	Repetibilidad			
		op1	op2	op3	Total
1	2	1	1	0	
2	1	0	0	1	

3	1	1	0	0	
4	3	1	1	1	
5	2	0	1	1	
6	1	0	1	0	
7	1	1	0	0	
8	1	0	0	1	
9	0	0	0	0	
10	2	1	0	1	
11	2	1	0	1	
12	0	0	0	0	
13	1	0	0	1	
14	2	1	0	1	
15	1	1	0	0	
16	0	0	0	0	
17	0	0	0	0	
18	3	1	1	1	
19	3	1	1	1	
20	1	0	0	1	
Total	27	10	6	11	27
		50%	30%	55%	
		20	20	20	60

%Repet.= 45.0%

Tabla 4

En seguida se muestran únicamente los desacuerdos y el operador que los tuvo (Tabla 5); también se presenta un concentrado de información del experimento en general, como por ejemplo el número de partes analizadas y cuantos operadores intervienen (tabla 6).

Número de parte	Operario en desacuerdo			
	des	op1	op2	op3
1	0	0	0	0
2	1	0	0	1
3	1	1	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	1	0	1	0
7	1	1	0	0
8	1	0	0	1
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0

13	1	0	0	1
14	0	0	0	0
15	1	1	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	1	0	0	1
total	8	3	1	4

Tabla 5 discrepancias generales

ops =	3
pares=	6
opps. =	15
partes =	20
total =	300

Tabla 6

En las siguiente sección (tablas 7, 8, 9 y 10) se observan los cálculos realizados para obtener el porcentaje de desacuerdos que tuvieron los operadores, así como la reproducibilidad entre cada operador consigo mismo, como la que obtuvieron al compararla entre todos los operadores y al final se ve cual de los operadores tiene más partes catalogadas como buenas.

Valor en R	des.	No.	Total desc.
0	6	0	4
1	5	5	8
2	4	8	5
3	3	9	3
		20	107

T.desac.=	35.7%
-----------	-------

Tabla 7

Reproducibilidad	
inter. Oper. X Parte	
op2	op3

op1	24	30
op2		26
total=		80

Tabla 8

Reproducibilidad			
sem1=	10	6	11
sem2=	0	0	0
total =	10	6	11
dif sem.	10	6	11
op1	op2	op3	
0.25	0.15	0.28	

Tabla 9

min =	6	op2	15%
max=	11	op3	28%
Inc1=	0.28		

Tabla 10

A continuación se utiliza una vez más el Excel, con los datos anteriores y con las fórmulas para calcular los índices Kappa e ICC para obtener los valores antes mencionados y así poder dar una evaluación sobre el comportamiento del sistema de medición.

La tabla 11 indica la compilación de los datos obteniendo el total de los productos considerados como buenos y el total de los considerados como malos.

Parte	Evaluador			Total	
	A	B	C	buenos	malos
1	1	1	0	2	1
2	0	0	1	1	2
3	1	0	0	1	2
4	1	1	1	3	0
5	0	1	1	2	1
6	0	1	0	1	2
7	1	0	0	1	2
8	0	0	1	1	2
9	0	0	0	0	3

10	1	0	1	2	1
11	1	0	1	2	1
12	0	0	0	0	3
13	0	0	1	1	2
14	1	0	1	2	1
15	1	0	0	1	2
16	0	0	0	0	3
17	0	0	0	0	3
18	1	1	1	3	0
19	1	1	1	3	0
20	0	0	1	1	2
total	10	6	11	27	33

Tabla 11

Enseguida con los datos de la tabla 12 es posible calcular Proporción Esperada para cada pareja de datos, ya con estos valores obtenidos se procede a aplicar la fórmula para obtener el Kappa (1) ya que conocemos la Proporción Observada y la Esperada; esto se realiza para cada una de ellas (Tabla 14).

Pe para AB =	0.5	k =	0.2
Pe para AC =	0.5	k =	0.1
Pe para BC =	0.48	k =	0.13461538

Tabla 14

Con los datos de la tabla anterior es posible generar las ponderaciones de probabilidad para cada posible caso tomando en cuenta que se realiza para cada uno de los operadores, estos datos serán de utilidad al momento de generar el valor de la Proporción Esperada dato importante al momento de calcular el índice Kappa (Tabla 12)

	A	B	C
pj(X=1) para j = 1,...,m	0.5	0.3	0.55
pj(X=0) para j = 1,...,m	0.5	0.7	0.45

Tabla 12

Todo lo anterior muestra la evaluación dada una combinación de pareja de evaluadores, lo cual es útil para ver cómo se comportan ellos entre sí; lo importante es ver cómo se comporta el proceso en general.

Para la Proporción Observada se utiliza la sumatoria de todos los números de acuerdos divididos por el producto del número de partes por el número de operadores (20*3 en este caso); y la Proporción Esperada resulta de aplicar la fórmula del Pe (3) (Tabla 15).

Po para total de acuerdos	0.56666667
Pe para todos los acuerdos	0.49333333
k global	0.14473684

Tabla 15

Aquí se muestran los pasos para calcular la proporción observada, estos valores surgen de evaluar por pareja de datos ya que de esta forma es más sencillo hacer los cálculos pertinentes. En la sección de número de acuerdos, los valores surgieron de evaluar pieza por pieza entre un operador y otro y ver en cuantas ocasiones coincidieron en sus mediciones (Tabla 13). Con esta información se puede calcular la Proporción Esperada para cada pareja de operadores dato que se utilizara más adelante.

Para el cálculo del ICC se toma la tabla 11 como base, ya que esta sirve para realizar los cálculos correspondientes para obtener este índice.

Aquí se muestra la ponderación de para todos los operarios considerando las veces que ellos consideraron piezas aprobadas (Tabla 16).

# de acuerdos AB =	12	Po para AB =	0.6
# de acuerdos AC =	11	Po para AC =	0.55
# de acuerdos BC =	11	Po para BC =	0.55

Tabla 13

	A	B	C
pj para j = 1,...,m	0.5	0.3	0.55

Tabla 16

Lo siguiente se calcula por medio del número de concordancias entre cada par de operarios, es decir es el número de veces que cada pareja evalúa como buenas entre el número total de piezas evaluadas (Tabla 17).

$p(x_{i1}=1, x_{i2}=1)_{AB}$	0.2
$p(x_{i1}=1, x_{i2}=1)_{AC}$	0.3
$p(x_{i1}=1, x_{i2}=1)_{BC}$	0.2

Tabla 17

Utilizando la fórmula (10) se podrá calcular el índice ICC (ϕ) para cada pareja de evaluadores para ver el comportamiento que tienen entre sí (Tabla 18).

ϕ_{AB}	0.21821789
ϕ_{AC}	0.10050378
ϕ_{BC}	0.15352206

Tabla 18

Para evaluar si todo el proceso se está comportando normalmente y la variación entre las mediciones de cada operario no afectan realmente al proceso en general, se calcula el índice ICC (ϕ) global (Tabla 19).

P	0.45
$p_j = p$ para $j = 1, \dots, m$	0.33333333
Numerador	0.33888889
Denominador	0.22222222
ϕ Global	0.11666667

Tabla 19

4.- CONCLUSIONES

El uso y cálculo del coeficiente de concordancia Kappa, es una medida que prueba la hipótesis de que no hay diferencias significativas entre a evaluadores; si la hipótesis nula se sostiene, se usa el coeficiente de concordancia Kappa para cuantificar que tan buen nivel de acuerdo existe entre los a evaluadores. Debido a que Kappa puede variar entre 0 y 1, si obtenemos el complemento del coeficiente Kappa ($1 - Kappa$),

tenemos una idea de que tan mal acuerdo existe entre los evaluadores. Este índice se puede usar como indicador de % de Reproducibilidad si la comparación se llevó a cabo entre evaluadores.

El cálculo del coeficiente de correlación intraclase se usa para cuantificar la proporción de la variación total explicada por las diferencias entre los evaluadores y los instrumentos, en otras palabras, este estadístico mide la calidad de las mediciones.

Al determinar el grado de concordancia de los evaluadores y la calidad de la medición se sabe que tan adecuado es el sistema de medición, así como también si el proceso de comporta de manera estable, sin embargo cuando no se comporta de manera estable, no se puede conocer de manera puntual donde está el problema.

Para conocer de manera puntual el comportamiento del proceso se deben utilizar otros métodos estadísticos, que proporcionen información detallada de cada uno de los evaluadores, comparativas entre evaluadores, cuál de ellos tiene un mayor número de artículos aceptados, así como del instrumento de medición, esta información nos permite conocer y determinar que parte del proceso se necesita reforzar, una de las metodologías que nos permiten conocer esta información es el Gage R&R.

Muchas empresas actualmente se ven obligadas, por la misma naturaleza de sus productos o procesos de producción, a medir ciertas características críticas de calidad que se definen por atributos, para estas características se pueden usar los métodos expuestos en este artículo, si se desea cuantificar el comportamiento el sistema de medición.

5.- LITERATURA CITADA

- Automotive Industry Action Group (AIAG). Measurement System Analysis; Reference Manual, 3rd. ed. Detroit, MI (2002) pp. 125-140.
- Bartko, J. J., y W. T. Carpenter. 1976, On the Methods and Theory of Reliabilit. Journal of Nervous and Mental Disease 163:307-317.

- Bland J. M., y D. G. Altman. 1986 Statistical methods for agreement between two methods of clinical measurement *Lancet* PubMed 1(8476): 307-10.
- Cohen, J. 1960. A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educational and Psychological Measurement* 20:37-46.
- De Layne Stroud J., Challenge of Discrete and Attribute Data Measurement, Published in *Measurement Systems Analysis (MSA)/Gage R&R* http://www.isixsigma.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=258:challenges-of-discrete-and-attribute-data-measurement&Itemid=207.
- Fleiss, J. L. 1965, Estimating the Accuracy of Dichotomous Judgments. *Psychometrika* 30:469-479.
- Fleiss, J. L. 1971, Measurement Nominal Scale Agreement among many Raters, *Psychological Bulletin* 76(5):378-382.
- Fleiss, J. L. 1981, The Measurement of inter rater agreement. In *Statistic Methods for rates and proportions*, 2nd Ed. New York; John Wiley and Sons., 72:323-327.
- Landis, J. R., y G. G. Koch. 1975. A Review of the Statistical Methods in the Analysis of Data Arising from Observer Reliability Studies (Part I). *Statistica Neerlandica* 29:101-123.
- Landis, J. R., y G. G. Koch. 1975, A Review of the Statistical Methods in the Analysis of Data Arising from Observer Reliability Studies (Part II). *Statistica Neerlandica* 29:151-161.
- Landis, J. R., y G. G. Koch. 1977, The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics* 33:159-123.
- Mohamed M. Shoukri. 2004, Measures of Interobserver Agreement. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, FL., pp.111-123
- Patrick E. Shrout., y J. L. Fleiss. 1979, Intraclass Correlations: Uses in Assessing Rater Reliability *Psychological Bulletin*, Vol. 86, No. 2, 420-428.
- Wheeler, D. J., y R. W. Lyday. 1989, Evaluating the Measurement Process. Knoxville, TN: SPC Press 114:84-91.

LA GESTIÓN DE LOS PRODUCTOS FUERA DE USO

A. Olvera-de Miguel y J. J. Méndez-Palacios

Departamento de Posgrado en Ingeniería Industrial. Instituto Tecnológico de Querétaro. Av. Tecnológico esquina Gral. Mariano Escobedo, C.P. 76150 Santiago de Querétaro, Qro. olvera_234@hotmail.com; jjmendez04@yahoo.com.mx

RESUMEN: Este artículo trata de la posibilidad de la recuperación de los productos fuera de uso (PFU), su introducción en la cadena de suministro mediante la logística inversa. Se plantea la posibilidad de generar con ello una cadena de valor, lo cual contempla el establecimiento de flujos de materia prima con el material reciclado, el consentimiento de la gente para fomentar el hábito y la conciencia del reciclado, el tipo de transporte a considerar.

PALABRAS CLAVE: Cadena de suministros, logística Inversa, medioambiente, reutilización, refabricación, re-uso y reciclaje.

ABSTRACT: This article deals the possibility of recovering of obsolete products, and its introduction in the supply chain by means reverse logistics. The possibility considers of generating a value chain in this way, which contemplates to the establishment of flows of raw material with the material recycling, the consent of people to foment the habit and brings back to consciousness of recycling, the type of transport to consider.

KEY WORDS: Supply chain; reverse Logistic, environment, reusability, re-fabrication, re-use and recycling.

1. INTRODUCCIÓN

La industria es uno de los actores principales en la generación de residuos, aun asumiendo la existencia de una responsabilidad compartida entre al menos, empresas, gobiernos y consumidores, señalan que el papel de las empresas en la degradación del planeta es particularmente relevante.

De esta forma, parece razonable pensar que la empresa debe tener también un papel protagonista en las actividades de gestión de los residuos y subproductos generados en sus procesos industriales, para lo cual es fundamental que la gestión de éstos no perjudique la posición competitiva de ella. Así, la empresa no actuaría mediatizada por presiones sociales ni por imposiciones normativas, sino que estaría desarrollando una actividad, la gestión de sus residuos, con el objetivo de obtener un beneficio económico.

Sin embargo, la empresa no sólo debe responsabilizarse de la adecuada gestión de

los subproductos y residuos generados en el ejercicio de su actividad, sino que también es responsable, de aquellos productos puestos en manos del consumidor y que han dejado de satisfacer las necesidades de éstos: los denominados *Productos Fuera de Uso* (PFU). Éstos pueden aún incorporar un valor añadido susceptible de ser recuperado por la empresa y reintroducido en su ciclo de operaciones, de manera que por una parte se obtenga un beneficio económico al aprovechar el valor del PFU y por otra, se contribuya a mejorar las condiciones ambientales de nuestro entorno. La problemática que subyace en el proceso de recuperación y aprovechamiento de estos PFU es lo que a grandes rasgos analiza el concepto de logística inversa y que constituye el objetivo principal del presente trabajo.

La posibilidad de recuperar y aprovechar los residuos generados en los procesos productivos se comenzó a considerar realmente a partir de la década de los años 70's. Desde entonces, las empresas se han preocupado, en mayor o menor medida, por adaptar su proceso de operaciones para reducir el consumo de materias primas, disminuir la generación de

residuos e intentar recuperar la mayor parte de éstos a través, principalmente, de actividades de reciclaje.

Puede resultar natural que la propia empresa se responsabilice de la gestión de los residuos generados durante los procesos de aprovisionamiento, fabricación, almacenamiento y distribución ya que, a fin de cuentas, es ella la que desarrolla esas funciones obteniendo por ello un rendimiento económico; pero además, la empresa debe ser responsable en el proceso de gestión de los residuos generados por sus productos una vez que éstos han sido consumidos por los clientes. Las empresas, ya sean de forma individual o colectivamente, se encuentran más y mejor dotadas para hacer frente a la adecuada gestión de los residuos que se generan a lo largo de su cadena de suministro, incluidos los de la fase de consumo, por lo que sus compromisos para con estas actividades deberían ser mayores que los del resto de participantes en la cadena. Sin plantear una responsabilidad exclusiva de las empresas en este sentido.

Sin embargo, esta asunción de responsabilidades por parte de las empresas no tiene porqué constituir una gravosa carga que afecte a su competitividad. Naturalmente, las empresas desarrollan su actividad con el fin de alcanzar determinados objetivos y metas, entre ellos, la obtención de un beneficio empresarial que pretenden sea el máximo; por lo tanto, las actividades que se planteen deben ser económicamente rentables para que sean llevadas a la práctica. En este sentido, se encaminan las actividades empresariales a la recuperación y gestión de los productos que finalizan su vida útil, suponen una oportunidad de negocio para las empresas y permiten la obtención de ventajas competitivas sostenibles, por lo que estas actividades de recuperación deben contemplarse a la hora de formular el plan estratégico de la organización.

Desde hace ya algunos años, las empresas han ido tomando conciencia de las oportunidades que plantean los productos desechados por los consumidores: envases y embalajes, aparatos eléctricos y electrónicos,

vehículos, neumáticos, etc. La recuperación de estos productos fuera de uso estaría generando un beneficio para las empresas y, simultáneamente, se estaría dando solución al problema de la adecuada eliminación de los residuos resultantes en el consumo.

En definitiva, nuestro objetivo es estudiar y analizar los procesos de recuperación de los productos desechados por los consumidores (productos fuera de uso, PFU), considerando cualquier opción, de manera que se obtenga un valor añadido para la empresa, en términos económicos, y para la sociedad en términos medioambientales.

Estableceremos, así mismo, las implicaciones estratégicas, tácticas y operativas motivadas por la recuperación de estos PFU, generadoras de ventajas competitivas sostenibles para la empresa. A través de un enfoque integral, describiremos como un todo la actividad operativa de las empresas, tanto en el sentido productor-consumidor (función directa de la logística) como en el sentido consumidor-productor (función inversa de la logística).

2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La recuperación de productos usados o desechados no es algo nuevo y, seguramente, sea tan antiguo como el propio hombre que en la Edad de Piedra utilizó las esquirlas obtenidas en la fabricación de sus herramientas como puntas para sus flechas. Las antiguas culturas mesopotámica, inca, azteca, griega o romana ya utilizaban habitualmente técnicas de reciclaje en su actividad cotidiana. Por ejemplo, las monedas locales de las ciudades conquistadas eran fundidas en nuevas monedas, aunque en ocasiones, dichas monedas ni siquiera eran sometidas a un proceso de reciclaje, volviendo a ser puestas en circulación una vez se estampaba en ellas el sello del nuevo gobernante. Otros ejemplos los podemos encontrar en las armas utilizadas en la batalla que se reconvertían en instrumentos agrícolas o se fundían para la fabricación de nuevas armas. Con la Revolución Industrial se inicia el proceso de crecimiento económico basado en la tecnología. La Revolución Industrial desató, no sólo, el auge económico, científico y técnico, sino que, con ésta, se promulgó el uso

intensivo, extensivo e irracional de los recursos naturales en busca de modelos de acelerado crecimiento económico. Durante muchos años, y antes de que la Revolución Industrial marcara para siempre el desarrollo de la humanidad, la industria primitiva no se constituía como un factor importante de deterioro ambiental.

Las primeras industrias utilizaban el carbón como principal fuente energética y aunque provocaban grandes cantidades de gases resultaban poco significativas. Igualmente, los procesos tradicionales de producción y explotación del suelo y subsuelo, permitían la renovación y conservación natural de los mismos, ya que tales procesos eran extremadamente rudimentarios, y no provocaban devastación ni aniquilamiento de los recursos.

Sin embargo, con la Revolución Industrial, los nuevos mecanismos y formas de producción, junto con la explotación intensiva y sistemática de los recursos naturales, se fueron generalizando sin prever los efectos de la misma sobre el medio ambiente. Durante muchos años la imagen de cientos de chimeneas arrojando humo ha representado el símbolo del progreso y la consolidación del poderío económico.

Aunque a finales de los años 50 y principios de los 60 empezaron a manifestarse una conciencia medioambiental, no es hasta la década de los 70 cuando los procesos de deterioro ambiental y agotamiento de los recursos naturales se hacen evidentes, así como los costos asociados. De esta forma, se empiezan a buscar, por un lado, formas alternativas de crecimiento y desarrollo económico que eviten continuar con los procesos de deterioro ambiental, y por otro lado, mecanismos que permitan la recuperación y saneamiento del medio ambiente.

A partir fundamentalmente de los años 80, la sociedad intenta modificar progresivamente actitudes y normas de conducta que le permitan obtener mejoras en su entorno ambiental, o al menos reducir el impacto negativo que ejerce sobre el medio ambiente.

De esta forma, términos tales como contaminación, impacto ambiental, efecto invernadero, residuos, reciclaje, agricultura ecológica o ahorro energético se han hecho habituales en nuestras conversaciones. El mundo industrial y empresarial no ha sido ajeno a esta situación y han comenzado a considerar los aspectos ambientales y ecológicos como variables de decisión a la hora de formular su estrategia empresarial.

Bien es cierto que esta actuación viene condicionada, principalmente, más por exigencias legales que de mercado pero, en cualquier caso, cada vez son más las empresas que incorporan en su gestión consideraciones medioambientales realizadas tanto por los mercados como por la legislación actual: "el modelo socioeconómico se está transformando en un modelo económico socio-ecológico por lo que la empresa actual, para ser competitiva, debe conseguir entrelazar bien la calidad, la innovación y el medio ambiente"

2.1. Primeros estudios de logística inversa y gestión de los productos fuera de uso (PFU)

Los primeros trabajos académicos sobre la recuperación de productos fuera de uso en el ámbito de la empresa, datan de la década de los años 90, aunque ya en los años 70 se publican algunos trabajos en los que se analizaba el problema de la distribución en la industria del reciclaje. Guiltinan y Nwokoye, (1975) así como Ginter y Starling (1978) dan los primeros pasos en este sentido estudiando la estructura de los canales de distribución para el reciclaje. En estos primeros trabajos se hace referencia explícita a algunas de los aspectos que caracterizan las redes de distribución inversa como, por ejemplo:

- La existencia de muchos orígenes (consumidores) y pocos destinos (recuperadores) en la red de distribución.
- Un conjunto de intermediarios muy numeroso y con nuevas funciones.
- Importancia que tienen las actividades de clasificación de los bienes recuperados.

Ginter y Starling (1978) señalaron como motivo principal del desarrollo de canales de

distribución inversa, la existencia de una legislación medioambiental que condiciona o influye en el esquema operativo tradicional de las empresas.

Para la recuperación eficiente de estos productos resulta imprescindible establecer sistemas logísticos capaces de poner en manos del recuperador los productos desechados por los consumidores. De esta forma se empieza a utilizar el concepto de Logística Inversa para referirse al conjunto de actividades logísticas necesarias para recuperar y aprovechar económicamente los productos fuera de uso.

La Logística Inversa es un concepto poco conocido, o al menos novedoso, para muchos profesionales. Aunque en un primer momento, las referencias a este término aparecieron en revistas profesionales y de divulgación (sobre transporte y distribución principalmente) en los últimos años la Logística Inversa se ha abierto un hueco, pequeño aún, dentro del ámbito académico.

Carter y Ellram (1998) realizaron una completa revisión de la literatura existente sobre Logística Inversa hasta esa fecha, analizando las principales aportaciones realizadas en tres temas claramente diferenciados:

- Aspectos generales y desarrollos teóricos
- Transporte y embalaje
- Mercados finales.

Stock (1998) recuperó el tema de la Logística Inversa en lo que pretende ser un Libro Blanco sobre esta materia. Este autor analiza el papel que desempeña la logística en aspectos tales como la devolución de productos, reducción en la generación de residuos, reciclaje, reparación y re-fabricación, desarrollando para ello modelos de gestión que combinan las técnicas de ingeniería logística y los modelos de decisión empresarial con objeto de rentabilizar el flujo de retorno de los productos fuera de uso.

Dowlatshahi (2000) agrupó los estudios y trabajos realizados sobre Logística Inversa en cinco categorías:

- Conceptos Generales
- Modelos Cuantitativos
- Distribución, Almacenaje y Transporte
- Perfiles Empresariales
- Aplicaciones Industriales

Este autor detecta ciertas deficiencias en los trabajos, principalmente en cuanto a la existencia de una estructura común sobre la que se sustenten, es decir, no se ha desarrollado una teoría de la Logística Inversa que dé fundamento a los distintos elementos que la componen. El autor da un paso en este sentido, identificando factores estratégicos y operativos que considera esenciales para un desarrollo efectivo de los sistemas de logística inversa. Entre los factores estratégicos señala el costo de estos sistemas, la calidad de los productos recuperados, el servicio al consumidor, aspectos medioambientales y condicionantes legales. Entre los factores de carácter operativo Dowlatshahi (2000) identifica las funciones propias de los sistemas logísticos, transporte, almacenaje, producción (re-fabricación y reciclaje), embalaje, etc.

Junto con el desarrollo teórico del concepto de Logística Inversa, se han sucedido algunos trabajos empíricos que han permitido construir un marco de trabajo y de análisis de la cuestión mucho más adecuado. Estos casos prácticos se caracterizan por utilizar en el diseño y resolución de los modelos, distintas técnicas de investigación operativa.

3. RAZONES PARA LA RECUPERACIÓN DE LOS PRODUCTOS FUERA DE USO (PFU)

El establecimiento de mecanismos para la recuperación y el aprovechamiento de los productos desechados por los consumidores vienen originados, principalmente, por dos tipos de motivos y demostrado en la Figura 1:

- 1) Motivos Legales

2) Motivos Económicos

3.1. Motivos legales

Las presiones realizadas por diferentes grupos sociales en demanda de un mayor respeto hacia el medio ambiente han provocado que, en los países más desarrollados, las administraciones públicas estén promoviendo un conjunto de buenas prácticas medioambientales, cuyo reflejo es un extenso ordenamiento jurídico, sobre este factor, que se ha promulgado en los últimos años.

Actualmente en México se publicó en 2003, La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, “que refieren a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, en el territorio nacional”. Esta ley tiene por objeto garantizar a toda persona a un medio ambiente adecuado, el desarrollo sustentable a través de la prevención, de la generación, valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, sólidos urbanos, el manejo especial y la prevención de la contaminación de sitios con los residuos peligrosos y urbanos y llevar a cabo la remediación. A nivel estatal y municipal las medidas adoptadas han ido dirigidas a cumplir los objetivos propuestos. En este sentido han ido apareciendo, entre otras, las siguientes leyes y resoluciones:

- 1) Ley General del equilibrio ecológico y la protección al medio ambiente, de 28 de enero de 2008, que tiene como objetivo, “definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación, además contempla la preservación, restauración y el mejoramiento del medio ambiente, así como se establecer los mecanismos de coordinación, inducción y concertación entre autoridades, entre éstas y los sectores sociales y privados, así como personas y grupos sociales en materia ambiental”
- 2) Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, que tiene como

objetivo, “Las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial”

- 3) NMX-AA-61-1985 Protección al ambiente-contaminación del suelo-Residuos Sólidos Municipales-Determinación de la Generación, que tiene como objetivo “Especificar un método para determinar la generación de residuos sólidos municipales a partir de un muestreo estadístico aleatorio”
- 4) Plan nacional de desarrollo de residuos sólidos y peligrosos, que tiene como objetivo específico, reducir el impacto ambiental de los residuos mediante el diseño y construcción de infraestructura apropiada que permita la recolección, separación, reciclaje y disposición final de éstos. Promover el manejo adecuado y el aprovechamiento de residuos sólidos con la participación del sector privado y la sociedad. Promover el desarrollo de la infraestructura apropiada para la gestión integral de los residuos peligrosos. Intensificar las regulaciones y controles para la gestión integral de residuos peligrosos. Promover la remediación de suelos en sitios contaminados.

De esta forma, el motivo legislación se impone como principal impulsor del desarrollo de políticas medioambientalmente correctas por parte de las empresas y por tanto, de su participación en sistemas de gestión y aprovechamiento de residuos, existiendo, en este sentido, un amplio consenso al respecto. Este imperativo legal se ha observado tradicionalmente como un elemento negativo para la capacidad competitiva de las empresas, debido a la asunción de costos que supone la adaptación de procesos y operaciones industriales a dicha normativa.

Por tanto, además de un motivo legislación o normativo, la posibilidad de conseguir ventajas competitivas a través del cumplimiento de dicha legislación puede considerarse como una razón adicional para la adopción de políticas medioambientalmente correctas por parte de las

empresas, entre ellas, la implantación de sistemas de recuperación y aprovechamiento de productos fuera de uso.

3.2. Motivos económicos

Las empresas buscarán en la ejecución de sus actividades un valor añadido y una oportunidad de negocio. En este sentido, las razones de tipo económico que impulsan a las empresas hacia la recuperación y el aprovechamiento de los productos fuera de uso pueden analizarse desde dos puntos de vista:

1. Demanda
2. Oferta

3.2.1. Desde el punto de vista de la demanda, la recuperación de productos fuera de uso y su reintroducción en el proceso productivo de la empresa, puede ser utilizado por ésta como un instrumento de marketing y, es uno de los aspectos que integran el denominado marketing ecológico. La empresa podría generar diferencias competitivas a través de una estrategia de posicionamiento buscando una imagen de empresa medioambientalmente responsable, que fabrica productos reciclables, a partir de materiales recuperados, en los que se minimiza la generación de residuos y la utilización de materias primas no renovables, empleando tecnologías limpias e integrando a la cadena de suministro en su estrategia medioambiental (proveedores, suministradores, distribuidores y clientes).

3.2.2. Desde el punto de vista de la oferta, la recuperación de materiales y productos fuera de uso, supondría la sustitución de las materias primas y componentes originales por estos artículos recuperados, lo que podría generar una disminución en los costos de fabricación y/o en el precio de venta de estos productos.

APROXIMACION AL CONCEPTO DE LOGISTICA INVERSA



Figura 1. Razones para la Recuperación de los Productos Fuera de Uso.

De este modo, se puede definir el concepto de Recuperación Económica como aquel proceso de recogida de PFU que tiene por objetivo principal el aprovechamiento del valor añadido que se incorporan a éstos, a través de la opción del trabajo adecuado, de manera que se obtenga con ello una rentabilidad económica o se provoque la obtención de ventajas competitivas de carácter sostenible. La recuperación de los productos fuera de uso requiere el diseño, desarrollo y control eficiente de un sistema logístico y conducirlo hasta el recolector, el cual aplicará la opción de gestión más adecuada para un óptimo aprovechamiento. Este sistema logístico fluye en sentido contrario al existente en los sistemas logísticos tradicionales, desde el productor hacia el consumidor; es por ello que, a la consideración de este flujo de materiales, productos y subproductos desde el consumidor hasta el productor o recuperador, se le denomine *Sistema de Logística Inversa*.

El desarrollo del Sistema de Logística Inversa supone enfrentarse a un problema complejo en el que se deberán tomar decisiones relativas, entre otras cuestiones, al número y localización de los centro de recogida de los productos fuera de uso, vertederos, establecimientos sociales y privados, métodos de transporte, si éstos serán propios o ajenos, sistemas de incentivos, nuevas tareas logísticas que se plantean (inspección, control de la calidad, clasificación, eliminación de los no satisfactorios, entre otros aspectos).

que, por distintos motivos, no satisfacen las necesidades del cliente son susceptibles de devolución, que pueden ser las siguientes y demostrados en la figura 3:

- Reparación / Servicio.
- Separación en factoría: Se devuelve al proveedor para su reparación.
- Mantenimiento.
- Error del vendedor al enviar.
- Error del cliente al pedir.
- Error de entrada. Error en el sistema de proceso de pedidos.
- Error de envío. Se ha enviado material equivocado.
- Envío incompleto.
- Cantidad equivocada.
- Envío duplicado.
- Pedido duplicado por parte del cliente.
- No pedido por el cliente.
- Incompleto. Falta un componente o parte.
- Por defectos o dañado.
- Caduco.
- Dañado durante el envío. Se reclamará a la compañía de transportes.

Estas referencias al concepto de Logística Inversa se realizan tanto desde el punto de vista de las devoluciones como desde la perspectiva de la recuperación de productos y, generalmente, de esta forma, podemos hablar de una logística de devoluciones y de una logística para la recuperación como dos realidades que coexisten en el concepto de Logística Inversa.

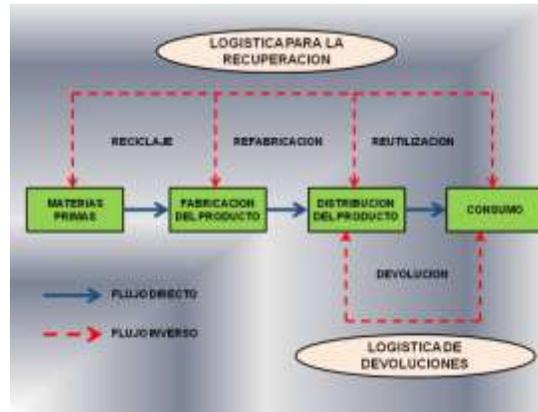


Figura 3. Logística para la Devolución y Recuperación.

Por lo anterior se define cinco categorías de Refabricación y restauración. Estas cinco se muestran a continuación y son la reparación, restauración, refabricación, canibalismo y reciclaje.

- 1) **Reparación.** Es volver a poner al producto usado en condiciones de funcionamiento. Estas operaciones se suelen desarrollar en el domicilio del cliente o en los servicios técnicos de reparaciones y por lo general la calidad de estos productos reparados suele ser inferior a la de los productos nuevos. Pequeños aparatos eléctricos y electrónicos son ejemplos conocidos de esta opción de recuperación.
- 2) **Restauración.** Supone devolver al producto usado unos niveles específicos de calidad que, generalmente, suelen ser inferiores a los de los productos originales pero amplían su vida útil. En ocasiones estas operaciones de restauración suelen acompañarse de otras en las que se mejora tecnológicamente alguno de los componentes del producto.
- 3) **Refabricación.** Esta opción proporciona al producto usado unos estándares de calidad tan rigurosos como los de los productos originales consiguiendo unos costos de fabricación que, en ocasiones, pueden ser entre un 30 y un 50% inferiores al de los originales. Ejemplos de esta opción los encontramos en fotocopiadoras (Xerox), electrodomésticos (Electrolux) o en cámaras fotográficas desechables (Kodak, Fuji).

4) **Canibalismo.** Se suele dar este nombre a aquella opción de recuperación de productos fuera de uso en la que únicamente se recupera una pequeña parte de los componentes reutilizables que se destinarán a las opciones de reparación, restauración y refabricación. Determinados componentes electrónicos, los circuitos integrados o los metales preciosos son algunos ejemplos de elementos recuperables a través de esta opción.

5) **Reciclaje.** Consiste en recuperar el material con el que está fabricado el producto fuera de uso, para utilizarlo en la fabricación de nuevos productos. Es la opción más conocida y la de mayor aplicación: vidrio, papel, cartón, latas, plástico, etc.

5. IMPLICACIONES ESTRATÉGICAS, TÁCTICAS Y OPERATIVAS PARA LA RECUPERACIÓN DE LOS PFU.

La gestión de productos recuperados introduce, consideraciones de tipo estratégico, táctico y operativo que determinarán el diseño y el funcionamiento, del sistema de operaciones de la empresa. Esta diferenciación entre la estrategia, la táctica y las operaciones, resulta muy adecuada a la hora de abordar el proceso de planificación y control del sistema de operaciones en la empresa. De esta forma, las decisiones logísticas pueden clasificarse de acuerdo con esta estructura y así se considera lo siguiente:

5.1. Decisiones estratégicas, tienen un efecto duradero en la empresa y son tomadas por la alta dirección para establecer los objetivos y los planes logísticos a largo plazo. Las principales decisiones estratégicas son:

- Número, localización y capacidad de las diferentes instalaciones.
- Almacenes, plantas de fabricación, centros de distribución y centros de recuperación de PFU.
- Diseño de la red logística.

- Flujo de materiales a través de la red.
- Procesos tecnológicos a emplear.

5.2. Decisiones Tácticas: Aquéllas con una temporalidad a medio plazo que conectan los objetivos y planes a largo plazo, establecidos en la etapa estratégica, con los planes operativos, facilitando que la consecución de estos últimos supongan el logro de los primeros, por ejemplo:

- Planeación de la Producción, Compras, Inventarios.
- Asignación de productos terminados a centros de distribución.
- Los centros de recogida.
- Instalaciones donde se llevará a cabo la recuperación económica de los PFU.
- Medios de transporte.

5.3. Decisiones Operativas: En donde se concretan los planes estratégicos y los objetivos del sistema logístico con un alto grado de detalle, de manera que las actividades a desarrollar quedarán determinadas a corto plazo, entre otras:

- Programación de la producción
- Establecimiento de las rutas de transporte
- Configuración de la carga en los medios de transporte.

No obstante, los Sistemas de Logística Inversa comparten aspectos funcionales que permiten analizar las implicaciones que el desarrollo de los mismos tiene para la empresa. Estos factores comunes hacen referencia a las actividades necesarias para el desarrollo de la función inversa de la logística (Figura 4) y son los siguientes:

1. Recogida de los productos fuera de uso
2. Inspección y clasificación
3. Proceso para la recuperación económica del PFU.
4. Distribución.
5. Eliminación.



Figura 4. Actividades de la Logística Inversa.

Cualquier sistema de logística inversa quedará planteado de manera que integre cada una de las tareas y actividades, por lo que se podrán analizar las decisiones de carácter estratégico, táctico y operativo que caben tomar a la hora de abordar la recuperación económica de los PFU:

5.3.1. Recogida de los productos fuera de uso: Es la actividad crítica en todo proceso de recuperación ya que en ella se genera la mayor parte de la incertidumbre asociada a los Sistemas de Logística Inversa. La recogida de los PFU genera incertidumbres como:

- La cantidad de artículos que se recuperarán (*Incertidumbre Cuantitativa*)
- El momento de la recuperación (*Incertidumbre Temporal*)

La eficiencia de los procesos de recuperación de PFU es muy sensible al volumen de productos recuperados por lo que se debe prestar atención al diseño de esta actividad intentando conseguir altas tasas de recuperación y, con ello, la obtención de economías de escala. En esta primera etapa del proceso de recuperación de PFU se adoptan ciertas decisiones de carácter estratégico; entre otras.

- La localización.
- El número de instalaciones de recogida (centros de recuperación).
- La dimensión y capacidad de las instalaciones de recogida.
- La tecnología que se empleará o el diseño de dichas instalaciones.

- Tareas complementarias como el transporte de los artículos recuperados hasta los centros de recuperación.
- El manejo y almacenamiento.

5.3.2. Inspección y Clasificación: Esta actividad hace referencia al conjunto de operaciones necesarias para determinar si los productos recogidos, o alguno de sus componentes, son susceptibles de recuperación económica y, en tal caso, qué opción de gestión se le aplicará. Hasta que el PFU no llega a esta etapa no se pueden conocer, con total certeza, las posibilidades económicas que tiene el PFU, ya que dependerá del nivel de calidad que presenten los componentes recuperados (*Incertidumbre Cualitativa*). En esta fase del proceso de recuperación se desarrollarán tareas y/o actividades de:

- Desmontaje y limpieza del producto.
- La realización de pruebas de calidad.
- La separación de los componentes para su recuperación o el almacenamiento de estos componentes y materiales.
- La selección y formación de los trabajadores.
- La determinación de los lotes de trabajo.
- Secuencias de las tareas.
- Tecnologías.
- Asignación de almacenes.
- Control de los inventarios.

Estas decisiones pertenecen a los niveles táctico y operativo. En el caso de que se requieran instalaciones específicas para la realización de estas actividades será necesario determinar el número, localización, capacidad y diseño de las mismas. (Decisiones estratégicas).

5.3.3. Proceso de recuperación económica del PFU: En este proceso se realiza la utilización del producto recuperado, o de alguno de sus componentes, en el proceso productivo de la empresa. Esta actividad tiene repercusiones en:

- Los inventarios de materias primas (reciclaje).

- Los productos en curso (refabricación).
- Los productos terminados (reutilización)
- La recuperación de productos fuera de uso y su reintroducción en la cadena de suministro de la empresa, genera una problemática concreta y que está relacionada con el diseño de la función logística tradicional (productor - consumidor).

En esta fase se adoptan además decisiones en cuanto a la gestión de stocks de los componentes y materiales recuperados y su relación con los inventarios de elementos originales.

5.3.4. Distribución: En estas actividades se realizan los medios que se consideren más apropiados para la transportación de los materiales reciclados. Por lo que plantean decisiones respecto a los medios de transporte como:

- Transportación propia o ajenos (estratégica).
- Tamaño de la flota de transporte.
- Mercados a los que se dirigirán estos productos (táctica).
- Rutas de distribución.
- Tamaño de los lotes (operativa).

5.3.5. Eliminación: En esta actividad se afectará a aquellos productos recuperados que no presenten los niveles de calidad requeridos para su recuperación, o bien ésta sea técnica o económicamente inviable. Esta actividad exigirá decidir acerca de la forma de eliminación más conveniente:

- Vertederos municipales, incineración.
- Los medios de transporte a emplear (estratégica).
- Almacenamiento provisional de estos residuos (táctica).
- Manejo de los mismos (operativa).
- Impacto sobre el medio ambiente

6. CONCLUSIONES

Es importante resaltar las ventajas competitivas que conlleva la aplicación correcta de un Sistema de Logística Inversa a los Productos Fuera de Uso y de las grandes oportunidades que se tienen para disminuir la problemática medioambiental. Las grandes ciudades como USA, Alemania, España, Japón, Corea, entre otras grandes potencias están aplicando correctamente este sistema, por lo cual México no debe de quedarse fuera de este contexto. Como se comentó anteriormente, este tipo de conocimiento es muy vago todavía, pero existe la controversia del medio ambiente, ya que se generan bastantes PFU, es por ello que se puede alcanzar una madurez en la conciencia de las personas para poder llevar a cabo este nuevo sistema y así disminuir la contaminación ambiental y tener un planeta mejor.

7. LITERATURA CITADA

- Guiltinan J. P. y N. G. Nwokoye. 1975. "Developing distribution channels and systems in the emerging recycling industry". *International Journal of Physical Distribution* 1:28-38.
- Ginter P. M. y J. M. Starling. 1978. "Reverse distribution channels for recycling". *California Management Review* 20:73-82.
- Carter C. y L. M. Ellram. 1998. "Reverse logistics: A review of the literature and framework for future investigation". *Journal of Business Logistics* 19:85-104.
- Stock J. R. 1998. *Development and implementation of reverse logistics programs*. Council of Logistics Management. Oak Brooks. Illinois.
- Dowlatshahi S. 2000. "Developing a reverse logistics theory". *Interfaces* 30:143-155.
- Rubio, S. 2003. "El sistema de logística inversa en la empresa: análisis y aplicaciones", Tesis doctoral.
- Sánchez-Yáñez. 2008. "El reciclaje de los residuos sólidos plásticos como alternativa para mejorar la calidad ambiental"

LA IMPORTANCIA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE CAMBIOS RÁPIDOS

T. D. Espinoza-Huerta y F. Tercena-Sanz

*Departamento de Posgrado en Ingeniería Industrial. Instituto Tecnológico de Querétaro.
Avenida Tecnológico esquina Gral. Mariano Escobedo. C.P. 76150 Santiago de Querétaro, Qro.
México. tlalocdeh@hotmail.com, fertaracena@hotmail.com*

RESUMEN: El presente artículo trata sobre la importancia de realizar cambios rápidos de moldes y herramientas en los procesos de manufactura. También presenta una experiencia real de un proceso de implementación sobre cambios rápidos en una empresa manufacturera Mexicana.

PALABRAS CLAVE: Herramientas de manufactura esbelta, Tablero-Andón, Gestión de la producción.

ABSTRACT: This work deals with the importance of rapid change of mold and tools in manufacturing processes. Also, it presents a real experience of the implementation of a process of rapid changes in a Mexican manufacturing company.

KEY WORDS: Lean manufacturing, Single Minute Exchange of die, Board.

1.- INTRODUCCIÓN

Resulta sorprendente como en algunas disciplinas tanto industriales o no, existen metodologías (Goldratt *et al.*, 2001) que realmente sorprenden por su eficiencia en los procesos.

Por citar un ejemplo en el nivel deportivo, quien no queda sorprendido y admirado por el proceso en el cambio de neumáticos en una carrera de fórmula uno, tiempos récords, coordinación casi perfecta, sincronía, etc. De alguna forma este artículo presenta una experiencia de cómo adaptar metodologías de cambios rápidos en una pequeña empresa típica mexicana. Sabiendo de antemano que los escenarios citados de las carreras de autos de la formula uno y la empresa en comento son diametralmente opuestos, en sentido a sus recursos y capacidades generales.

En tópicos especializados en gestión de la producción SMED es el acrónimo de Single Minute Exchange of die: cambio de herramienta en (pocos) minutos. Este es un concepto y además un pilar de la filosofía en la manufactura esbelta (Lean). SMED intenta la idea de que en general cualquier cambio en la maquinaria o iniciación del proceso debería durar no más de un minuto. Se entiende por

cambio de utillaje el tiempo transcurrido desde la fabricación de la última pieza válida de una serie hasta la obtención de la primera pieza correcta de la serie siguiente; no únicamente el tiempo del cambio y ajustes físicos de la maquinaria.

La importancia y los beneficios de la implementación de esta herramienta de manufactura esbelta en los diferentes procesos serían relevantes y significativos para el sector.



Figura 1. Impacto de la implementación SMED.

1.2. Antecedentes históricos

El sistema SMED (Shingo , 2003) fue creado en Toyota por Shigeo Shingo en la década de

los 50's, esta herramienta de manufactura esbelta nació cuando dirigía un estudio de mejora de eficiencia para Toyota. Comenzó a introducir instrumentos mecánicos sencillos en los procesos de ensamblaje, con el objeto de prevenir que las partes sean ensambladas erróneamente. Obteniendo tiempos de cambio de molde que duraban hasta 4 horas a 3 minutos (Shingo, 2001).

2.- METODOLOGÍA

De acuerdo al marco teórico de las herramientas de manufactura esbelta se tiene definida una metodología ya probada para la implementación de SMED (Shingo, 1987), la cual consta de 8 pasos que son:

1.- Documentar los procesos actuales.

Se recomienda video grabar el proceso de cambio de molde, no sin antes informar y capacitar al personal involucrado para evitar situaciones incómodas que desvíen o confundan el objetivo.

2.- Separar actividades internas y externas.

Hacer un análisis a detalle de todas las actividades y clasificar en actividades internas a aquellas que deben realizarse mientras que la máquina está parada o en vacío. Así mismo clasificar en actividades externas a aquellas que pueden realizarse mientras la máquina este trabajando.

3.- Cambiar actividades internas a externas (Shingo, 1989).

4.- Localizar actividades paralelas

Dichas actividades son aquellas que se pueden realizar al mismo tiempo que las externas.

5.- Optimizar las actividades internas/ actividades externas. Simplificar todas las actividades de cambio.

Realizar estudio y análisis de tiempos y movimientos.

6.- Implementar el plan.

Definir una estrategia así como propuestas de acuerdo a los recursos y alcance del proyecto.

7.- Validar el procedimiento y verificar resultados.

Hacer simulaciones o simulacros permite demostrar la eficiencia del procedimiento propuesto.

8.- Documentar el procedimiento.

- Actividades internas
- Actividades externas
- Actividades paralelas
- Actividades con valor agregado
- Actividades sin valor agregado.

3.- CASO PRÁCTICO

La empresa Steel and Trucks en su planta Stamping fue donde se realizó el estudio para la implementación de SMED, ubicada en el estado de Querétaro, México. Dicha empresa se dedica a la manufactura de bridas para la industria automotriz. Durante los cambios de molde en las máquinas dobladoras se detectó de acuerdo a un estudio inicial tiempos promedio de 54 minutos. Los cambios de molde en la planta se comportan siguiendo como una distribución Poisson, son $\lambda = 8$ cambios de molde por turno. De la misma forma se tomaron 10 videos durante el proceso de análisis de las actividades (Allen y Mascolini, 1997). Se capacitó al personal involucrado en este proyecto en la metodología SMED de la misma forma se aplicaron diferentes herramientas de control estadístico y herramientas auxiliares (Diagramas de Pareto, diagramas causa-efecto, estratificación y hojas de verificación, lluvia de ideas, talleres de mejora continua, etc.) se logró reducir hasta en un 80 % el tiempo de cambio de molde (11 minutos). De la misma forma se implementó una metodología y se elaboró material didáctico.

LOGO				Celda de manufactura EMCON				LOGO			
Fecha y Hora				Fecha y Hora				Fecha y Hora			
Lider del proyecto				Lider del proyecto				Lider del proyecto			
N. de parte				N. de parte				N. de parte			
Nombre				Nombre				Nombre			
Objetivo de producción		actual meta		Objetivo de producción		actual meta		Objetivo de producción		actual meta	
Scrap				Scrap				Scrap			
Takt Time				Takt Time				Takt Time			
Tiempos muertos				Tiempos muertos				Tiempos muertos			
Anormalidad				Anormalidad				Anormalidad			
Respuesta				Respuesta				Respuesta			

Figura 2. Tablero andón

La metodología se basó en la coordinación de un tablero andón, siguiendo los principios de administración visual, mismo que se fue

rediseñando durante el proceso de implementación. Basándose la coordinación de el proceso de cambio de molde en un sistema de señalización por luces de colores.

4.- SÍNTESIS DE LA METODOLOGÍA

Paso 0.- El coordinador de la gestión de la producción registra en el tablero-Andón toda la información del siguiente lote a procesar (lote futuro).

Paso 1.-El operador enciende la luz amarilla al menos 15 minutos antes de terminar el lote de piezas en proceso (lote actual). Como una actividad pre-requisito, se le debió de haber informado al operador sobre la programación del nuevo lote .En este momento se le dosifica la materia prima.

Paso 2.- El operador “A” (responsable directo del cambio de molde) verifica por medio de una lista de chequeo que tenga a la mano la hoja de instrucciones de trabajo del nuevo lote y continúa su trabajo.

Paso 3.- Desarrollando un sistema de coordinación con un turno secuencial de todos los integrantes de la célula de manufactura. Se acerca el operador “B” (operador de la misma célula de manufactura y colaborador directo en el proceso de cambio de molde) y cuestiona si se requiere alguna herramienta, accesorio específico o equipo y coordina la disponibilidad de los requerimientos.

Paso 4.- Una vez concluido el lote, el operador “A” procede a apagar la luz amarilla y encender la luz roja, además registra el tiempo inicial en el tablero – Andón.

Paso 5.- Se realiza el cambio de molde con el suministro de todos los componentes necesarios.

Paso 6.- Validación de la primera pieza del nuevo lote.

Paso 7.- Encendido de luz verde, inicia proceso productivo y se registran los datos.

5.- SECUENCIA FOTOGRAFICA



Figura 3. El operador enciende la luz amarilla al menos 15 minutos antes de terminar el lote de piezas en proceso.



Figura 4. Se acerca el operador “B” (operador de la misma célula de manufactura y colaborador directo en el proceso de cambio de molde) y cuestiona si se requiere alguna herramienta, accesorio específico o equipo y coordina la disponibilidad de los requerimientos. El operador “B” solicita la hoja de chequeo para el cambio de molde y verifica que en el lugar se encuentre todos los requerimientos a punto, además permanece físicamente en el lugar para auxiliar en el cambio de molde.



Figura 5 .Validación de la primera pieza del lote.

6.- RESULTADOS

- Existe una mejor higiene, Limpieza, flexibilidad y seguridad en la línea de producción.
- Se incrementó en el sueldo a destajo.
- Aprovechamiento de tiempo útil.
- La reducción y en su caso la eliminación de las actividades que no agregaban valor al cambio de molde (buscar, seleccionar, pedir, etc.) mismas que consumían más del 50% del tiempo, y en situaciones extraordinarias hasta el 75 % del tiempo en el cambio de molde.

7.- CONCLUSIONES

- Antes de iniciar conviene concientizar y sensibilizar al personal de todas las áreas involucradas.
- Preparar, capacitar y motivar al personal directamente relacionado con el proyecto.
- Realizar una programación general con compromisos.
- Previamente (Imai, 1997) iniciar con auditorías 5's.

- Mantener al equipo motivado.
- Es importante compartir y reconocer este proyecto como un logro de todos (Alukal y Manos, 2008).
- Sostener los resultados orientando siempre los resultados a un proceso de mejora continua.

8. - LITERATURA CITADA

- Allen R. y M. Mascolini. 1997. The process of writing: Composing through critical thinking. Prentice Hall. Upper Saddle River, NY, USA. 203 pp.
- Alukal G. y A. Manos. 2008. Kaizen esbelto, Un enfoque simplificado para el mejoramiento de procesos. Panorama editorial. México. 203 pp.
- Goldratt E., C. A. Ptak y E. Schragenhiem. 2001. Necesario pero no suficiente: Una novela empresarial sobre la teoría de las limitaciones, Ediciones Díaz de Santos. Madrid. 272 pp.
- Imai M., 1997. Gemba Kaizen. McGraw-Hill. USA. 354pp.
- Shingo S. 1987. The sayings of Shigeo Shingo: Key Strategies for plant improvement. Productivity Press. USA. 207 pp.
- Shingo S. 1989. A study of the Toyota production system. Productivity Press. USA. 304 pp.
- Shingo S. 2001. El sistema de gestión de la producción de Shingo. Tecnologías de gerencia y producción. Madrid. 200 pp.
- Shingo S. 2003. Revolución de la producción: el sistema smed. Tecnologías de gerencia y producción. Madrid. 432 pp.

MEDIDOR DE PRESIÓN CALIBRADO POR EL PRINCIPIO DE TORRICELLI; EQUIPO DIDÁCTICO

F. A. Aguirre-Cerrillo, G. Pérez-Luque, I. R. Sosa-Castro, J. A. Valdez-Almaral, R. Valenzuela-Salazar José y E. A. Valerio-Jiménez

*Departamento de Metal-Mecánica, Departamento de Ing. Eléctrica-Electrónica,
Instituto Tecnológico de Culiacán
fabio4aguirre@yahoo.com.mx, gperezluque@yahoo.com.mx*

RESUMEN: En este artículo se presenta un equipo didáctico para medir presión. Se genera una presión manométrica en el interior de un tanque rígido y se visualiza la presión en una escala graduada en una columna de líquido por medio de un tubo en U. La presión producida se capta con un sensor de presión proporcionando una señal eléctrica, ésta es caracterizada y amplificada para proporcionar una señal de salida (0 a 5 Volts), proporcional a la presión manométrica generada en el interior del tanque rígido. Además, se desarrolló una interfaz gráfica para visualizar la señal de presión con un instrumento virtual.

PALABRAS CLAVE: Presión manométrica, tubo en U, tanque rígido, piezorresistivo, instrumento virtual.

ABSTRACT: this paper shows a pressure gauge teaching equipment so generated a gauge pressure into rigid tank and this is viewed over liquid column graduated scale of U tube. Pressure generated was sensing by pressure sensor, who provides an electric signal, before, this signal is amplified to get electric signal output (0-5 Volts), that it's proportional to gauge pressure that it was generated in the tank. In addition, it developed a graphic interface based in program computer to view pressure signal with virtual instrument.

KEY WORDS: Manometric pressure, U tube, rigid tank, virtual instrument.

1. INTRODUCCIÓN

El ser humano sólo puede subsistir si es capaz de comprender lo que sucede en su entorno, esto es, debe ser capaz de observar lo que acontece y tomar decisiones. El sector industrial reacciona de la misma forma, los sistemas de automatización tienen una gran cantidad de sistemas de procesamiento de señales.

Las señales de variables físicas (presión, temperatura, caudal, posición, velocidad, entre otras) al llegar a los sistemas basados en computadoras, en función de un programa determinado, generan señales de salidas adecuadas para que los actuadores realicen la función predeterminada para lo que fueron diseñados.

Sin embargo todas las señales, los datos y valores de medición que se procesan, tienen que captarse primero. Esta operación puede asumirla el ser humano utilizando aparatos de

medición o puede realizarse mediante sensores sin que intervenga el hombre. Las máquinas sin sensores son ciegas, sordas y carecen de relación con el entorno.

En últimos tiempos ha aumentado el interés hacia los sistemas de medición capaces de detectar magnitudes de fluidos (presión, volumen y masa). Al aumentar el grado de automatización, es indispensable tener en cuenta estas magnitudes en los procesos de monitoreo y control.

En la industria de procesos, por ejemplo, entre un 30 y un 40 % de todas las mediciones son medidas de presión. Sobra decir entonces la importancia de dicha variable y el conocimiento de la misma.

Lamentablemente, muchas de las instituciones educativas del país no disponen de los recursos económicos necesarios para adquirir equipos de medición para el procesamiento de

señales en procesos físicos, de manera didáctica.

En este artículo se presentan los principios físicos, la construcción y los elementos principales de un sensor para medir la presión manométrica, desde la generación de la presión hasta la visualización y captación de la misma. Finalmente, se presentan los resultados así como las conclusiones de este trabajo.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

La presión representa una fuerza de contacto F que se aplica sobre un área A determinada. La fuerza es normal a la superficie de contacto; la presión se representa por:

$$P = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Se distinguen varios tipos de presión tal y como se muestra en la figura 1. La presión absoluta (P_{abs}) es la suma de la presión de referencia local (P_o) y la presión manométrica (P_{man}):

$$P_{abs} = P_o + P_{man} \quad (2)$$

La presión de referencia local también se le conoce como presión barométrica. Esta presión depende de la altura respecto al mar. A nivel del mar, se tiene la presión atmosférica estándar con un valor de 101.33 kPa (760 mm de mercurio con una densidad de 13595 kg/m³) (Hesse 2006).

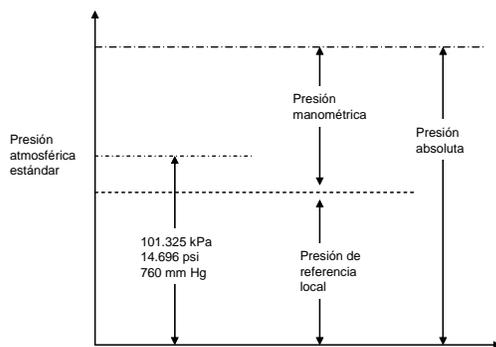


Figura 1. Tipos de presión.

La presión manométrica se genera a partir de la presión de referencia local. En la figura 2 se muestra un tubo en U con uno de sus extremos

abierto a una presión de referencia local. El otro extremo se encuentra conectado a un recipiente. Si la presión en el interior del recipiente es mayor a la presión de referencia local, se genera una columna de líquido h . La columna de líquido representa una fuerza (el peso w) que se aplica sobre el área del tubo en U:

$$w = m g \quad (3)$$

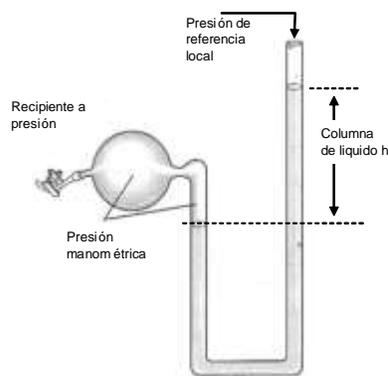


Figura 2. Generación de la presión manométrica.

Si la fuerza del peso dada por la ecuación (3) se sustituye en la ecuación (1) se tiene:

$$P = \frac{m g}{A} \quad (4)$$

La densidad (ρ) de una sustancia es la relación de su masa y su volumen (V):

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (5)$$

Despejando la masa de la ecuación (5) y utilizando el resultado en la ecuación (4) se tiene:

$$P = \frac{\rho g V}{A} \quad (6)$$

El volumen resulta de multiplicar el área del tubo por una altura h . Por tanto la presión manométrica es:

$$P_{man} = \rho g h \quad (7)$$

Por otro lado, la ecuación (7) se puede utilizar para encontrar la densidad de líquidos una vez conocida la presión manométrica y la columna de líquido h .

$$\rho = \frac{P_{man}}{g h} \quad (8)$$

3. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

La construcción del equipo didáctico para la medición de presión se divide en dos partes:

- Reproducción del fenómeno de presión.
- Adquisición y manejo de la señal eléctrica.

3.1. Monitoreo de Presión

Para generar una presión se tiene un dispositivo capaz de almacenar aire en un tanque de almacenamiento rígido y que a la vez, la transmita a un tubo en U (medidor visual de la presión). En la figura 3 se muestra el dispositivo y cada una de sus partes:

- Tanque de aire rígido para almacenar aire a presión.
- Una válvula anti-retorno a la entrada que evita la salida de aire una vez almacenado.
- Un distribuidor de aire que sirve para comunicar la presión desde el tanque hasta los dos tubos en U y el sensor de presión.
- Dos tubos en U que pueden contener líquidos diferentes. Uno de ellos es agua.
- Una regla graduada por cada tubo en U para realizar la medición visual de la presión por medio de una columna de líquido.
- Los dos tubos en U se encuentran abiertos al aire atmosférico. Lo anterior significa que se mide la presión manométrica dentro del tanque a partir de la presión de referencia local.
- La salida de aire se conecta a un sensor de presión. Aquí es el lugar para obtener la señal de presión que contiene el interior del tanque.
- Para el suministro de aire se tiene una bomba de aire manual (no mostrada en la figura).

La idea de contar con dos tubos en U hace posible utilizar la ecuación (8) para determinar la densidad de algunos líquidos.

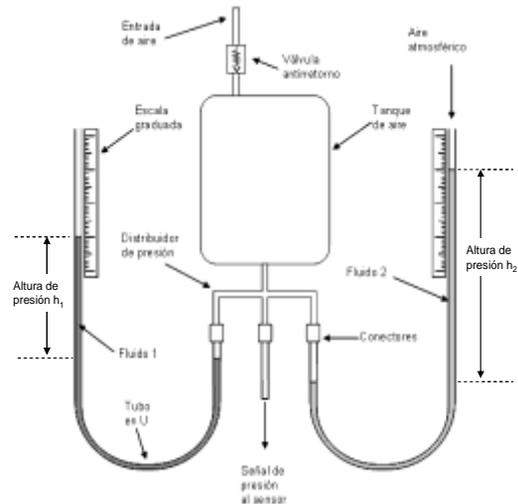


Figura 3. Dispositivo para generar presión.

3.2. Adquisición de señal eléctrica

Una vez generada la presión y visualizada en el tubo en U, es necesario convertir dicha señal mecánica en una señal eléctrica y que pueda ser manipulada, por lo tanto, se utiliza un sensor de presión, el MPX2010DP de Motorola. Entonces, la presión generada en el tanque se conecta al sensor, como se muestra en la figura 4. El sensor de presión MPX2010DP es un sensor de presión diferencial que proporciona una señal eléctrica en milvolt, es proporcional a la señal de presión de entrada; se puede alimentar con 10 voltios de corriente directa, su principio de funcionamiento es piezorresistivo. La presión máxima de operación es de 10 kPa.

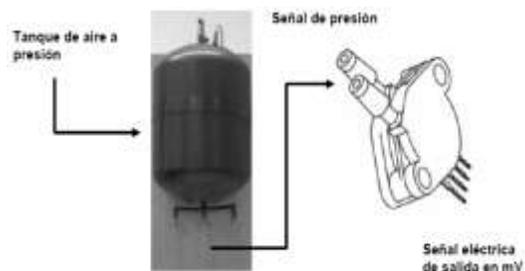


Figura 4. Sensor de presión MPX2010P.

La señal eléctrica de salida que proporciona el sensor de presión es baja y no es normalizada. Por tanto, la señal se conecta a un amplificador de instrumentación, tal y como se observa en la figura 5. El amplificador de instrumentación que se utiliza en el AD620AR de Analog Devices. El amplificador recibe una señal de entrada en mV y proporciona una señal de salida de 0 a 5 V (Sears y Zemansky 2005). Se tiene un potenciómetro para realizar el ajuste de la ganancia adecuada.

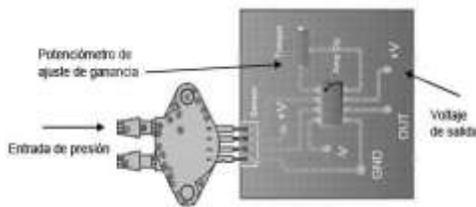


Figura 5. Sensor conectado al AD620AR.

Finalmente la figura 6 muestra una fotografía del equipo didáctico construido con todas y cada una de sus partes.



Figura 6. Equipo didáctico construido.

4. PRUEBAS REALIZADAS

Para observar el comportamiento del sensor de presión se procede a realizar una

caracterización o calibración. Una calibración aplica datos conocidos de entrada a un sistema de medida con el propósito de observar los valores de salida del sistema. El dato conocido de entrada es la columna de líquido o altura de presión h , en este caso, agua a 20 °C. El valor de salida es el voltaje proporcionado por el sensor de presión (ver figura 4). En la tabla 1 se tiene los datos de la caracterización de 0 a 500 mm en intervalos de 20 mm.

Tabla 1. Calibración para el sensor MPX2010DP.

Altura h (mm)	Voltaje (mV)	Altura h (mm)	Voltaje (mV)
0	0.00	260	14.50
20	1.20	280	15.50
40	2.20	300	16.60
60	3.30	320	17.70
80	4.50	340	18.80
100	5.60	360	19.90
120	6.70	380	21.10
140	7.80	400	22.20
160	8.90	420	23.50
180	10	440	24.40
200	11.10	460	25.50
220	12.30	480	26.60
240	13.30	500	27.60

Estos datos se grafican y se muestran en la figura 7. La gráfica muestra un comportamiento prácticamente lineal en todos los puntos. De la misma manera, se obtiene la altura de presión (h) y en esta ocasión se mide el voltaje a la salida del amplificador de instrumentación (ver figura 5).

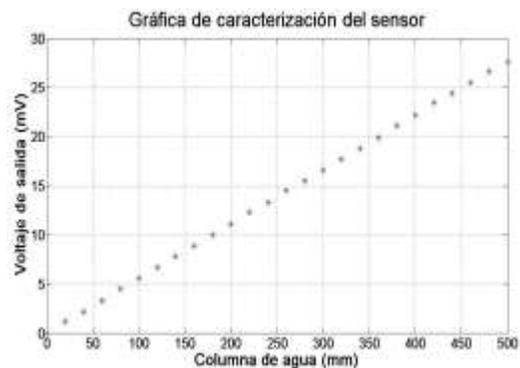


Figura 7. Curva característica (Voltaje vs mm de H₂O)

La ganancia se ajusta por medio de un potenciómetro. El valor de la ganancia debe ser tal, que al multiplicarse por el voltaje a una altura de presión de 500 mm (27.60 mV) se obtenga a la salida un voltaje de 5 V. Por tanto la ganancia se ajusta para un valor de 181.2 aproximadamente.

En la tabla 2 se muestran los resultados de los mediciones, los datos se han obtenido para altura de presión (h) en forma ascendente y descendente.

Tabla 2. Datos de salida del amplificador		
Altura h (mm)	Voltaje ascendente (V)	Voltaje descendente (V)
0	0	0
10	0.11	0.11
20	0.21	0.20
30	0.30	0.30
40	0.40	0.40
50	0.50	0.50
60	0.58	0.60
70	0.69	0.69
80	0.79	0.79
90	0.89	0.89
100	1.00	1.00
110	1.09	1.10
120	1.20	1.20
130	1.29	1.30
140	1.40	1.40
150	1.50	1.50
160	1.60	1.60
170	1.70	1.69
180	1.79	1.80
190	1.89	1.89
200	2.00	2.00
210	2.09	2.09
220	2.20	2.19
230	2.30	2.29
240	2.40	2.39
250	2.50	2.49
260	2.60	2.59
270	2.70	2.70
280	2.80	2.80
290	2.90	2.90
300	3.00	3.00
310	3.10	3.09
320	3.20	3.19
330	3.30	3.30
340	3.41	3.40

350	3.50	3.51
360	3.61	3.61
370	3.71	3.70
380	3.80	3.80
390	3.90	3.89
400	3.99	3.99
410	4.08	4.09
420	4.19	4.18
430	4.29	4.28
440	4.38	4.37
450	4.47	4.47
460	4.58	4.59
470	4.68	4.69
480	4.78	4.79
490	4.88	4.89
500	4.98	4.99

En la figura 8 se muestran los datos de la tabla para un voltaje en forma descendente y una línea ideal para el sensor.

La línea ideal mostrada en la figura 8 representa el voltaje (v) en función de la columna de agua h y esta dada por:

$$v(h) = 0.01 h \quad (9)$$

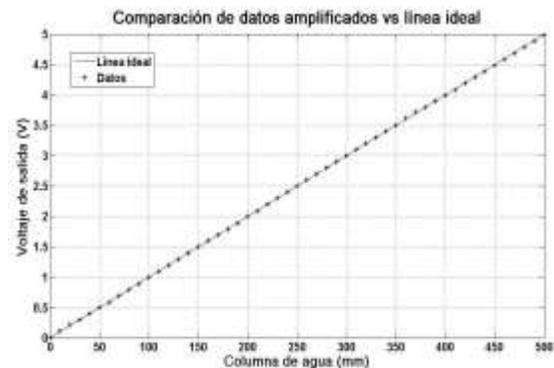


Figura 8. Voltaje de salida en función de la altura

Por otro lado, se tiene una interfaz gráfica elaborada con ayuda de Labview para visualizar la señal de la presión en una computadora (National Instruments 2006). Se utiliza una tarjeta de adquisición de datos de National Instruments (NI USB-6008). La tarjeta tiene puertos de entrada analógica para voltajes de 0 a 5 V. La figura 9 muestra una imagen de la interfaz gráfica.



Figura 9. Interfaz gráfica programada en Labview

Se realizaron múltiples pruebas de mediciones para calibrar el sistema de medida, lo cual se logró desplegando en un display LCD, el valor de la presión en Pa y su correspondiente valor de altura en la columna de agua, dada en milímetros; en la figura 10 se muestra un ejemplo de esta medición.



Figura 10.- Prueba de calibración del sistema de medida

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados muestran una relación prácticamente lineal, se tiene aproximadamente 1 V de salida por cada 100 mm de columna de agua.

La desviación máxima es de $4.40 - 4.37 = 0.03$ V y ocurre en una altura de presión de 440 mm

de agua, en relación a la línea ideal mostrada en la figura 8 y dada por la ecuación (9).

En la figura 6 se tiene una fotografía del prototipo didáctico. Contiene un póster adherido y en él se ha colocado la gráfica de la figura 8 y la ecuación (9).

De esta manera el estudiante realiza la medición visual en el tubo en U, introduce su valor en la ecuación (9) y realiza la medición por medio de un voltímetro.

Con lo anterior el estudiante verifica y comprueba el resultado. Además el póster contiene una recta ideal que relaciona el voltaje con la presión y se muestra en la figura 11.

Una vez obtenido el voltaje, se puede encontrar la presión manométrica en el interior del tanque y el resultado se compara con la ecuación (7).

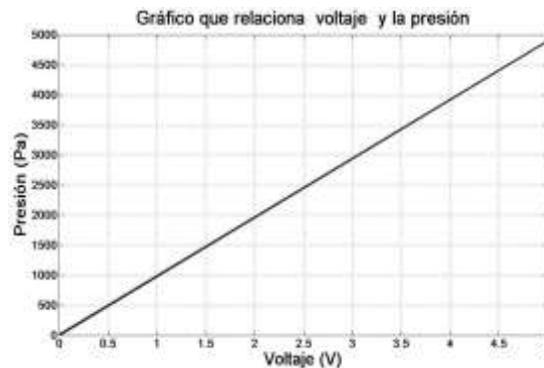


Figura 11. Voltaje de salida para presión

6. CONCLUSIONES

Se ha construido un prototipo didáctico de medición de presión manométrica. El rango de voltaje va de 0 a 5 V para una altura de presión de hasta 500 mm columna de agua. El prototipo sirve de apoyo para los estudiantes de licenciatura en las asignaturas de física e instrumentación, que les ayude a comprender el concepto de presión y su medida, de forma práctica.

El prototipo aun se sigue mejorando, ya que se le ha agregado un display de pantalla LCD con respecto al prototipo original, para que muestre el valor de la presión sin necesidad del uso de

una computadora, en caso que las aplicaciones de campo lo ameriten.

Se pretende que el prototipo sea modular con la finalidad de que los estudiantes obtengan y manipulen la señal de presión. Se recomienda que los bloques del sistema de medida se tengan en distintas placas de circuitos.

7. LITERATURA CITADA

Hesse S. 2006. Sensores en la técnica de fabricación, Blue Digest on Automation, Festo AG & Co, Esslingen, Alemania.

Sears F. W. y M. W. Zemansky 2005. Física Universitaria con física moderna, Pearson, México, Undécima Edición.

National Instruments. 2006. Getting Started with LabVIEW, Versión 8.20, Austin Texas, USA.

Lajara-Vizcaíno J. R. y J. S. Pelegrí. 2007. LabVIEW Entorno gráfico de programación, Alfaomega, México.

Motorola. 2002. Semiconductor technical data MPX2010DP. www.freescale.com.

7.1 Referencias adicionales

Figliola R. S. y D. E. Beasley. 2008. Mediciones Mecánicas Teoría y Diseño, Ed. Alfaomega, México, Cuarta Edición.

Floyd T. 2005. Dispositivos Electrónicos, Ed. Limusa, México.

Hesse, S. 2006. Aire comprimido fuente de energía, Blue Digest on Automation, Festo AG & Co, Esslingen, Alemania.

TECNOLOGÍA DEL CONVERTIDOR BOOST MULTINIVEL

J.C. Rosas-Caro¹, R. Salas-Cabrera¹, C. García-Guendulain² y C. Torres-Orozco²

¹Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Av. 1o. de Mayo esq. Sor Juana Inés de la Cruz s/n Col. Los Mangos C.P.89440, Cd. Madero Tamaulipas, México.

²Universidad Politécnica de Altamira, Boulevard Manuel Cavazos Lerma #406 Local2 Altamira Centro C. P. 89600, Altamira Tamaulipas.

RESUMEN: El presente trabajo expone el más avanzado convertidor boost multinivel, el cual es una topología emergente para convertidor de potencia de cd-cd con las ventajas de proveer un alto factor de elevación sin un ciclo de trabajo extremo y sin el uso de transformadores. Utiliza un solo interruptor de bajo voltaje y el factor de elevación puede ser aumentado agregando componentes pasivos logrando una estructura modular.

PALABRAS CLAVE: Convertidor cd-cd, electrónica de potencia, convertidor elevador, step-up.

ABSTRACT: This work presents the state of the art in the multilevel boost converter which is an emerging topology for dc-dc conversion with advantages such as providing a high boost factor without an extreme duty cycle, transformer-less and using a single low voltage switch. The boost factor can be increased by adding passive components achieving a modular structure.

KEY WORDS: Cd-cd converter, potency electronics, elevator converter, step-up.

1.- INTRODUCCIÓN

Los convertidores estáticos de potencia cd-cd han sido ampliamente utilizados para elevar o disminuir el nivel de voltaje con el fin de alimentar una carga a partir de una fuente de voltaje diferente al requerido para dicha carga. Tradicionalmente la investigación en este campo se enfoca en realizar la conversión con: (i) la mayor eficiencia posible, la cual se mide en el porcentaje de la potencia que sale con respecto de la potencia que entra al convertidor, (ii) buena regulación del voltaje de salida en estado estacionario ante variaciones del voltaje de entrada, la cual se mide en el porcentaje máximo de variación permitido para el voltaje de salida con respecto del voltaje nominal, (iii) el menor tamaño posible para la misma potencia lo cual se evalúa con la densidad de potencia en unidades de volumen sobre unidades de potencia, por ejemplo centímetros cúbicos sobre watt.

Recientemente la investigación tiene objetivos no tradicionales, el estado del arte está enfocado a solucionar problemas de las tecnologías emergentes como:

1.1. Mejora del comportamiento transitorio

Uno de los objetivos del estado del arte es la regulación del voltaje de salida ante cambios bruscos de la carga, esto es principalmente motivado por el desarrollo de los microprocesadores, los cuales presentan un comportamiento altamente no lineal, en un momento pueden estar en modo ahorro de energía y drenar una corriente despreciable y repentinamente salir de dicho modo de operación para realizar un gran número de operaciones, lo cual eleva la corriente cientos de veces de forma repentina, lo que se asemeja a conectar repentinamente una gran carga a la salida de convertidor, esto ocasiona un estado transitorio en el que el voltaje de salida disminuye, esa disminución es inevitable pero debe de ser regulada a porcentajes muy pequeños del voltaje nominal, por ejemplo 1%.

1.2. Topologías con alto factor de reducción.

El sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica tiene la tendencia natural de incrementar paulatinamente los rangos de voltaje, lo que disminuye la corriente y con esto las pérdidas por efecto Joule en las líneas de transmisión y distribución, incrementando con esto la eficiencia del sistema. Por otra parte, los

sistemas digitales y microprocesadores tienen la tendencia natural de disminuir los rangos de voltaje de alimentación para reducir el tamaño, incrementar la eficiencia y la velocidad de los sistemas digitales.

Este escenario presenta retos de diseño interesantes, cuando se trata de reducir el voltaje, debido a la ganancia de voltaje extremadamente baja que se necesita, el convertidor reductor o buck tradicional necesita un ciclo de trabajo muy bajo para reducir el voltaje en esos niveles, lo cual tiene varios inconvenientes, el retardo de los circuitos de conmutación hace que si el ciclo de trabajo es muy bajo el pulso en la señal de disparo será tan corto (en tiempo) que el convertidor no alcance a conmutar, esto se puede solucionar reduciendo la frecuencia de conmutación pero es indeseable pues incrementa el tamaño de los componentes pasivos para los mismos parámetros de rizado en el voltaje y la corriente (Axelrod *et al.*, 2008; Maksimovic *et al.*, 1991; Middlebrook *et al.*, 1988).

Un buen ejemplo de aplicación es la fuente de alimentación de las computadoras, donde un microprocesador necesita ser alimentado con un voltaje de alrededor de 1 volt de cd mientras que la fuente se alimenta con 120V-220V de ca. Actualmente esto se soluciona con un rectificador de línea, seguido por un inversor de alta frecuencia, que alimenta a un transformador con núcleo de ferrita para finalmente rectificar de nuevo el voltaje, reduciendo el voltaje mediante la relación de vueltas del transformador, sin embargo esto hace el circuito grande y complejo comparado con las topologías de convertidores cd-cd tradicionales.

1.3. Topologías con alto factor de elevación

En el caso de los convertidores elevadores surgen retos similares al de los convertidores reductores. Hay aplicaciones en donde se necesita alto voltaje y baja corriente como televisores CRT, sistemas de rayo láser, sistemas de rayos X, bombas iónicas y sistemas electrostáticos (Zhou *et al.*, 1999).

Otros casos son las aplicaciones de generación con energía renovable donde el bajo voltaje de un panel fotovoltaico, o de una celda de

combustible necesita ser elevado para poder alimentar a un inversor conectado a la red que pueda inyectar la potencia generada al sistema eléctrico o alimentar cargas de forma independiente.

Para equipos estándar de telecomunicación que proveen servicio de Internet, los 48V de las baterías necesitan ser elevados a un bus intermedio de 380V (Axelrod *et al.* 2008). Las lámparas de alta intensidad de descarga (HID) para aplicaciones automotrices necesitan durante el inicio, que el voltaje de las baterías de 12V se eleve a más de 100V a 35W (Axelrod *et al.*, 2008).

Al igual que en el caso de los convertidores reductores, un transformador con una alta ganancia de voltaje no es deseable pues esto incrementa las características no ideales del transformador (Zhou *et al.*, 1999). Las pérdidas en los transformadores también limitan la frecuencia de conmutación, y con los recientes desarrollos de los MOSFETs de alta velocidad, la frecuencia de conmutación está limitada principalmente por el uso de transformadores (Axelrod *et al.*, 2008; Maksimovic *et al.*, 1991; Middlebrook *et al.* 1988; Zhou *et al.*, 1999).

Para reducir el tamaño de los convertidores de CD-CD se utiliza alta frecuencia de conmutación, lo que resulta en inductores y capacitores más pequeños para los mismos rizados de corriente y voltaje (Axelrod *et al.*, 2008; Maksimovic *et al.*, 1991; Middlebrook *et al.*, 1988; Zhou *et al.*, 1999). Esta es la motivación de usar varios cientos de kilohertz (Middlebrook *et al.*, 1988). El retardo natural de la conmutación en los interruptores reales limita la frecuencia de conmutación cuando el ciclo de trabajo es muy alto, (cercano a uno).

Este escenario tiene como consecuencia que el diseño de convertidores con altos factores de elevación de voltaje sea uno de los llamados hot topic en la electrónica de potencia, un tema en el que se está investigando intensamente debido a su importancia y el interés mundial en la energía alternativa. Recientemente se han propuesto y se siguen proponiendo topologías que persiguen simpleza y eficiencia.

2.- EL CONVERTIDOR BOOST MULTINIVEL

Una de las topologías recientemente propuestas por Rosas-Caro *et al.* (2010) y Rosas-Caro *et al.* (2008) es la boost multinivel (Fig. 1), la cual tienen como principal ventaja el contar con un único interruptor que bloquea una fracción del voltaje de salida.

El convertidor boost multinivel *CBM* combina la topología boost y la función de multiplicación mediante capacitores conmutados para proveer una salida de varios capacitores en serie con el mismo voltaje y auto balanceo de dichos voltajes, lo que es importante para algunas aplicaciones como alimentar un inversor multinivel de diodo fijador el cual no puede balancear el voltaje por si mismo (Rosas-Caro *et al.*, 2008).

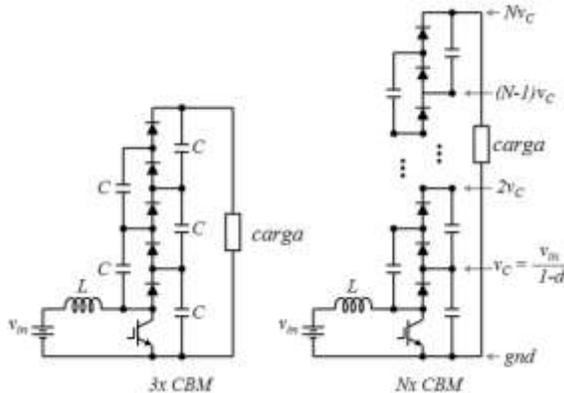


Fig. 1. El convertidor boost multinivel de 3x y Nx.

El voltaje en los capacitores de salida es controlado por modulación de ancho de pulso *PWM*, puede ser configurado para tener *N* capacitores de salida lo cual se representa como un *CBM* de *Nx*, para lo cual se necesita de, $2N-1$ diodos, $2N-1$ capacitores y un único transistor, el número total de niveles tomando en cuenta el nivel cero es de $N+1$. El número de niveles puede ser incrementado agregando capacitores y diodos y es posible lograr implementaciones modulares.

2.1. Principio de operación

La Fig. 2 muestra un *CBM* de 2x. Como se aprecia la parte mas baja es idéntica a la topología del convertidor boost tradicional.

Cuando un convertidor de cualquier topología está trabajando en modo continuo de conducción *CCM*, en estado estacionario, la corriente de sus inductores así como el voltaje en los capacitores se mantiene constante en promedio. De un ciclo de conmutación a otro el promedio de corriente de los inductores y el voltaje de los capacitores no cambia, esto debido a que en promedio el voltaje en los inductores así como la corriente en los capacitores es cero durante un ciclo de conmutación.

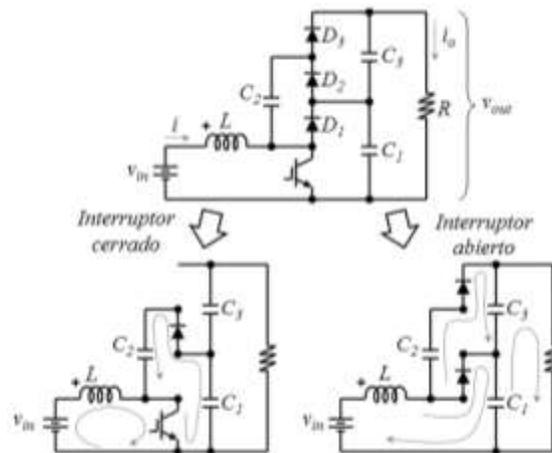


Fig. 2. *CBM* de 2x junto con sus circuitos equivalentes de acuerdo al estado de conmutación.

En el convertidor de la Fig. 2, esta condición para el voltaje en el inductor en promedio durante un ciclo de conmutación puede ser expresada como (1):

$$\langle v_L \rangle_T = \frac{1}{T} [t_{on} v_{in} + t_{off} (v_{in} - v_{C1})] = 0 \quad (1)$$

En donde t_{on} y t_{off} representan los tiempos en los que el interruptor está cerrado y abierto respectivamente y T representa el periodo total de conmutación, se puede apreciar en la Fig. 2, que cuando el interruptor está cerrado, el voltaje del inductor es igual al voltaje de entrada v_{in} , y cuando el interruptor está abierto, el voltaje del inductor es igual al voltaje de entrada menos el voltaje en el capacitor C_1 .

Si se define el ciclo de trabajo d como la razón del tiempo en el que el interruptor esta cerrado

sobre el periodo total de conmutación, es posible corroborar las siguientes expresiones:

$$d = \frac{t_{on}}{T}; \quad (1-d) = \frac{t_{off}}{T}$$

(2)

Y (1) puede ser reescrita tomando en cuenta las definiciones en (2) como (3):

$$\langle v_L \rangle_T = dv_{in} + (1-d)(v_{in} - v_{C1}) = 0$$

(3)

A partir de (3) es posible escribir el voltaje en el capacitor C_1 como (4):

$$v_{C1} = v_{in} \frac{1}{1-d}$$

(4)

Esto muestra que la parte inferior del convertidor trabaja exactamente como el convertidor boost tradicional. El arreglo de diodos y capacitores trabaja como una estructura multiplicadora de voltaje (Rosas-Caro *et al.*, 2008). Cuando el interruptor está cerrado, si el capacitor C_2 tiene un voltaje menor al capacitor C_1 , entonces el diodo D_2 se cerrará conectando C_1 y C_2 en paralelo, y C_1 cargará el capacitor C_2 . Cuando el interruptor se abre, la corriente del inductor cierra al diodo D_1 , si el voltaje de C_3 es menor que el voltaje C_2 entonces el diodo D_3 cerrará cargando C_3 , esto hace que el voltaje en todos los capacitores sea el mismo y provee de esta forma una capacidad de auto-balanceo.

Por ejemplo un inversor de diodo fijador puede ser conectado como carga a la salida del CBM y el CBM mantendrá el balance de voltaje en todos los niveles de voltaje del inversor (Rosas-Caro *et al.*, 2008b).

Agregando capacitores y diodos es posible elevar el voltaje mediante la estructura multiplicadora (Rosas-Caro *et al.*, 2008a), logrando con esto una estructura modular escalable que puede ser aumentada sin modificar la estructura básica del convertidor.

La Fig. 3 muestra el CBM en una configuración de 3x cuando el interruptor está cerrado, todos

los casos mostrados en la Fig. 3, suceden en el mismo momento, el inductor está conectado al voltaje de entrada V_{in} , vea Fig. 3(a). Al igual que en la configuración de 2x, si el voltaje en C_2 es menor que el voltaje en C_1 , entonces C_1 carga a C_2 a través del diodo D_1 y el interruptor, vea Fig. 3(b).

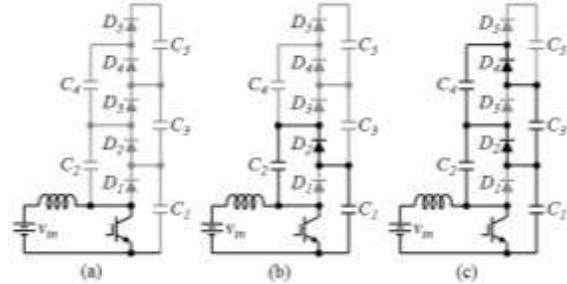


Fig. 3. Funcionamiento del CBM de 3x cuando el interruptor está cerrado.

De forma simultanea, si el voltaje en los capacitores C_2+C_4 es menor que el voltaje en los capacitores C_1+C_2 entonces C_1 y C_2 cargarán a C_2 y C_3 a través del diodo D_4 y el transistor, vea Fig. 3(c).

La Fig. 4 muestra el CBM de 3x cuando el interruptor está apagado, el cual es el estado complementario de la Fig. 3. En este caso (vea Fig. 4) cuando el interruptor se abre, la corriente del inductor, cierra D_1 , cargando C_1 , Fig. 4(a). Cuando D_1 cierra, C_2 y el voltaje de entrada más el voltaje en el inductor cargan el voltaje en C_3 y C_1 a través de D_3 , Fig. 4(b). De forma similar, el voltaje en el inductor, más V_{in} , C_2 y C_4 cargan a C_1 , C_3 y C_4 a través de D_5 .

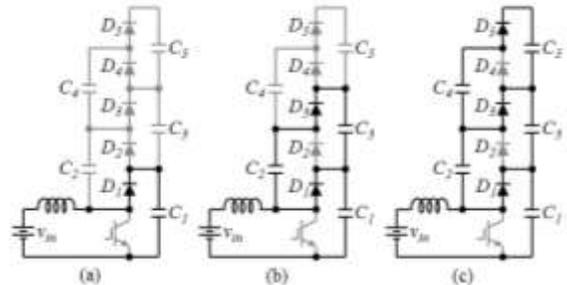


Fig. 4. Funcionamiento del CBM de 3x cuando el interruptor está abierto.

Es interesante notar que D_1 , D_3 y D_5 conmutan sincronizadamente, y de forma complementaria con D_2 , D_4 y el interruptor, vea Fig. 3 y Fig. 4. Y

que la conmutación de todos los diodos está controlada con el único interruptor del convertidor.

Este análisis de funcionamiento se ha hecho con consideraciones ideales para los componentes, el cobre con que se construyen los inductores, tiene cierta resistencia que se refleja en pérdidas de conducción del inductor y se modela como una resistencia equivalente en serie al inductor ideal, *ESR* por sus siglas en inglés, esto tiene un efecto negativo en la capacidad del convertidor para elevar el voltaje, se ha sido analizado en Rosas-Caro *et al.* (2010) y Rosas-Caro *et al.* (2008) en donde se ha determinado que el máximo voltaje alcanzable depende no solo de dicha resistencia sino también de la resistencia de carga y se han provisto las ecuaciones necesarias para calcular dichos voltajes.

Otra limitante en la operación real es la caída de tensión en los diodos cuando estos se encuentran encendidos, lo que ocasiona también una disminución en el voltaje esperado dicho efecto también ha sido analizado en Rosas-Caro *et al.* (2010) y Rosas-Caro *et al.* (2008) y se ha propuesto una metodología para calcular el voltaje de salida, tomando en cuenta la caída de tensión en los diodos, basado en un riguroso análisis matemático.

Las pérdidas de conducción en el inductor ó pérdidas en el cobre debido a la *ESR*, se pueden minimizar utilizando inductores con valores mas bajos de inductancia, lo cual es posible manteniendo el mismo rizo de corriente cuando se utiliza conmutación de alta frecuencia.

2.2 Comparación con otras topologías del estado del arte

Como se ha comentado, el desarrollo de convertidores con alta ganancia de voltaje sin utilizar ciclos de trabajo extremos y libres de transformadores es un tema de interés actual para la investigación en electrónica de potencia.

Existen varias topologías tradicionales y emergentes para afrontar los retos que esta tarea requiere, esta sección se comparan algunas de dichas topologías.

2.2.1 Push-Pull con Pre-Regulador Buck

Unas de las topologías tradicionales para realizar un convertidor con alta ganancia de voltaje es la topología push-pull la cual utiliza un transformador y dos interruptores para invertir el voltaje de entrada, debido a su naturaleza inversora este circuito es ampliamente utilizado en los inversores de baja tensión con un transformador de núcleo laminado, para realizar transformación cd-cd de alta ganancia es posible utilizar un transformador de núcleo de ferrita y conmutarlo a decenas de kHz, con el fin de reducir el tamaño, el transformador puede tener una relación de transformación que eleve el voltaje y en la salida es posible utilizar un rectificador multiplicador de voltaje para tener una ganancia aún mayor, vea Fig. 5.

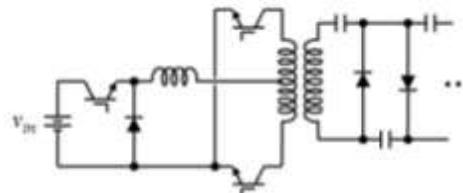


Fig. 5. Topología push-pull con pre-regulador buck.

El convertidor puede ser extendido a aplicaciones de alto voltaje, agregando capacitores y diodos al multiplicador de salida, sin embargo tiene limitaciones que se han mencionado en Zhou *et al.* (1999) como: (i) el convertidor push-pull no puede controlar el voltaje en la salida por si mismo, un convertidor Buck puede ser utilizado como pre-regulador para tal fin, como se aprecia en la Fig. 5. (ii) requiere dos estaciones de conversión que incluyen tres interruptores y un complejo sistema de control, (iii) requiere de un transformador elevador que como se ha comentado en la sección 1 no es deseable (iv) debido al pre-regulador buck la corriente de entrada es discontinua lo que es indeseable para la fuente de alimentación, algunas fuentes de energía renovable como las celdas solares y de combustible no toleran una corriente de salida discontinua.

2.2.2 Convertidor Boost Cuadrático

La Fig. 6 muestra la topología boost cuadrática, la cual tiene la ganancia del voltaje del boost tradicional pero elevada al cuadrado, puede ser

extendido a ganancias de voltaje en forma exponencial por ejemplo (por ejemplo al cubo) utilizando un solo interruptor y agregando inductores, diodos y capacitores, la corriente de entrada es continua lo que representa una ventaja, sin embargo tiene limitantes como (i) el interruptor bloquea el voltaje de salida, lo que limita dicho voltaje a un nivel manejable por el interruptor, (ii) requiere varios inductores, que son la parte mas grande del convertidor y difícil encapsular, (iii) el desarrollo del control es relativamente complejo.

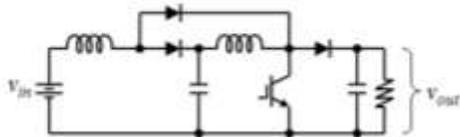


Fig. 6. Convertidor boost cuadrático.

2.2.3 Boost con Pre-multiplicador

La Fig. 7 muestra una topología recientemente propuesta en Abutbul *et al.* (2003), y consta de dos estaciones de conversión, la primera es un multiplicador de voltaje basado en capacitores conmutados y la segunda etapa es un convertidor boost tradicional.

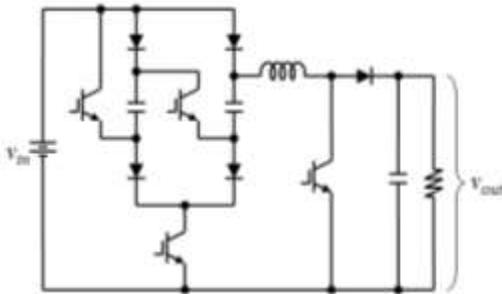


Fig. 7. Boost con pre-multiplicador.

La primera estación carga N capacitores al voltaje de entrada en el primer estado de conmutación, en el ejemplo de la Fig. 7 $N=2$, en el siguiente estado de conmutación conecta los capacitores en serie para alimentar a la estación boost con un voltaje superior al de la entrada.

La estación de capacitores conmutados puede operar con una eficiencia muy alta, lo que es una ventaja, pero puede hacer esto porque que no regula el voltaje de salida, la estación boost es necesaria si el voltaje de salida debe de ser

controlado, una ventaja de tener la estación boost después de un multiplicador de voltaje es que el inductor drenará una corriente inferior a la corriente de entrada, mientras menos corriente drene el inductor, habrá menores pérdidas debidas a la ESR, sin embargo requiere un gran número de interruptores y al igual que en el caso del boost cuadrático, el interruptor de la estación boost bloquea el voltaje de salida, lo que limita el voltaje de salida (no la ganancia de voltaje).

2.2.4 Topología de alto voltaje

Una topología que puede ser extendida a alto voltaje se presenta en Zhou *et al.* (1999), vea Fig. 8, consta de una sola estación que puede ser extendida mediante diodos y capacitares. Al igual que el CBM, tiene otras ventajas como una corriente de entrada continua y una estructura muy simple, la única desventaja es que el voltaje de salida es negativo con respecto de la entrada.

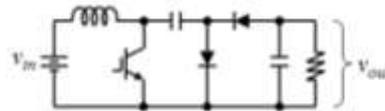


Fig. 8. Topología propuesta por Zhou *et al.* 1999.

2.2.5 Comentarios sobre topologías actuales

Las topologías anteriormente descritas tienen ventajas y limitaciones como todos los circuitos de conversión, por ejemplo, las topologías mostradas en las Fig. 5 y Fig. 7 comparten los inconvenientes de un transistor que bloquea el voltaje de salida, por lo que son convenientes para aplicaciones de bajo voltaje, pero conforme aumenta el voltaje el transistor de salida limita el máximo voltaje alcanzable. Esta limitante se ha presentado también en la conversión de cd-ca (inversores) y la solución fue la implementación de topologías multiniveles (Lai *et al.*, 1996; Rodríguez *et al.*, 2002) en donde convertidores de alto voltaje pueden ser construidos con dispositivos de bajo voltaje porque cada dispositivo bloquea solamente uno de los múltiples niveles de voltaje.

Las topologías multinivel utilizadas para inversores han sido estudiadas también para aplicaciones en conversión de CD-CD, con las tres topologías básicas topologías: diodo fijador, capacitor volante, y celdas en cascada (Zhang *et al.*, 2004), y se ha mostrado que excluyendo la topología de diodo fijador, es posible utilizarlos para tal propósito.

Además de esto los inversores multinivel han traído la promesa de convertidores que puedan ser conectados directamente a la red sin necesidad de transformadores. Una de las topologías mas exitosas es la de diodo fijador (Yonetani *et al.*, 2008), sin embargo dicha topología tiene un bus de cd compuesto por varios capacitores en serie cuyo voltaje debe ser balanceado (todos los capacitores deben tener el mismo voltaje). Esto se puede aplicar también a la generación con energías renovables, pero entonces surge la pregunta de cómo elevar el voltaje de cd de las energías renovables para después alimentar a un inversor con diodo fijador y mantener al mismo tiempo el balance de voltaje en los capacitores, esto sería imposible con las topologías comentadas en esta sección. Es posible utilizar circuitos de balanceo adicionales para tal fin como en Yonetani *et al.* (2008).

Es posible también observar que el convertidor boost multinivel puede realizar esta tarea con relativa facilidad pues su voltaje de salida está dado en una serie de capacitores cuyo voltaje se mantiene balanceado por la operación del convertidor como se ha estudiado en Rosas-Caro *et al.* (2008a).

3.- CONCLUSIONES

Este trabajo presenta el estado del arte del convertidor boost multinivel, una topología emergente cuyas principales características son:

- (i) Alto factor de elevación de voltaje sin el uso de transformadores ni ciclos de trabajo extremos.
- (ii) El voltaje de salida está provisto en un enlace de capacitores en serie cuyo voltaje está auto-balanceado.

(iii) Una estructura simple y modular que consta de pocos elementos destacando un único interruptor de bajo voltaje y un único inductor. El número de niveles y el factor de elevación de voltaje pueden ser aumentados agregando diodos y capacitores.

(iv) La corriente de entrada es continua.

El CBM se ha propuesto principalmente como enlace de CD en aplicaciones donde se necesita de varios niveles del mismo voltaje y corriente unidireccional, como los sistemas de generación alimentados con energías alternativas que alimentan a convertidores multinivel. El desarrollo de la topología se puede resumir en:

- 1- Fue propuesta en Rosas-Caro *et al.* (2008b), en donde además se ha realizado un análisis de funcionamiento, validándolo con resultados de simulación y experimentales, con lo que el principio básico de funcionamiento del convertidor ha sido demostrado. Además se ha estudiado la ganancia de voltaje ante condiciones no ideales por parte del inductor y los diodos.
- 2- Se han estudiados esquemas de conversión sin inductor aunque esto resulta en un multiplicador no controlado, esto es, no puede controlar el voltaje, sólo multiplicar la entrada por un entero positivo fijo (Rosas-Caro *et al.*, 2008a).
- 3- En Rosas-Caro *et al.*, (2008b) se ha propuesto su uso para balancear el enlace de CD del inversor de diodo fijador, en donde se comparó con otros esquemas recientemente propuestos para el balanceo de dicho enlace de CD y se validó con resultados de simulación.
- 4- En Rosas-Caro *et al.* (2010) y Rosas-Caro *et al.*, (2008) se ha propuesto una topología llamada boost multinivel con fuente central, cuyo principio ha sido validado en simulación más no experimentalmente.

Existen temas abiertos en el desarrollo de este convertidor como: (i) El análisis de la ganancia de voltaje ante no-idealidades en los capacitores, (ii) El modelado dinámico y control del convertidor, (iii) Aplicaciones específicas. Temas que podrán ser cubiertos en futuras investigaciones.

4. LITERATURA CITADA

- Abutbul O., A. Gherlitz, Y. Berkovich y A. Ioinovici. 2003. Step-up switching-mode converter with high voltage gain using a switched-capacitor circuit. IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications, vol. 50 (8): 1098-1102.
- Axelrod B., Y. Berkovich y A. Ioinovici. 2005. A cascade boost-switched-capacitor-converter - two level inverter with an optimized multilevel output waveform. IEEE Transactions on Circuits and Systems I, 52 (12):2763-2770.
- Axelrod B., Y. Berkovich y A. Ioinovici. 2008. Switched-Capacitor/Switched-Inductor Structures for Getting Transformerless Hybrid DC-DC PWM Converters. IEEE Transactions on Circuits and Systems I, 55 (2):687-696.
- Lai J. S. y F. Z. Peng. 1996. Multilevel converters-a new breed of power converters. IEEE Transactions on Industry Applications, 32 (3):509-517.
- Maksimovic D. y S. Cuk. 1991. Switching converters with wide DC conversion range. IEEE Transactions on Power Electronics, 6 (1):151-157.
- Middlebrook R. D. 1988. Transformerless DC-to-DC converters with large conversion ratios. IEEE Transactions on Power Electronics, 3 (4): 484-488.
- Rodríguez J, J. S. Lai, F. Z. Peng. 2002. Multilevel inverters: a survey of topologies, controls, and applications. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 49 (4): 724-738.
- Rosas-Caro J.C., J. M. Ramírez y P. M. García-Vite. 2008. Novel DC-DC Multilevel Boost Converter. Proceedings Power Electronics Specialists Conference. Pp. 2146-2151.
- Rosas-Caro J.C., J. M. Ramírez. y P. M. García-Vite. 2008a. A Novel Two Switches Based DC-DC Multilevel Voltage Multiplier. Proceedings 2008 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives Automation and Motion. Pp. 930-934.
- Rosas-Caro J.C., J. M. Ramírez, y A. Valderrabano. 2008b. Voltage balancing in DC/DC multilevel boost converters. Proceedings 2008 North American Power Symposium. Pp. 1-7.
- Rosas-Caro J.C., J. M. Ramírez, F. Z. Peng y A. Valderrabano. 2010. A DC-DC Multilevel Boost Converter. IET Power Electronics, 3 (1): 129-137.
- Yonetani, S., Y. Kondo, H. Akagi y H. Fujita. 2008. A 6.6-kV Transformerless STATCOM Based on a Five-Level Diode-Clamped PWM Converter: System Design and Experimentation of a 200-V 10-kVA Laboratory Model. IEEE Transactions on Industry Applications, 44 (2): 672-680.
- Zhang F., F. Z. Peng y Z. Qian. 2004. Study of the multilevel converters in DC-DC applications. Proceedings 2004 Power Electronics Specialists Conference. Vol. 2, pp. 1702-1706.
- Zhou D., A. Pietkiewicz y S. Cuk. 1999. A three-switch high-voltage converter, IEEE Transactions on Power Electronics, 14 (1): 177-183.



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

SEP

Instituto Tecnológico de Cd. Victoria

División de Estudios de Posgrado e Investigación

Maestría en

CIENCIAS EN BIOLOGÍA

PADRÓN NACIONAL DE POSGRADO DE CALIDAD (SEP-CONACYT)

Especialidad:

Manejo y Conservación de Recursos Naturales (Terrestres o Acuáticos)



Becas Disponibles

Maestría en Ciencias en Biología

PERFIL

El programa está diseñado para egresados de la carrera de biología o afines como médicos veterinarios, ingenieros agrónomos, ingenieros ambientales e ingenieros forestales. Podrán participar egresados de otras carreras con la aprobación del consejo de posgrado.

REQUISITOS DE INGRESO Y DOCUMENTACIÓN

- Presentar solicitud por escrito justificando su ingreso a la Maestría en Ciencias en Biología.
- Copia (s) de título profesional, certificado de calificaciones, diploma (s) y constancias de otros estudios.
- Constancia de promedio mínimo de 8 (ocho) en estudios de licenciatura.
- Presentar currículum vitae con copias de documentos que amparen el mismo.
- Comprender el idioma inglés.
- Carta de recomendación de un investigador reconocido.
- Dos fotografías tamaño credencial.
- Acreditar el examen de admisión.
- Carta compromiso para asegurar el término en 2 años de los estudios de maestría.
- Involucrarse en proyectos de investigación.
- Entrevista con el comité de posgrado.
- Ser estudiante de tiempo completo.

PLAN DE ESTUDIOS

El programa está diseñado para concluirse en 2 años y consta de 5 materias básicas, 6 optativas y elaboración de una tesis.

Áreas disponibles actualmente para investigación y desarrollo de tesis:

Entomología, Malacología, Micología, Mastozoología, Ciencias Forestales (Biodiversidad, Sistemática, Ecología y Fisiología).

PLANTA DOCENTE

Barrientos Lozano Ludivina, Ph.D. Universidad de Gales, College of Cardiff. Reino Unido. Entomología Aplicada.

Castro Arellano Iván, Ph.D. Texas A & M University. USA. Mastozoología y Ecología

Correa Sandoval Alfonso, Dr. UNAM
Malacología y Ecología Marina.

García Jiménez Jesús, M.C. UANL
Micología y Parasitología Forestal.

Guevara Guerrero Gonzalo, Dr. UANL.
Biotecnología y Micología.

Horta Vega Jorge V., Dr. CINVESTAV-IPN
Neurociencias y Entomología.

Maldonado Reyes Araceli, Dra. CINVESTAV-IPN

Moreno Valdez Arnulfo, Ph.D. Texas A & M University, USA. Ecología y Conservación de Mamíferos.

Almaguer Sierra Pedro, M.C. UAAAN.
Conservación de Suelos y Agrometeorología.

Escamilla Gallegos Oscar S., Dr. U.A.T. Nutrición y Forrajes.

Flores Gracia Juan, Dr. UANL.
Genética y Biotecnología.

González Gaona Othón J., Dr. ITESM.
Entomología y Toxicología.

INFORMES

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CD. VICTORIA División de Estudios de Posgrado e Investigación

Bld. Emilio Portes Gil No. 1301 Cd. Victoria, Tam.
C.P. 87010 Apdo. Postal 175
Tels. (834) 31 3 06 61, 3 06 62 Fax (834) 31 3 36 46
Pág.: <http://maestriaenbiologia.com>;
<http://www.itvictoria.edu.mx>
E-mail: ludivinab@yahoo.com



**CONVOCATORIA PARA PUBLICAR EN TecnoINTELECTO: TÍTULO CON MAYÚSCULAS
DEBIDAMENTE ACENTUADAS, EN NEGRITAS, CENTRADO, ARIAL 10,
INTERLINEADO SENCILLO**

Autor(es) Arial 10 puntos, itálica, centrado, interlineado sencillo; principia con la inicial del nombre y apellidos completos, separados por un guión, sin grado académico, más de un autor separados con comas e indicadores para los datos siguientes: Institución(es) en 10 Arial, en itálica y centrado, interlineado sencillo, correo electrónico de los autores centrado, interlineado sencillo

RESUMEN: Deberá ser lo más general y significativo posible, de manera que en pocas palabras exprese la aportación más relevante del artículo. Letra tipo Arial de 10 puntos, interlineado sencillo y espaciado anterior de 8 puntos y posterior de 6, iniciando con la palabra **RESUMEN** en negritas. Texto con alineación ajustada en todo el artículo. Si el artículo está en español, adjuntar el resumen inglés.

PALABRAS CLAVE: Colocar las palabras (tres a cinco) más significativas en el artículo, no repetir palabras del título, fuente de 10 puntos, dejando un espacio entre el párrafo anterior.

ABSTRACT: The abstract shall be as general and substantial as possible, in such a way that provides in a few words a clear idea of the paper's contribution. Please use Arial font 10 points, single space, space above 8 points and below 6 points, begin text with the word **ABSTRACT** in bold face. All text through the paper must be aligned to fit page. If paper is in Spanish abstract shall be in English.

KEY WORDS: Please use the most (three to five) significant words, font of 10 points, leaving a space between the preceding paragraphs.

1.- INTRODUCCIÓN

Los criterios para la revisión técnica son: importancia de la contribución a la divulgación científica, pertinencia de métodos empleados, correcta presentación de datos, soporte del manuscrito con literatura relevante y actualizada, discusión suficiente o necesaria. Además, figuras y tablas adecuadas. El manuscrito pasará al comité editorial, quien dictaminará si contiene el mínimo indispensable para ser publicado, lo cual se notificará vía electrónica en formato pdf.

2.- CARACTERÍSTICAS

El cuerpo del artículo en dos columnas con 0.6 cm entre ellas y todos sus márgenes de 3 cm. Cada sección deberá contener un título numerado con formato de párrafo espaciado anterior de 12 y posterior de 6 puntos. La fuente de todo el manuscrito es Arial. En el cuerpo de 10 puntos, interlineado sencillo, con secciones numeradas con números arábigos.

2.1. Idioma Español o inglés.

2.2. Subsecciones

Las subsecciones en formato tipo título, negritas, interlineado sencillo y espaciado anterior y posterior de 6 puntos.

2.3. LAS GRÁFICAS Y TABLAS

Serán en *escala de grises* y se ajustarán de acuerdo a las características de ellas y al gusto del investigador. Deberán ser posicionadas de acuerdo a la necesidad del investigador y bajo su responsabilidad.

3.- LINEAMIENTOS

Los artículos deberán ser inéditos. Cada trabajo deberá presentarse en un mínimo de 5 y un máximo de 10 páginas. De 5 páginas se considerarán artículos cortos y se publicarán a recomendación del comité editorial.

4.- RESPONSABILIDADES

El investigador es responsable del contenido, la sintaxis y el envío de su artículo en Word a la coordinación editorial actual de TecnoINTELECTO: ludivinab@yahoo.com, ludibarrientos@prodigy.net.mx. El Instituto

Tecnológico de Cd. Victoria será responsable de la revisión y aceptación o rechazo de los manuscritos, la edición de la revista, el índice, la impresión y distribución, apoyándose en el Comité Editorial y otras instituciones, si lo considera pertinente.

Los artículos que no se ajusten a las normas editoriales serán rechazados para su adecuación.

5.- FECHAS IMPORTANTES

Recepción de noviembre a enero y de junio a agosto. Respuesta y observaciones, desde su recepción hasta marzo o septiembre según corresponda. Publicación abril y octubre y su distribución en julio y enero

6.- LITERATURA CITADA

6.1. Referencias en texto

Sin numerar, solo citar apellido(s) según el caso y el año separado por una coma, si son más citas separar por punto y coma; dos autores se separan "y" y si son más de dos autores solo se pondrá el apellido(s) del primer autor seguido de "et al.,".

Al final, listar en orden alfabético sin numeración. Autor (es) iniciando con apellido (s) seguido por la inicial del nombre (s), si es el caso puede escribir los dos apellidos separados por un guión. Año. Título del artículo. Nombre de la Revista, Volumen y número de páginas, tipo Arial, 10 puntos, interlineado sencillo.

Artículo científico

Armenta, C. S., H. Bravo y R. Reyes. 1978. Estudios bioecológicos de *Epilachna varivestis* Mulsant, bajo condiciones de laboratorio y campo. *Agrociencia*, 34: 133-146.

Ávila-Valdez, J., L. Barrientos-Lozano y P. García-Salazar. 2006. Manejo Integrado de la Langosta centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker) (Orthoptera: Acrididae) en el sur de Tamaulipas. *Entomología Mexicana*, 5: 636-641.

Libro o Tesis

Jaffe K., J. Lattke y E. Pérez. 1993. El mundo de las hormigas. Equinoccio Ediciones. Universidad Simón Bolívar, Venezuela. 196pp. En el caso de tesis señalar después del título si es profesional o de grado.

Capítulo de libro:

Navarrete-Heredia J. L. y A. F. Newton. 1996. Staphylinidae (Coleoptera). Pp. 369-380. *In*: J. E. Llorente-Bousquets, A. N. García-Aldrete y E. González-Soriano (Eds.). Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una Síntesis de su Conocimiento. Instituto de Biología, UNAM, México, D. F.

Nota: Los autores deben apegarse a las normas editoriales señaladas arriba.

Instituto Tecnológico de Cd. Victoria

División de Estudios de Posgrado e Investigación-Coordinación Editorial
TecnOINTELECTO. Dra. Ludivina Barrientos Lozano. ludivinab@yahoo.com
ludibarrientos@prodigy.net.mx