

VOL.32 (1) ENERO - JUNIO, 2020

REVISTA científica unet

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DEL TÁCHIRA
REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA



DEPÓSITO LEGAL: P.P. 87-0343
ISSN: 1316-869X/11C
REVENCYT: RVR 001
LATINDEX CATÁLOGO
FONACIT: REG-2006000001





**UNIVERSIDAD NACIONAL
EXPERIMENTAL DEL TÁCHIRA**

Raúl Casanova Ostos
Rector

Alexander Contreras
Vicerrector Académico

Martín Paz
Vicerrector Administrativo

Elcy Yudit Núñez
Secretaria



Decanato de Investigación

Ildefonso Méndez Salcedo
Juan C. Zambrano

Decanato de Docencia

Jhon E. Amaya
María E. Porras

Decanato de Extensión

Ronald Angola
Salvador Galiano

Decanato de Postgrado

Mary C. Bernal
Yennifer Rojas

Decanato de Desarrollo Estudiantil

Blanca Figueras
María G. Roperó

**COMITÉ EDITORIAL
REVISTA CIENTÍFICA UNET**

Luis Villanueva
DIRECTOR

Gustavo Perruolo L.
EDITOR JEFE

INDUSTRIAL

María Josefina Torres
José Andrickson
Jhon Amaya
Ángel Gil

SOCIO - HUMANÍSTICO

Luis Villanueva
Solvey Romero
Rosalba Bortone
Josefina Balbo
Ildefonso Méndez
Luis Salazar
María Gabriela Rivero
Sara Medina
Darcy Carrero

CIENCIAS EXACTAS

Gustavo Perruolo
Willian Tovar
Irma Sanabria
América Quintero
Arelis Díaz

AGROPECUARIA

Alexis Valery
Ramón Zambrano
Eudi Arellano
Bridget Moreno
Norelys Rodríguez
Luis Bautista

Teresa Ortega Ross
TRADUCCIÓN EN INGLÉS

Carolina Wong
DIAGRAMACIÓN Y MONTAJE

Samhira González
DISEÑO DE PORTADA



**creative
commons**

Revista Científica UNET

La Revista Científica UNET es un órgano divulgativo de la Universidad Nacional Experimental del Táchira, cuyo objetivo es difundir primordialmente los productos de investigación en las diferentes áreas de las Ciencias: Físicas, Matemáticas, Biológicas, Sociales, de la Tierra y del Medio Ambiente. En ésta se publican todos aquellos artículos originales aprobados por el Comité Editorial, producidos tanto por el personal de la UNET como de otras instituciones nacionales e internacionales, previa solicitud escrita por parte de los interesados.

La Revista Científica UNET es una revista venezolana, de actualización científica, creada por el Consejo Universitario de la UNET N° 003.88 de 12 de febrero de 1988,

apareciendo su primer número el 10 de noviembre de 1987. La Revista es arbitrada por destacados investigadores internacionales, nacionales y regionales. A lo largo de los últimos años se ha venido consolidando en varios aspectos, tales como: 1.) Soporte tecnológico, que incluye administrador de contenidos y administrador de base de datos de usuarios inscritos a través de la lista de canje y donación de la Biblioteca UNET; 2.) Periodicidad a través de la regularización de su publicación semestral garantizando los dos números por año; 3.) Digitalización de los artículos para ser colocados en servidores Web.

Para contactos dirigirse a:

Comité Editorial de Revista Científica UNET, Universidad Nacional Experimental del Táchira, Decanato de Investigación, Avenida Universidad Paramillo, San Cristóbal, Estado Táchira. República Bolivariana de Venezuela.

Teléfono: 0276-3530422 Ext. (313 - 314- 404) / Telefax 0276 - 3532454. 3532949).

Apartado Postal 02 IPOSTEL-UNET.

Correo Electrónico: rcunet@unet.edu.ve

Se aceptan canjes con instituciones académicas y gubernamentales nacionales e internacionales, las cuales publiquen o distribuyan con carácter periódico, revistas, publicaciones o informes estadísticos.

EDITORIAL

Con la nueva normalidad impuesta por la pandemia limitando nuestras vidas, acostumbrados ya a la mascarilla, a geles hidroalcohólicos y a otras medidas que en épocas de antaño nos hubieran sonado a ciencia ficción, seguimos avanzando en esta lucha contra el virus con la esperanza de que en próximos años le ganemos la batalla y nos pueda devolver, algo tan normal como impartir una práctica en un laboratorio.

Frente a las bondades del cambio y lo negativo de la situación estática, no queda otro camino a seguir, sino aquel que permite avanzar al ritmo del progreso, si es que no se quiere sucumbir. La UNET, en atención a sus objetivos tiene que ser dinámica y no puede resistirse a efectuar cambios en su estructura, en la orientación de sus programas, para adecuarse con esta hora y sus problemas. Pero no puede ser una situación cambiante de puras palabras. No, se requiere un cambio de actitud mental para tomar conciencia de esa necesidad y tener la suficiente capacidad de aceptarlo sin reticencia, con decisión y entusiasmo, con sentido positivo que nos permita estar por encima de aquellas pequeñeces personales, de grupos, de intereses o de ideas atadas al pasado que hacen pensar que los tiempos de ayer fueron mejores que los de hoy, lo cual solo sirve de pesado lastre para las nuevas actuaciones.

La disyuntiva está en saber aceptar los cambios. Cualquier cambio que este inspirado en la realidad y circunstancias en que nos desenvolvemos, será siempre mejor que la situación estática, y esto tenemos que comprenderlo fríamente; pues el primero, el cambio, permite conocer los problemas latentes, las inquietudes; la segunda, la situación estática, es muy importante tener en cuenta porque corroe la estructura de la organización.

Con este punto de partida y la ilusión que caracteriza al equipo de la Revista Científica UNET, hemos querido redoblar nuestro esfuerzos para volver a ofrecerles un nuevo número de esta revista que aborde temas interesantes, didácticos y novedosos.

Fruto de ello, es el número que les presentamos, detrás del cual hay horas de trabajo y esfuerzo, pero sobre todo muchas ganas de divulgar y compartir ciencia UNET y poder llevarla a cada rincón del planeta donde haya una persona con ganas de aprender.

Esperamos, como de costumbre, estar a vuestra altura.

Dr. Gustavo Perruolo

SUMARIO

- 1) EFECTO DE LA VARIACIÓN DE PARÁMETROS DIMENSIONALES EN LOS ESFUERZOS PRESENTES EN ENGRANES CILÍNDRICOS HELICOIDALES UTILIZANDO EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS 1
Bohórquez, Leomar; García, Jesús
- 2) ARQUITECTURA METAMÓRFICA CON MÓDULOS DE CONTROL 22
Andrickson, J.; Lopez, M.; Chacón, E.; Casanova, L.
- 3) MORTALIDAD DEL AGENTE POLINIZADOR DE LA PALMA ACEITERA *Elaeidobius* sp., CAUSADA POR AISLAMIENTOS DE *Beauveria bassiana* 36
Escalante, M.; Moreno, M.; Damas D.

SUMMARY

- 1) EFFECT OF THE VARIATION OF DIMENSIONAL PARAMETERS ON THE STRESSES PRESENT IN HELICAL CYLINDRICAL GEARS USING THE FINITE ELEMENTS METHOD 1
Bohórquez, Leomar; García, Jesús
- 2) METAMORPHIC ARCHITECTURE WITH CONTROL MODULES 22
Andrickson, J.; Lopez, M.; Chacón, E.; Casanova, L.
- 3) MORTALITY OF THE OIL PALM POLLINATOR *Elaeidobius* sp., CAUSED BY *Beauveria bassiana* ISOLATES METHOD 36
Escalante, M.; Moreno, M.; Damas D.

INDUSTRIAL

EFFECTO DE LA VARIACIÓN DE PARÁMETROS DIMENSIONALES EN LOS ESFUERZOS PRESENTES EN ENGRANES CILÍNDRICOS HELICOIDALES UTILIZANDO EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS**EFFECT OF THE VARIATION OF DIMENSIONAL PARAMETERS ON THE STRESSES PRESENT IN HELICAL CYLINDRICAL GEARS USING THE FINITE ELEMENTS METHOD****Autores:****Bohórquez, Leomar; García, Jesús**

Laboratorio de Prototipos. Universidad Nacional Experimental del Táchira. 5001. San Cristóbal, Venezuela.

Corresponding Author: jmgarcia@unet.edu.ve**RESUMEN**

Cuando se varían los parámetros dimensionales de los engranes helicoidales de ejes paralelos, se produce un efecto sobre los esfuerzos de flexión y contacto. Por tanto, en este trabajo se hizo uso de las herramientas CAE a fin de estimar estos efectos. Además, se hizo una comparación entre los resultados de simulación con los obtenidos utilizando las ecuaciones teóricas para demostrar la validez del uso de dichas herramientas. Para ello, se realizó el modelado CAD de varios engranes utilizando dientes con perfil de involuta y se seleccionó el elemento tetraédrico para las simulaciones. Luego, a través del Análisis de Elementos Finitos se simularon estos engranes realizando refinamientos sucesivos de malla hasta lograr una convergencia de al menos 5% entre simulaciones continuas. Se compararon los resultados entre las ecuaciones analíticas y las simulaciones, alcanzando errores inferiores al 2,15% en el caso del esfuerzo de flexión, e inferiores al 20% para el esfuerzo de contacto, demostrando que la simulación numérica es válida como herramienta para evaluar los esfuerzos en estos engranes. Posteriormente, se estudió el efecto sobre los esfuerzos del engrane de algunos parámetros dimensionales como el ángulo de hélice, las etapas de contacto de un diente con otro y errores de ensamblaje relacionados con la distancia entre centros que fueron estudiados. Se encontró que estas variables afectan la magnitud de los esfuerzos en los engranes, por tanto, deberían ser considerados cuando se diseña una transmisión de potencia utilizando estos elementos de máquinas.

ABSTRACT

When the dimensional parameters of the helical gears of parallel axes are varied, an effect is produced on the bending and contact stresses. Therefore, in this work the CAE tools were used in order to estimate these effects. In addition, a comparison was made between the simulation results with those obtained using the theoretical equations to demonstrate the validity of Using these tools. To do this, CAD modeling of several gears was performed using teeth with involute profile and the tetrahedral element was selected for the simulations. Then, through the Finite Element Analysis, these gears were simulated by successive mesh refinements until achieving a convergence of at least 5% between continuous simulations. The results were compared between the analytical equations and the simulations, reaching errors lower than 2.15% in the case of the bending stress, and lower than 20% for the contact stress, demonstrating that the numerical simulation is valid as a tool to evaluate the stress in these gears. Subsequently, the effect on gear stresses of some dimensional parameters such as the helix angle, the contact stages of one tooth with another and assembly errors related to distance between centers were studied. It was found that these variables affect the magnitude of the stress on the gears, therefore, they should be considered when a power transmission is designed using these machine elements.

Palabras clave: engranes helicoidales, esfuerzo de flexión, esfuerzo de contacto.**Key words:** helical gears, bending stress, contact stress.**Recibido:**
07/08/2019**Aprobado:**
21/03/2021

INTRODUCCIÓN

En la actualidad son muchas las máquinas y mecanismos que dependen de engranes para transmitir potencia; estos están presentes desde máquinas muy pequeñas como un reloj hasta mecanismos de gran dimensión como radiotelescopios. Los engranajes son usados frecuentemente para transformar un movimiento de rotación que permita lograr una reducción o incremento de velocidad angular, con la consecuente variación del momento torsor en el eje (Budynas & Nisbett, 2008). De manera específica, los engranes helicoidales de ejes paralelos se caracterizan por tener sus dientes inclinados respecto a su eje de rotación (Casillas, 1992). Esta inclinación queda definida por el ángulo de hélice el cual permite que se produzca un contacto progresivo en los dientes, haciendo que estos engranajes sean más silenciosos. Además, les permite soportar mayores cargas que los engranes de dientes rectos, pero se generan tres componentes de carga (tangencial, radial y axial) que los hace menos eficientes respecto a los engranajes rectos (Hamrock, Jacobson, & Schmid, 2000). En el diseño de estos elementos de máquinas, la tecnología computacional juega un papel importante ya que se pueden dimensionar estas piezas a través de los programas de *Diseño Asistido por Computador (CAD)*, para luego simular su funcionamiento utilizando los programas de *Ingeniería Asistida por Computador (CAE)* con una fiabilidad aceptable ya que, los resultados que se obtienen son similares a aquellos conseguidos utilizando ecuaciones analíticas previamente validadas en la literatura académica (Abdulwahhab & Abdullah, 2014; Jani & Shah, 2017). Esto es beneficioso para las empresas encargadas de diseño y manufactura dado que pueden contar con resultados válidos en menores lapsos, brindando así la oportunidad de ahorrar tiempo de diseño, construcción, selección de materiales y realización de ensayos al momento de fabricar una pieza.

Específicamente, los programas *CAE* utilizan principalmente el *Método de Elemento Finito (MEF)* para la obtención de los esfuerzos de flexión en la base del diente y de contacto en la

superficie del diente que se toca con otro diente. Justamente, en los trabajos de Vivas y García (2015), y Chacón *et al.*, (2010) se estudiaron estos esfuerzos en engranajes de dientes rectos. A su vez, se observó el efecto sobre estos esfuerzos cuando hay cambios en la geometría de los dientes y del cuerpo de dichos engranes consiguiendo resultados muy cercanos a los obtenidos mediante las ecuaciones analíticas con diferencias menores al 5%, si se consideran en conjunto los esfuerzos de flexión y de contacto. En el caso de los engranajes helicoidales, existe una mayor dispersión en la exactitud de los resultados en las investigaciones consultadas. Específicamente, en los trabajos de Soto (2014), Díaz (2014), Infanzón (2010), Al-Qrimli, Abdelrhman, Hadi, Mohammed y Sultan (2016), Mote, Gaur y Gujale (2018), Zhang, Zhang, y Shi (2018); y Alemu (2007), se realizaron comparaciones entre los esfuerzos calculados utilizando ecuaciones analíticas y los obtenidos utilizando *MEF*; pero en este caso las diferencias oscilaron entre 2 y 95% considerando en conjunto los esfuerzos de flexión y de contacto. Otros autores han trabajado en investigaciones correlacionales, considerando el efecto que algunas variables dimensionales, de carga y de materiales ejercen sobre la magnitud de los esfuerzos en los engranes helicoidales. Así, Bozca (2018), Gidado, Muhammad y Umar (2014), Revar, Parmar y Shah (2016), Patil, Karuppanan, Atanasovska y Wahab (2014) y, Venkatesh y Murthy (2014) han estudiado el efecto de la variación del ángulo de hélice y el ancho de cara del diente sobre los esfuerzos de flexión y de contacto. En conjunto observaron que existe una reducción de los esfuerzos de flexión y contacto en la medida que se incrementa el ángulo de hélice. Khosroshahi y Fattahi (2017) han hecho un trabajo análogo estudiando el efecto que la magnitud del torque aplicado produce sobre los esfuerzos: encontraron que la relación entre el torque aplicado y el esfuerzo de flexión es lineal, mientras que en el caso del esfuerzo de contacto dicha relación es no lineal. Sahu, Tiwari, y Dewangan (2017) estudiaron el efecto del tipo de perfil al comparar los esfuerzos en los engranes con perfil involuta frente a otros con perfil cicloidal: el esfuerzo de flexión en los engranes

con perfil involuta es menor que dicho esfuerzo para los engranes con perfil cicloidal. Politis, Politis, Lin, Dean, y Balint (2018) estudiaron el efecto de la fabricación de engranajes formados por dos materiales distintos (en la superficie y en el núcleo del diente) en los esfuerzos. Encontraron que se puede utilizar materiales de baja resistencia en el núcleo de los engranes ya que la mayor magnitud de esfuerzos se dan en la superficie de contacto hasta unos pocos milímetros de profundidad. Finalmente, Zhan y Fard (2018) analizaron el esfuerzo de flexión en las diferentes etapas de contacto de un diente helicoidal y encontraron que dicho esfuerzo disminuye en la medida que avanza el contacto en dirección a la base del diente.

En esta investigación, se persiguen varios objetivos: en primer lugar, cuantificar los esfuerzos producidos en los engranes cilíndricos de dientes helicoidales utilizando *MEF*; estos esfuerzos fueron comparados con aquellos obtenidos mediante ecuaciones analíticas disponibles en la literatura. Al respecto, se empleó un procedimiento no convencional para el análisis de convergencia en estos esfuerzos. Esto, sumado a otros procedimientos de modelado y configuración de las condiciones de contorno contribuyó a la obtención de resultados plausibles; por tanto, constituyen un primer aporte de esta investigación. En segundo lugar, estudiar la influencia del ángulo de hélice sobre los esfuerzos. Este análisis sirvió de fundamento para el estudio de la distribución de los esfuerzos en un engrane helicoidal durante la diferentes etapas del contacto entre dos dientes, la cual también fue abordada recientemente por Zhan y Fard (2018). Por último, estudiar el efecto de los errores de acoplamiento sobre los esfuerzos de flexión y contacto, específicamente cuando los engranes se acoplan con distancias entre centros mayores a la ideal definida teóricamente. Este último análisis constituye el mayor aporte de esta investigación, ya que permitió verificar que estos desajustes afectan la magnitud de los esfuerzos en los engranes al momento de transmitir cargas.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Este trabajo se centra en el análisis de los esfuerzos de flexión en la base del diente y de contacto en la superficie de los dientes que se tocan. Dichos esfuerzos se definen a continuación.

Esfuerzo de flexión

Es el fuerza generada en la raíz del diente producto por el momento flector generado por una carga tangencial (W_t) que se origina cuando un par de dientes están en contacto (Budynas & Nisbett, 2008). La ecuación analítica que cuantifica el esfuerzo de flexión (σ_t) fue deducida por Lewis y evalúa este esfuerzo en la raíz del diente considerándolo como una viga en voladizo y con una carga en su extremo. Posteriormente, AGMA modificó la expresión de Lewis obteniendo la ecuación (1), que toma en consideración otros factores externos que afectan la magnitud de este esfuerzo (ANSI/AGMA, 2004).

$$\sigma_t = W_t K_o K_v K_s \frac{P_d K_m K_B}{F J} \quad (1)$$

Donde, P_d es el paso diametral, F : es el ancho de cara del diente y J : es el factor de geometría para esfuerzo de flexión que evalúa la forma del diente, la posición donde se aplica la carga más peligrosa para el engrane, la carga distribuida entre varios dientes en contacto y el efecto de tracción y compresión en ambos lados de la raíz del diente (ANSI/AGMA, 2004). AGMA adicionó posteriormente los siguientes factores modificadores: K_o es el factor de aplicación, toma en consideración picos de carga y vibraciones originadas desde las máquinas acopladas a los engranajes. K_v es el factor dinámico el cual considera las cargas de impacto y vibraciones producto de desperfectos en la fabricación del diente y la velocidad de giro. K_s es el factor de tamaño, intenta compensar una posible falta de uniformidad en las propiedades del material de los dientes cuando estos son muy grandes. K_m es el factor de distribución de carga el cual permite compensar una distribución no uniforme de la carga a lo largo de la línea de contacto. Finalmente, K_B es el factor de espesor

el cual ajusta el esfuerzo flexionante en engranes con aro delgado bajo la base del diente.

Esfuerzo de contacto

También conocido como esfuerzo Hertziano, se produce en la zona de contacto generada en las superficies de los dientes que transmiten carga. Su evaluación es importante puesto que un esfuerzo de contacto elevado favorece la aparición de picaduras, rayaduras y estrías en la superficie del diente generando una falla prematura del mismo además del incremento en la vibración de las máquinas (San Martín *et al.*, 2010). La ecuación que permite cuantificar estos esfuerzos fue deducida originalmente por Hertz, pero AGMA la modificó para incluir otros factores externos que podrían afectar la magnitud de este esfuerzo. Esta ecuación (2), permite la obtención del esfuerzo de contacto (σ_c) en el punto de paso de los engranajes que se tocan (ANSI/AGMA, 2004). La deducción de la ecuación considera a los dientes en contacto como dos cilindros de diferente radio.

$$\sigma_c = C_p * \sqrt{W_t K_o K_v K_s \frac{K_m C_f}{d F I}} \quad (2)$$

La ecuación (2) depende de C_p llamado coeficiente elástico, el cual depende de los módulos de elasticidad y Poisson de los materiales en contacto; d es el diámetro de paso del piñón e I es el factor de geometría por resistencia a la picadura. Los factores agregados por AGMA son K_o , K_v , K_s , K_m y C_f llamado factor de condición superficial el cual se considera mayor que la unidad cuando el acabado superficial de los engranes es defectuoso.

Solución del problema de contacto

El modelado del contacto en el análisis de esfuerzos por Elementos Finitos es complejo. Aunque existen varios métodos para la solución de los problemas de contacto, en este trabajo se utilizará el método *Lagrange Aumentado*, el cual es el más aplicado cuando el contacto se realiza superficie-superficie (Peña *et al.*, 2013). Para

obtener una solución de la presión de contacto (P), este método aplica a la ecuación (3) de manera iterativa. En las primeras iteraciones, se determina la presión de contacto con base en la rigidez de la penetración (k); una vez que el equilibrio es establecido para una magnitud de penetración (x), se verifica la tolerancia a la penetración (λ). Si es necesario en este punto, se aumenta la presión de contacto y se continúan las iteraciones (Peña *et al.*, 2013).

$$P = kx + \lambda \quad (3)$$

Razón de contacto

Es un número adimensional que permite predecir cuántos pares de dientes se están tocando en un momento dado. Una razón de contacto entre 1 y 2 significa que parte del tiempo dos pares de dientes están en contacto y durante el tiempo restante un par está en contacto. Por tanto, es conveniente mantener una razón de contacto de 1.2 o mayor (Hamrock *et al.*, 2000). La razón de contacto total (C_{rt}) para un par de engranes helicoidales acoplados está representada por:

$$C_{rt} = \frac{1}{P_c \cos \phi} * \left[\sqrt{r_{og}^2 - r_{bg}^2} + \sqrt{r_{op}^2 - r_{bp}^2} \right] + \frac{F \cdot \tan \phi - C_d \tan \phi}{P_c} \quad (4)$$

donde P_c es el paso circular tangencial, ϕ es el ángulo de presión tangencial, r_{og} y r_{op} son los radios externos de la corona y el piñón, r_{bg} y r_{bp} son los radios base de la corona y el piñón, ϕ es el ángulo de hélice de los engranes y C_d es la distancia entre centros.

Nótese, que la razón de contacto disminuye en la medida que se incrementa la distancia entre centros; por tanto C_{rt} puede considerarse una variable útil para estudiar el efecto sobre los esfuerzos de los errores de ensamblaje relacionados con distancias entre centros mayores a la obtenida en la fase de diseño de los engranes, ya que C_{rt} no solo cuantifica la variación de la distancia entre centros, sino que permite verificar cuantos pares de dientes están en contacto, el cual es un elemento adicional que puede incidir en la magnitud de los esfuerzos.

MÉTODO

En este trabajo se consideró una muestra de engranes helicoidales con las siguientes características dimensionales:

- Número de dientes (N): 15 y 30 (en todo el estudio se consideraron acoplamientos con igual número de dientes en el piñón (N_p) y la corona (N_g)).
- Módulo normal (m_n): 25.4 mm.
- Ancho de cara $F = 300$ mm, acorde con el criterio de diseño: $3\pi/P_d \leq F \leq 5\pi/P_d$, donde P_d es el paso diametral tangencial (Budynas & Nisbett, 2008).
- Ángulo de presión normal (ϕ_n): 20° .

Por otra parte, esta investigación corresponde a un estudio correlacional, donde se verificó el efecto sobre los esfuerzos de flexión y contacto cuando se varían los siguientes parámetros:

- Ángulo de hélice (ϕ): 15° , 30° y 45° . Su elección cubre el rango en el cual se construyen los engranes comerciales.
- Distancia entre centros: teórica dada por la ecuación (5) y mayores que la teórica al sumarle 15 y 30% de la altura del diente ($h_t = 2.25m_n$). La elección de estas distancias mayores que la teórica permite simular defectos de ensamblaje, pero sin sobrepasar una distancia tal que se pierda totalmente el contacto entre los engranes durante algún instante de tiempo.

$$C_d = \frac{m_n(N_p + N_g)}{2 \cos \phi} \quad (5)$$

- Etapas de contacto: en el punto inicial de contacto, en el punto de paso y en el punto de contacto final (tomando como referencia un diente en particular).

El procedimiento seguido en este trabajo es como sigue: la primera etapa, estuvo formada por el modelado CAD, el acoplamiento y la preparación de los engranes a simular en modelos discretos. La segunda etapa llamada validación, tuvo como objetivo realizar un conjunto de simulaciones de los esfuerzos de flexión y de contacto, para comparar los resultados obtenidos con las ecuaciones teóricas validadas que modelan estos esfuerzos, con el

propósito de garantizar que los procedimientos seguidos en el modelado, ensamblaje y simulación entreguen resultados aceptables. Y finalmente, en la tercera etapa, se estudió por separado el efecto de los tres parámetros objeto de estudio (ángulo de hélice, distancia entre centros y etapas de contacto) sobre los esfuerzos de flexión y de contacto. Para cada parámetro estudiado, se hicieron simulaciones variando la magnitud de dicha variable y observando el efecto sobre los esfuerzos.

Además, en este estudio se consideró que los engranes transmiten la carga en condiciones cuasi estáticas e ideales donde no existen picos de carga ni vibraciones, no hay imperfecciones en la superficie de contacto y, las propiedades mecánicas y geométricas son uniformes; por tanto, a los factores modificadores K_o , K_v , K_s , K_m , K_B y C_f pertenecientes a las ecuaciones (1) y (2) les corresponde un valor de 1.0 de acuerdo a estas condiciones. Al realizar estas simplificaciones, las ecuaciones (1) y (2) no pierden validez y pueden considerarse análogas a las de Lewis y Hertz (definidas considerando los engranes como elementos estacionarios) para los esfuerzos de flexión y contacto respectivamente, lo cual permite estudiar los esfuerzos tomando en consideración solamente las variables geométricas relevantes en este estudio sin verse afectados por factores externos adicionales.

Modelado CAD

Los modelos de los engranes fueron creados mediante el programa *Autodesk Inventor*. El perfil de los dientes se creó utilizando la curva involuta descrita a través de la ecuación (6) donde r es el radio de la circunferencia base del engrane y θ es el parámetro variable de la ecuación. Para dar forma a la hélice se utilizó el comando *Espira* para ajustar el ángulo helicoidal de acuerdo al esperado para cada engrane modelado. Adicionalmente, se tomaron en cuanto a los radios de curvatura en el entalle y la cabeza de los dientes sugeridos por Casillas (1992).

$$f(\theta) = \begin{cases} X = r(\cos \theta + \theta \sin \theta) \\ Y = r(\theta \cos \theta - \sin \theta) \end{cases} \quad (6)$$

Modelo discreto

Para realizar las simulaciones, el acoplamiento de los engranes se hizo considerando piezas con la misma cantidad de dientes (relación de transmisión $m_G = 1$). A su vez, los modelos fueron simplificados eliminando aquellos dientes donde no se evidenciaba el contacto tanto en el engrane impulsor como del engrane impulsado (Figura 1). En el modelo discreto, los engranes fueron sometidos a las siguientes restricciones: el engrane conducido (Figura 1a) posee una unión fija sobre la cara cilíndrica que forma el agujero que alojaría al eje del engrane y en las caras laterales que limitan el cubo del mismo (caras resaltadas en azul); mientras que el engrane conductor, posee una restricción con 1 grado de libertad (desplazamiento rotacional) en la cara cilíndrica que forma el agujero donde se alojaría el eje de este engrane (cara resaltada en azul, Figura 1a).

Asimismo, se utilizó como condición de operación estándar, un momento torsor T aplicado en el cubo del engrane conductor (Figura 1) de 30×10^6 N·mm con el cual se garantizó que los esfuerzos presentes en los

engranes no sobrepasaran el límite de elasticidad del material, aunque la aplicabilidad del *MEF* no está condicionada por el límite elástico del material si se asumen consideraciones adicionales (Mejía, 2004; Zúñiga, Mesa, & Flórez, 2019). En la práctica, este momento se aplicó como una presión P sobre la cara lateral del engrane impulsor con área A_t (Figura 1b), la cual se transformó en una carga concentrada $W_p = PA_t$. Con esta fuerza se determinó tanto el momento torsor $T = W_p r_1$ como la carga tangencial $W_t = T/r$ aplicada sobre los dientes en contacto producto de dicho momento.

Finalmente, se debe acotar que el análisis de esfuerzos utilizando *MEF* se realizó en el programa de simulación *Ansys Workbench* que a su vez, permite la solución de problemas de contacto utilizando el método previamente seleccionado (*Lagrange Aumentado*). Asimismo, el tipo de elemento seleccionado para el mallado fue el tetraedro (de cuatro nodos y tres grados de libertad en cada nodo) debido a que se ajusta más a la superficies en contacto de los dientes de los engranes de acuerdo a lo expuesto por Díaz (2014).

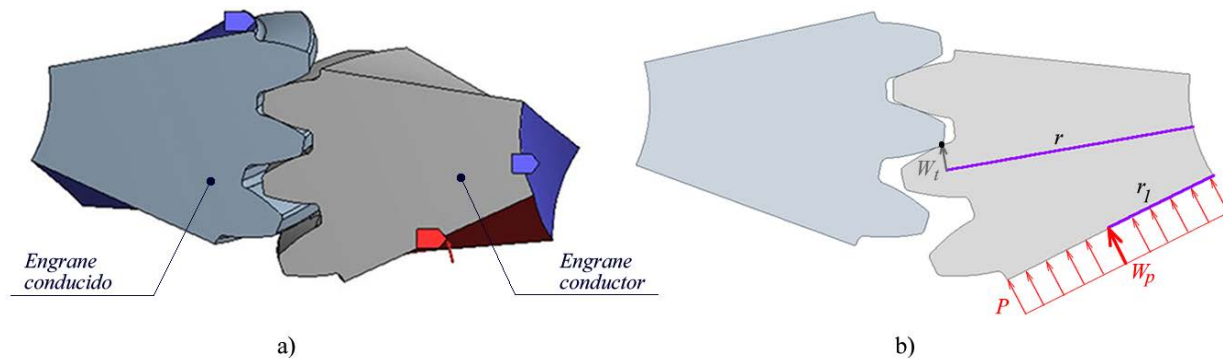


Figura 1. Modelo discreto: a) mostrando las caras con restricciones; b) mostrando la aplicación de la presión P .

Análisis de la convergencia en las simulaciones.

La convergencia permite definir un criterio de parada en simulaciones sucesivas utilizando *MEF*. Para el análisis de convergencia se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

1) En el análisis de los esfuerzos de flexión: ejecución de simulaciones sucesivas con aumento de la cantidad de elementos (por lo menos un

10%, equivalente a aproximadamente 18.000 elementos) hasta alcanzar resultados con una variación por debajo del 5% entre las últimas ejecuciones bajo las mismas condiciones de frontera. El proceso anteriormente descrito está relacionado con el refinamiento de las mallas locales y/o globales.

2) En el caso del análisis de los esfuerzos de contacto, se hizo un ajuste previo del *Factor de Rigidez de la Malla* (Factor *FKN* en *Ansys Workbench*, correspondiente al factor k en la ecuación (3)) modificándolo y realizando simulaciones sucesivas sin realizar refinamientos de malla hasta alcanzar una variación del esfuerzo por debajo del 5% entre las 2 últimas ejecuciones. Posteriormente, se realizaron sucesivos refinamientos de las mallas locales ubicadas en franjas presentes alrededor de las zonas de contacto (ver Figura 2) aumentando la cantidad de elementos (por lo menos un 10%) y manteniendo constante el factor *FKN* hasta lograr una variación por debajo del 5% entre las últimas ejecuciones.

RESULTADOS

Validación de las simulaciones

Para validar los resultados obtenidos durante las simulaciones, se realizó una comparación entre los esfuerzos calculados utilizando las ecuaciones analíticas y los mismos obtenidos a través de simulaciones realizadas con el *MEF*.

En el caso del análisis de esfuerzos de flexión, el momento aplicado sobre la cara lateral del engrane impulsor, fue transmitido al engrane impulsado (engrane en estudio) a través de un punto de contacto ubicado en la cresta de un

diente que se llamará en lo sucesivo “*Diente de referencia*” (segundo diente en el engrane impulsado, ver Figura 1b). Con ello, se asegura la obtención de los esfuerzos de flexión críticos en la raíz de este diente, de acuerdo a los principios a través de los cuales se dedujo la ecuación (1). Por ejemplo, la Figura 3 muestra de manera gráfica los esfuerzos de flexión en la raíz de los dientes para un engrane con un número de dientes $N=30$ y ángulo de hélice $\varphi=30^\circ$. Asimismo, la Tabla 1 muestra los resultados de las simulaciones realizadas para dos casos particulares, mostrando los esfuerzos de flexión obtenidos a través de simulaciones y sus correspondientes teóricos obtenidos utilizando la ecuación (1). Se evidencia en todos los casos estudiados que la diferencia entre los resultados teóricos y de simulación está por debajo de 3%.

Para la validación de las simulaciones que cuantificaron los esfuerzos de contacto, se siguió un procedimiento análogo a las simulaciones anteriores, pero en este caso, la transmisión de cargas sobre el *Diente de referencia* se hizo en el punto de paso (contacto sobre el círculo de paso, ver Figura 4) ya que se realizará una comparación con los resultados teóricos obtenidos utilizando la ecuación (2) que fue definida considerando el contacto en este punto.

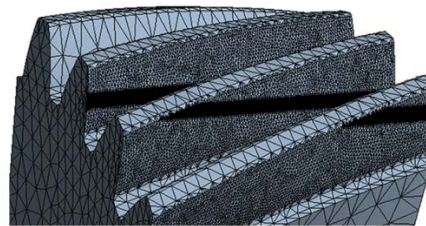


Figura 2. Mallado local en forma de franja alrededor de las zonas de contacto.

Tabla 1. Esfuerzos de flexión en la raíz del diente para varios engranes.

Engrane	σ_t teórico (MPa)	σ_t simulación (MPa)	Diferencia (%)
$N=30$ y $\varphi=30^\circ$	36,85	37,45	1,62
$N=30$ y $\varphi=15^\circ$	32,71	33,41	2,15

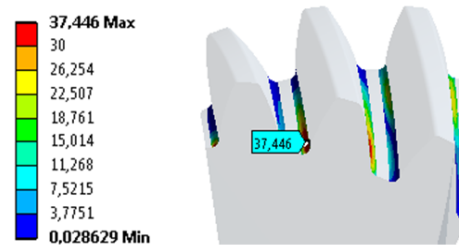


Figura 3. Esfuerzos de flexión en la raíz del diente para un engrane con $N=30$ y $\varphi=30^\circ$.

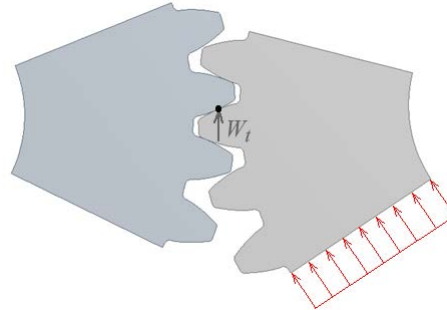


Figura 4. Ensamblaje del modelo CAD y ubicación de cargas para el análisis de esfuerzos de contacto.

En cada simulación, se realizó un conjunto de iteraciones donde se varió en primer lugar, el factor de rigidez de malla FKN hasta llegar a una primera convergencia. Posteriormente, se varió la cantidad de elementos en las mallas locales, para obtener los resultados finales después lograr una segunda convergencia (ver Figura 5). La Tabla 2 presenta los resultados de las simulaciones realizadas para seis casos mostrando los esfuerzos de contacto obtenidos a través de simulación y sus correspondientes teóricos obtenidos utilizando la ecuación (2).

Al comparar los valores de esfuerzos de contacto teóricos y los obtenidos a través de las simulaciones, se observa que las diferencias están por debajo de 5,80% en los engranes con ángulos de hélice de 15° y 30° . Solo en los engranes con $\varphi=45^\circ$ se logró una diferencia máxima de 19,94% que aunque no es tan baja, se consideró aceptable en este trabajo.

En la Figura 6a se observa, para el caso de un engrane con $N=30$ y $\varphi=30^\circ$, el esfuerzo de Von Mises generado sobre tres dientes de esta pieza que están en contacto con el engrane conductor. Estos esfuerzos se incrementan en la zona de contacto y en la raíz del diente pero con menor magnitud (esfuerzo de flexión). Posteriormente, se muestra en la Figura 6b solo los esfuerzos de contacto en la superficie de los dientes del engrane en estudio. Es importante destacar que en ambas figuras, las huellas formadas por el contacto tienden a verse de manera discontinua debido al ajuste de la rigidez de malla. Dicho ajuste provoca que la malla sea más rígida y por tanto la penetración provocada por el contacto de la otra superficie no es capaz de vencer la rigidez de la malla, lo que genera una discontinuidad en la huella producida por el contacto; pero a pesar de ello, los resultados obtenidos son coherentes si se comparan con los valores teóricos correspondientes.

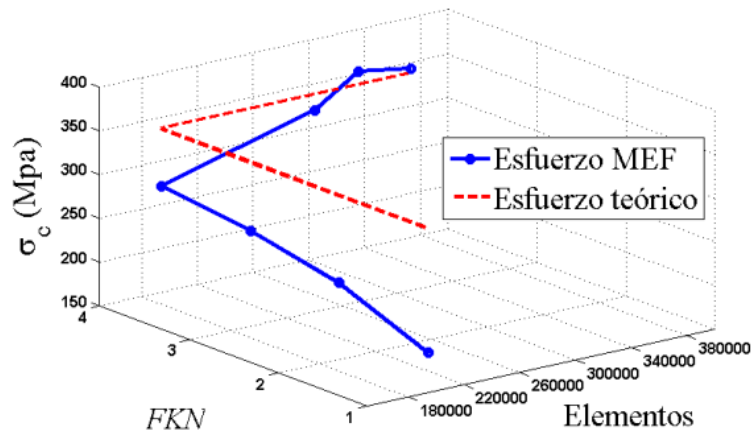


Figura 5. Análisis de convergencia aplicado para la obtención de σ_c para un engrane con $N=30$ y $\varphi=30^\circ$.

Tabla 2. Esfuerzos de contacto en el punto de paso del diente para varios engranes.

Engrane	σ_c teórico (MPa)	σ_c simulación (MPa)	Diferencia (%)
$N=15$ y $\varphi=15^\circ$	711,10	681,30	4,19
$N=15$ y $\varphi=30^\circ$	665,02	682,91	2,69
$N=15$ y $\varphi=45^\circ$	578,19	476,64	17,56
$N=30$ y $\varphi=15^\circ$	356,28	335,63	5,80
$N=30$ y $\varphi=30^\circ$	337,35	342,65	1,57
$N=30$ y $\varphi=45^\circ$	300,14	240,30	19,94

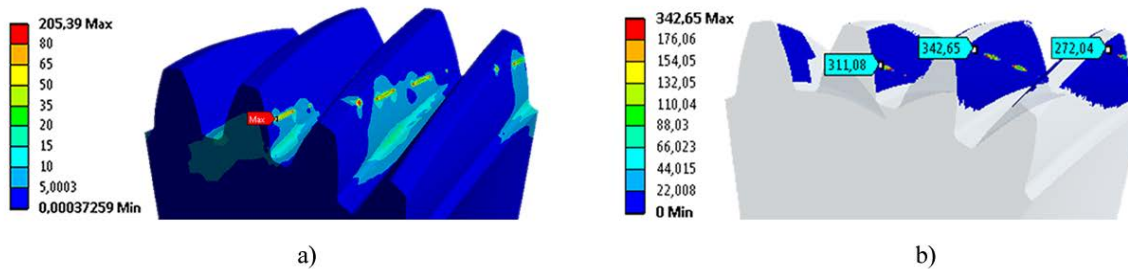


Figura 6. Esfuerzos para un engrane simulado con $N=30$ y $\varphi=30^\circ$: a) Von Mises; b) contacto.

Este estudio preliminar, permitió validar los procedimientos seguidos durante las simulaciones realizadas para cuantificar los esfuerzos de flexión y de contacto ya que, los resultados obtenidos a través de las simulaciones son equivalentes a los correspondientes obtenidos utilizando las ecuaciones analíticas que modelan estos esfuerzos. Una vez validados los procedimientos de simulación, se analizará el efecto sobre los esfuerzos de un conjunto de parámetros dimensionales que se mencionan a continuación.

Variación en los esfuerzos frente a cambios en el ángulo de hélice.

En este primer estudio de variación dimensional, se utilizaron engranes con diferentes ángulos de hélice (15° , 30° y 45°) para observar el efecto de esta variación sobre los esfuerzos de flexión y contacto. Este tema ya ha sido abordado por investigaciones previas, pero su realización sirvió de fundamento para el estudio de la distribución de los esfuerzos cuando se varían otros parámetros dimensionales y de operación.

A continuación se describen los resultados obtenidos.

Efecto sobre el esfuerzo de flexión: Siguiendo la metodología seguida por Lewis para la definición de los esfuerzos de flexión en la base del diente, en este análisis se situó el punto principal de transmisión de cargas en el lugar donde el *Diente de referencia* perteneciente al engrane conducido es tocado, es decir, en la cresta de este diente (Figura 1b). Luego de realizadas las simulaciones, la Figura 7 muestra los resultados obtenidos del Análisis con *MEF* sobre acoplamientos con engranes de 15 y 30 dientes. Allí se observa que el esfuerzo de flexión disminuye a medida que aumenta el ángulo de hélice (aunque hay un pequeño incremento para el engrane con $N=30$ dientes cuando $\varphi=30^\circ$). Esta disminución en los esfuerzos está directamente ligada a la posición e inclinación del área de contacto en los dientes de los engranes en estudio. La Figura 8 muestra que en la medida que se incrementa el ángulo de hélice, el área de contacto exhibe una mayor inclinación en dirección hacia la raíz del diente. Este fenómeno trae como consecuencia una disminución del brazo que genera el momento flector en la raíz del diente. Al disminuir este

momento, el esfuerzo de flexión también disminuirá.

Efecto sobre el esfuerzo de contacto: Se hizo un estudio similar al anterior, pero en este caso se evaluaron los acoplamientos con el *Diente de referencia* perteneciente al engrane conducido (engrane en estudio) siendo tocado en el punto de paso (Figura 4) ya que la ecuación (2) que define este esfuerzo ha sido deducida para ese punto en particular. En la Figura 9 se muestran los resultados obtenidos al analizar los engranes de 15 y 30 dientes mientras se varía el ángulo de hélice. De acuerdo con esta figura se observa que el esfuerzo de contacto también presenta una tendencia general al descenso a medida que aumenta el ángulo de hélice (a pesar de un pequeño incremento cuando $\varphi=30^\circ$). Al respecto se puede notar al analizar la Figura 10, que la huella producida por el contacto entre los dientes tiende a inclinarse y su longitud tiende a disminuir debido al aumento del ángulo de hélice, lo cual produce un aumento del esfuerzo. Pero, existen dos fenómenos adicionales que se contraponen al efecto inicial: primero, a medida que aumenta el ángulo de hélice, puede aumentar la cantidad de dientes en contacto (Figura 10), lo cual incide en una disminución del esfuerzo ya que la carga se distribuye entre más dientes.

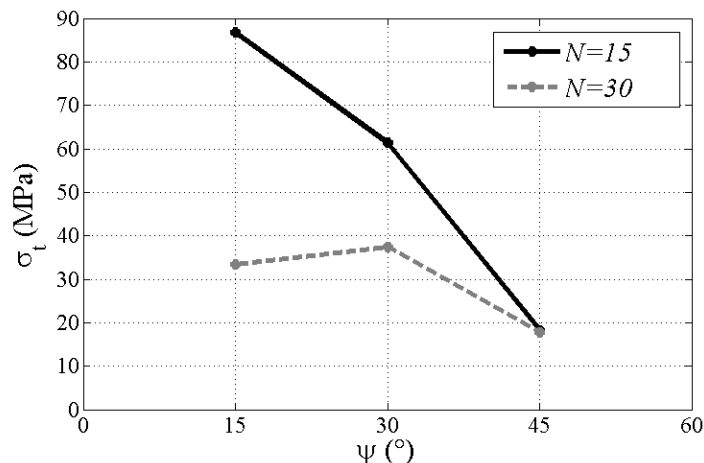


Figura 7. Esfuerzos de flexión considerando la variación del ángulo de hélice.

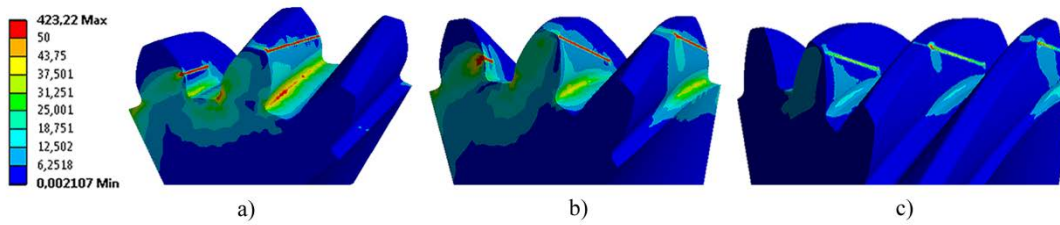


Figura 8. Esfuerzo de Von Mises (MPa) para un engrane con $N=15$ y ángulos de hélice: a) $\varphi=15^\circ$, b) $\varphi=30^\circ$ y c) $\varphi=45^\circ$; obtenido cuando el *Diente de referencia* es tocado en su cresta.

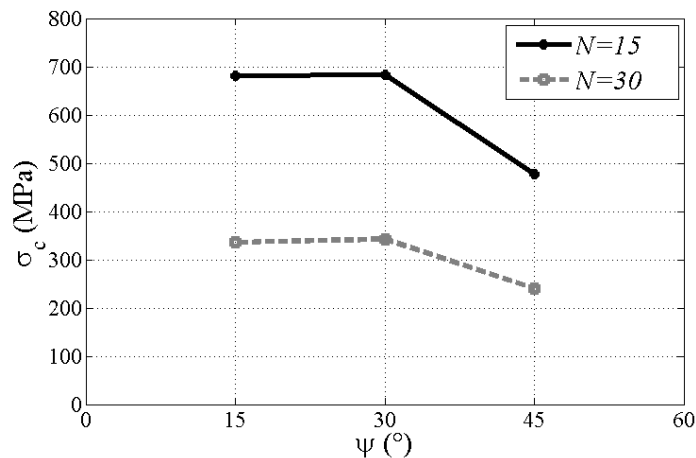


Figura 9. Esfuerzos de contacto considerando la variación del ángulo de hélice.

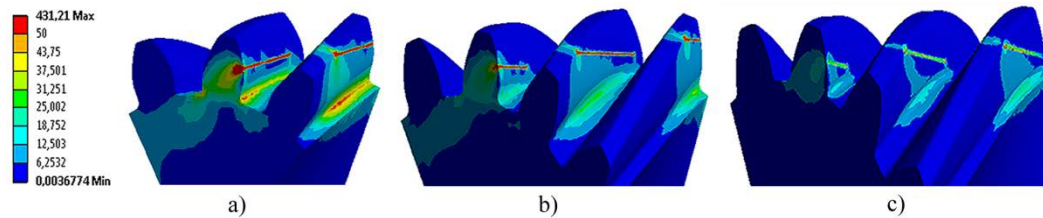


Figura 10. Esfuerzo de Von Mises (MPa) para un engrane con $N=15$ y ángulos de hélice: a) $\varphi=15^\circ$, b) $\varphi=30^\circ$ y c) $\varphi=45^\circ$; obtenido cuando el *Diente de referencia* es tocado en el punto de paso.

Segundo, un incremento en el ángulo de hélice, produce también un incremento en el diámetro de paso. De acuerdo con la ecuación (2), el esfuerzo de contacto es inversamente proporcional al diámetro, por lo tanto, a medida que crece este ángulo, aumenta el diámetro de paso, lo cual induce una disminución del esfuerzo. Estos dos fenómenos, al parecer, resultan ser predominantes para lograr una reducción en el esfuerzo de contacto a medida que crece el ángulo de hélice sobre los 30° .

Variación en los esfuerzos durante las diferentes etapas de contacto

En este análisis se estudiaron los esfuerzos durante tres etapas de contacto que estarán referenciadas sobre un diente específico llamado *Diente de referencia*. En la Figura 11 se muestran las tres etapas de contacto para este diente (segundo de izquierda a derecha en el engrane inferior y en las Figuras 12 y 13); en la primera etapa, la carga está aplicada en la cresta del diente; en la segunda etapa la carga está situada sobre el punto de paso y en la tercera etapa, la carga está ubicada en la parte baja del

diente, coincidiendo con el punto de contacto final que posee este *Diente de referencia*. A continuación se describen los resultados obtenidos al analizar los esfuerzos de flexión y contacto en este caso.

Efecto sobre el esfuerzo de flexión: Se hicieron simulaciones para acoplamientos con engranes de 15 y 30 dientes manteniendo una relación de transmisión igual a 1. En las Figuras 12 y 13 se muestran a manera de ejemplo, los resultados gráficos de las simulaciones hechas sobre un engrane con $N=30$ y $\phi=30^\circ$. Adicionalmente, en la Figura 14 se muestran los resultados obtenidos al simular todos los engranes pertenecientes a la muestra en este estudio.

Específicamente, la Figura 14a muestra los esfuerzos de flexión tomando en cuenta todos los dientes en contacto. Aquí, las curvas que definen los esfuerzos para las distintas etapas tienen un comportamiento similar: En la primera etapa el esfuerzo es mayor y en la segunda etapa la magnitud del esfuerzo descende (en algunos casos más que en otros). Posteriormente en la última etapa el esfuerzo vuelve a aumentar; incluso en algunos casos su valor tiende a ser igual que en la primera etapa pero no es mayor que este. Este comportamiento se debe a que en

la primera etapa el esfuerzo de flexión está asociado a la carga aplicada en la cresta del *Diente de referencia*. Luego en la segunda etapa el esfuerzo descende porque la carga esta mejor distribuida entre los dientes en contacto y el brazo que produce el momento de flexión en el *Diente de referencia* es menor. Por último, en la tercera etapa se observa un nuevo aumento del esfuerzo debido a que la carga está aplicada casi en la punta del diente siguiente por lo que el esfuerzo vuelve a aumentar (Figura 12) ya que el mayor esfuerzo ahora se exhibe en el diente sucesivo al *Diente de referencia* (Figura 13). Ahora, si se analizan las curvas mostradas en la Figura 14b que muestra los resultados solo para el *Diente de referencia* (segundo de izquierda a derecha en la Figura 12), se observa cómo se mantiene la tendencia de disminución del esfuerzo a medida que transcurre cada etapa de contacto. Esto es debido a que la carga que se está aplicando en el diente cambia de posición acercándose más a la base del diente lo cual hace más pequeño el momento flector que actúa sobre dicho diente. Además la carga aplicada en el diente principal va disminuyendo debido a que la línea de contacto crece en los otros dientes y la carga se distribuye en los mismos, dejando de esta manera al diente en estudio con una pequeña línea de contacto y poca carga aplicada.

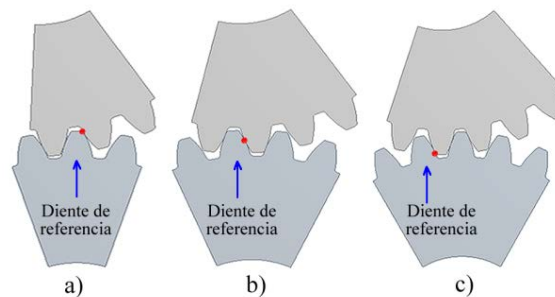


Figura 11. Etapas de contacto para el *Diente de referencia*: a) 1era etapa. b) 2da etapa. c) 3era etapa.

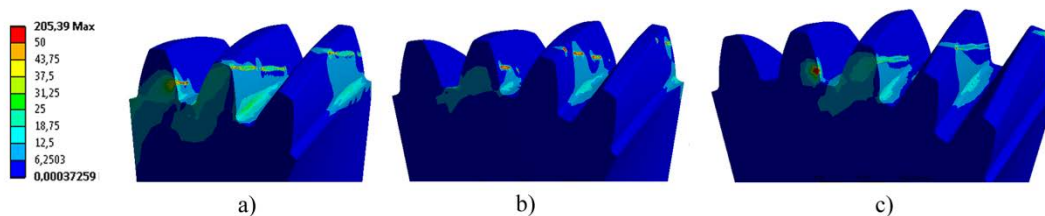


Figura 12. Esfuerzo de Von Mises (MPa) para engrane con $N=30$ y $\phi=30^\circ$ en las tres etapas de contacto evaluadas: a) primera etapa; b) segunda etapa; c) tercera etapa.

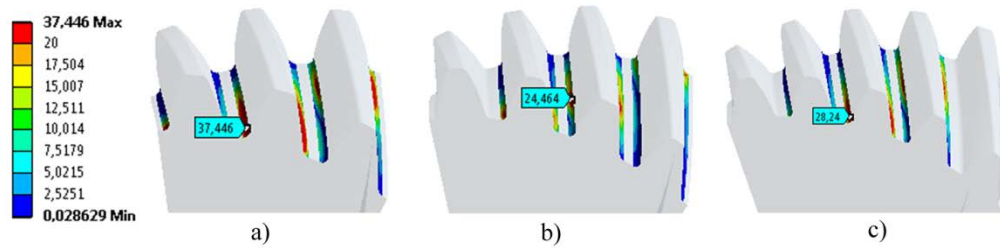


Figura 13. Esfuerzos de flexión (MPa) para engrane con $N=30$ y $\varphi=30^\circ$ en las tres etapas de contacto evaluadas: a) primera etapa; b) segunda etapa; c) tercera etapa.

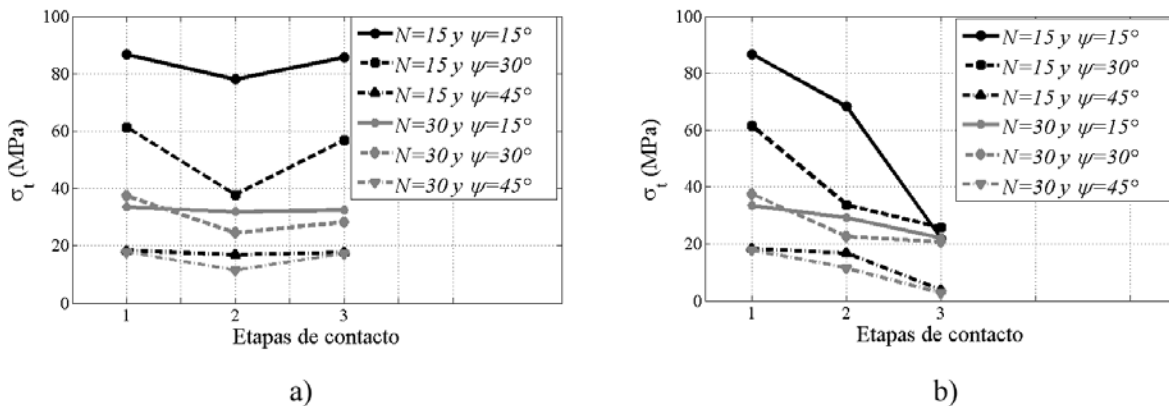


Figura 14. Esfuerzos de flexión durante las tres etapas de contacto considerado: a) todos los dientes en contacto; b) solo el *Diente de referencia*.

Efecto sobre el esfuerzo de contacto: De igual manera, se hicieron simulaciones con los engranes cargados durante las tres etapas de contacto pero haciendo énfasis en el análisis de los esfuerzos de contacto. En la Figura 15 se muestran a manera de ejemplo, los resultados gráficos de las simulaciones hechas sobre un engrane con $N=30$ y $\varphi=30^\circ$. Adicionalmente, se presenta la Figura 16a donde se muestran los resultados del esfuerzo de contacto máximo para cada etapa, considerando todos los dientes que se tocan. Al analizar las curvas presentes en esta figura se observa que no hay una tendencia marcada en este caso. Lo que se evidencia es que el esfuerzo de contacto no varía significativamente en cada etapa (a excepción del engrane con $N=15$ y $\varphi=45^\circ$). Buscando una explicación para este comportamiento se analizó la Figura 15 y las correspondientes en otros engranes (las cuales no se muestran en este artículo). Se encontró que en algunos casos, la mayor concentración de carga va pasando de un

diente al siguiente, por tanto el esfuerzo máximo va transmitiéndose uniformemente de un diente al siguiente como se visualiza en la Figura 15, donde el esfuerzo máximo pasa del segundo diente al tercero y luego al cuarto mientras el *Diente de referencia* (segundo) va pasando por las tres etapas de contacto. Pero en otros casos el esfuerzo máximo no sigue esta secuencia ya que aunque la mayor concentración de carga pasa de un diente al siguiente, existen dientes con menor carga que también poseen una menor área del contacto lo que se traduce en un incremento del esfuerzo a pesar de estar sometidos a baja carga. Esto se evidencia con más fuerza al analizar solo el *Diente de referencia*. La Figura 16b muestra los resultados del esfuerzo de contacto sólo para este diente. Para un engrane con $N=30$ y $\varphi=30^\circ$, se observa como el esfuerzo de contacto va descendiendo a medida que transcurren las etapas; esto concuerda con la Figura 15 donde los mayores esfuerzos pasan de un diente al siguiente. Pero no sucede así con el resto de

casos: aquí el esfuerzo puede crecer en las últimas etapas de contacto del diente debido a la disminución del área de contacto, la cual

predomina sobre la disminución de la carga en dicho diente.

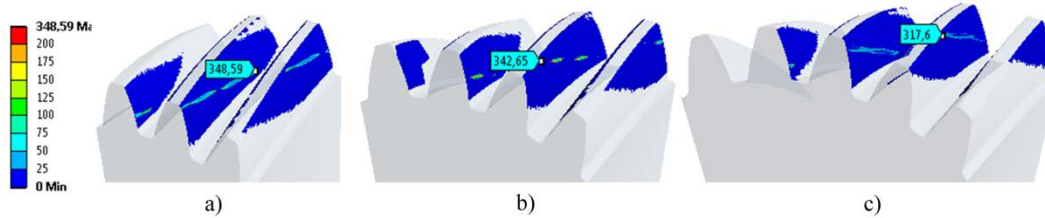


Figura 15. Esfuerzos de contacto (MPa) para engrane con $N=30$ y $\varphi=30^\circ$ durante las tres etapas de contacto en el *Diente de referencia*: a) primera etapa; b) segunda etapa; c) tercera etapa (La etiqueta azul indica el máximo esfuerzo en cada etapa).

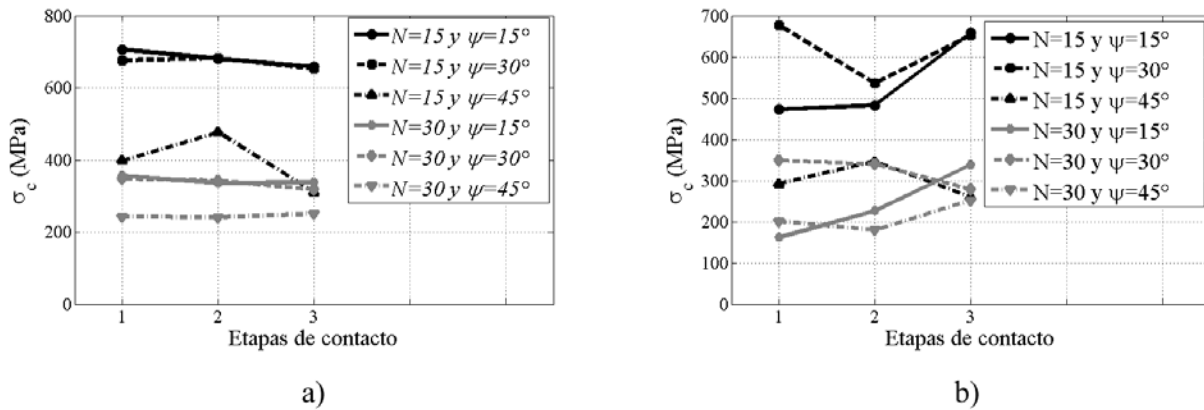


Figura 16. Esfuerzos de contacto durante las tres etapas de contacto considerando: a) todos los dientes que se tocan; b) solo el *Diente de referencia*.

Variación de los esfuerzos frente a cambios en la distancia entre centros

Como se mencionó previamente, pueden existir errores de acoplamiento en los engranajes cuando la distancia entre centros es diferente a la teórica definida por la ecuación (5); si la distancia real es mayor a la teórica se corre el riesgo de que se pierda contacto prematuramente entre los dientes con la correspondiente variación en los esfuerzos. La razón de contacto (C_{rt}) es un parámetro que permite determinar el número aproximado de pares de dientes que se tocan en un acoplamiento de engranajes mientras toma en consideración las variaciones en la distancia entre centros. Específicamente, este parámetro decrece con el incremento de la distancia entre centros (C_d) lo cual implica una menor cantidad de pares de dientes en contacto. Por tanto, se utilizó C_{rt} como variable en este estudio ya que permite considerar la variación de

C_d y la cantidad de dientes en contacto. En la práctica, C_{rt} varió al modificar la distancia entre centros sumándole el 15% y 30% de la altura del diente a la distancia entre centros teórica, con estos porcentajes se garantiza que no se perderá el contacto total entre los engranajes.

Para simplificar la nomenclatura, a la razón de contacto correspondiente a la distancia entre centros teórica (C_{dt}) se le llamará C_{rtt} ; la que corresponde a la distancia entre centros inicial más la suma del 15% de la altura del diente (C_{d2}) se llamará C_{rt2} ; y la definida por la suma del 30% de la altura del diente más la distancia entre centros inicial (C_{d3}) se llamará C_{rt3} . Por tanto se puede afirmar que: $C_{d3} > C_{d2} > C_{dt}$ mientras que $C_{rtt} > C_{rt2} > C_{rt3}$. Con estas premisas, a continuación se muestran los resultados obtenidos al estudiar los esfuerzos de flexión y contacto frente a variaciones de C_d .

Efecto sobre el esfuerzo de flexión:

nuevamente, la posición seleccionada para este estudio, es aquella dada por la condición crítica que ocurre cuando la carga está aplicada sobre la cresta del *Diente de referencia* en el engrane impulsado, pero considerando que los engranes se van alejando aún cuando mantienen esta posición (Figura 17). Los resultados de este análisis se encuentran en la Figura 18; allí se observa que no hay una tendencia clara hacia el aumento o disminución de esfuerzos de flexión en la raíz del *Diente de referencia* (máximo esfuerzo entre todos los dientes) en la medida que la razón de contacto varía.

Al respecto, se encontró que existen varios factores que pudiesen afectar el esfuerzo en este caso: En primer lugar, este podría aumentar a medida que los engranes se acercan (C_d disminuye y C_{rt} se incrementa); ya que cuando los engranes se aproximan entre sí, la carga transmitida (W_t) tiende a aumentar debido a que la distancia r disminuye en el engrane impulsor (recordando que $W_t = T/r$; ver Figura 17 de derecha a izquierda), por tanto, una disminución de C_d trae como consecuencia el aumento de la carga tangencial W_t y del esfuerzo de flexión (ver curva de $N=15$ y $\varphi=30^\circ$ en la Figura 18).

Pero al visualizar en la Figura 19, se puede contemplar que el área de la línea de contacto aumenta a medida que se acercan los engranes (La huella de contacto en C_{rtt} es mayor que en C_{rt3}), lo cual permite distribuir mejor las cargas en un área mayor con la consecuente disminución del esfuerzo. Además, el acercamiento de los engranes garantiza una mayor cantidad de dientes en contacto lo cual también se traduce en una mejor distribución de la carga y una reducción del esfuerzo (en C_{rtt} hay 3 dientes en contacto mientras que en C_{rt3} solo hay dos). Estos dos fenómenos producen en conjunto una disminución del esfuerzo a medida que los engranes se acercan (C_{rt} aumenta; ver curva de $N=30$ y $\varphi=30^\circ$ en la Figura 18). En resumen, se identificaron tres fenómenos que afectan el esfuerzo cuando se disminuye la distancia entre centros: dos permiten la disminución del esfuerzo y uno lo incrementa, por tanto, no hay una tendencia clara respecto al esfuerzo de flexión cuando cambia la distancia entre centros, lo cual se ve reflejado en los resultados de la Figura 18, aun cuando parecen predominar los fenómenos que inducen una disminución de los esfuerzos de flexión a medida que los engranes se acercan (aumento de C_{rt}).

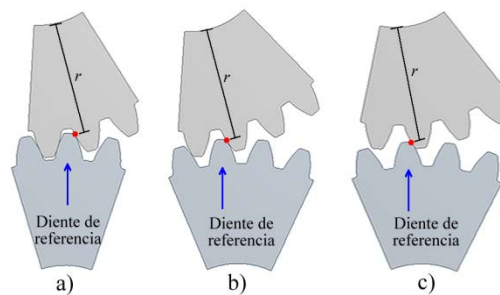


Figura 17. Engranes tocándose en la cresta del *Diente de referencia* para varias distancias entre centros, obteniendo las razones de contacto: a) C_{rtt} ; b) C_{rtt2} ; c) C_{rtt3} .

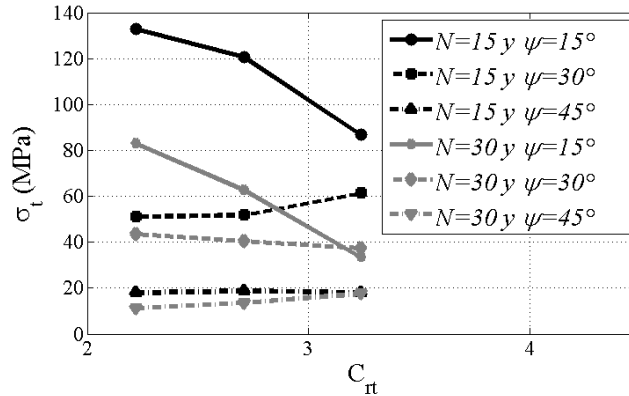


Figura 18. Esfuerzos de flexión para el *Diente de referencia* cuando se varía la razón de contacto.

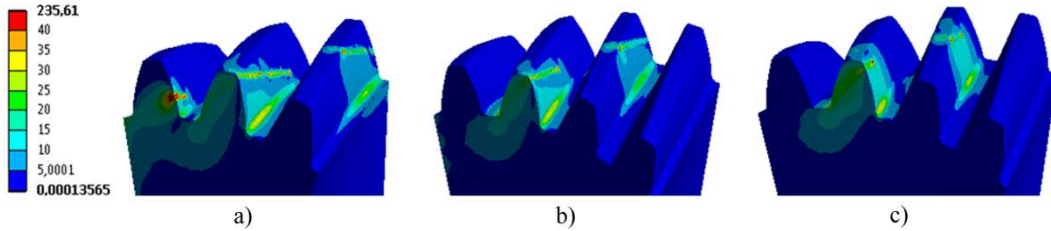


Figura 19. Esfuerzo de Von Mises (MPa) para engrane con $N=30$ y $\varphi=30^\circ$ al variar la distancia entre centros y razón de contacto: a) C_{rt1} (C_d menor); b) C_{rt2} ; c) C_{rt3} (C_d mayor).

Efecto sobre el esfuerzo de contacto: En este caso se siguió la metodología utilizada para los estudios anteriores: el esfuerzo de contacto fue evaluado sobre el punto de paso el cual fue cambiando su posición a medida que los engranes fueron alejándose al incrementar su distancia entre centros (ver Figura 20).

La Figura 21 muestra los resultados obtenidos para esta experiencia donde, de igual manera que en el caso de los esfuerzos de flexión, no se vislumbra una tendencia clara respecto al aumento o disminución del esfuerzo de contacto en la medida que cambia C_d y C_{rt} .

Esta falta de tendencia en los resultados del esfuerzo de contacto puede obedecer a la presencia de los tres fenómenos ya mencionados que se contraponen e influyen de manera distinta sobre los esfuerzos de contacto: En primer lugar, el incremento de la carga tangencial W_t a medida

que la distancia entre centros C_d disminuye y C_{rt} aumenta (por efecto de la disminución de la distancia r de acuerdo con la Figura 20), trae como consecuencia un aumento del esfuerzo de contacto (ver curva de $N=30$ y $\varphi=30^\circ$ en la Figura 21).

Por otra parte, el acercamiento de los engranes (C_d disminuye y C_{rt} aumenta) induce un incremento de la huella de contacto y una mayor cantidad de dientes tocándose lo cual genera una mejor distribución de las cargas sobre la superficie con la correspondiente disminución del esfuerzo de contacto (ver curva de $N=30$ y $\varphi=15^\circ$ en la Figura 21). De manera que, en este caso también hay fenómenos que inducen el incremento o reducción del esfuerzo de contacto en la medida que se acercan los engranes, pero al parecer, predominan aquellos que inducen la disminución de este esfuerzo en la medida que C_d es menor.

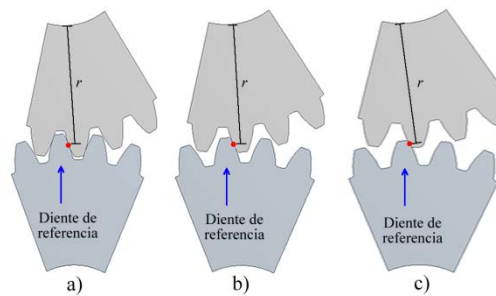


Figura 20. Engranes tocándose en el punto de paso del *Diente de referencia* para varias distancias entre centros, obteniendo las razones de contacto: a) C_{rt1} ; b) C_{rt2} ; c) C_{rt3} .

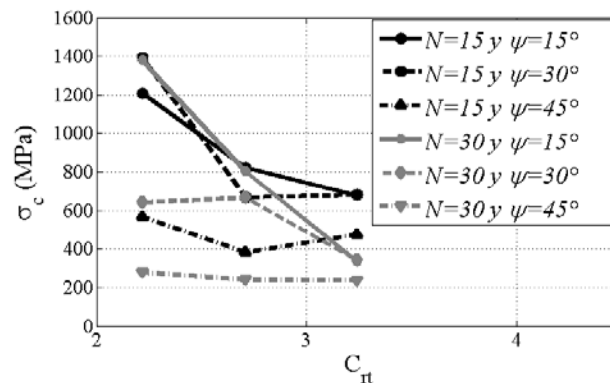


Figura 21. Esfuerzos de contacto cuando se varía la razón de contacto.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Después de mostrar los resultados de esta investigación se hace énfasis primeramente en la exitosa validación de los resultados de simulación respecto a las ecuaciones teóricas que modelan los esfuerzos de flexión y contacto para los engranes helicoidales. Al respecto, se consiguió en el caso de esfuerzos de flexión, diferencias que van de 1,62% a 2,15%, los cuales se consideran bastante acertados.

En el caso de los esfuerzos de contacto, las diferencias porcentuales obtenidas estuvieron en el rango de 1,57% a 19,94%. Estos resultados se consideran aceptables si se comparan con aquellos obtenidos por otros autores: 25,99% a 63,82% (Soto, 2014); 86,00% a 89,62%, (Díaz, 2014); 2,77% a 73,06% (Infanzón, 2010); 0,01 a 19,30% (Jani & Shah, 2017); 36% (Khosroshahi & Fattahi, 2017); 1.39% (Liu, Zhao, Liu, & Sun, 2019); 3% (Mote, Gaur, & Gujale, 2018); 1,03% (Venkatesh & Murthy, 2014); y 8.3% (Zhang, Zhang, & Shi, 2018).

Al respecto, se observó que el uso de grandes ángulos de hélice (φ) en esta investigación favoreció un incremento en la diferencia porcentual entre los esfuerzos de contacto obtenidos a través de ecuaciones teóricas y los obtenidos en simulación. Aquellos autores que lograron diferencias pequeñas, utilizaron engranes con $\varphi < 25^\circ$. En esta investigación, las mayores diferencias se dieron cuando $\varphi = 45^\circ$. Pero si se evalúan los esfuerzos de contacto solo en el caso cuando $\varphi \leq 30^\circ$, las diferencias disminuyen hasta solo 5,80% (Tabla 2), las cuales se acercan a las diferencias obtenidas por otros autores. Adicionalmente, otros factores que pudieron influir para la obtención de resultados aceptables en el presente estudio son:

1) El uso de filetes en la cresta de los dientes de acuerdo a los recomendados por los fabricantes de engranajes (Casillas, 1992), sustituyeron los filos presentes en los bordes de las crestas que actuaban como concentradores de esfuerzos e incrementaban la magnitud de los esfuerzos de contacto en aquellas simulaciones donde la cresta de un diente era tocada por otro diente. Al incorporarse estos filetes, los esfuerzos de

contacto disminuyeron a valores con órdenes de magnitud adecuados de acuerdo a los esperados.

2) El uso de franjas suficientemente gruesas en las posibles zonas de contacto de los dientes (Figura 2), permitieron que el acoplamiento entre el engrane impulsor y engrane impulsado tuviera el mayor refinamiento local de malla en la zona específica de contacto. Este procedimiento utilizado también por Liu, Zhao, Liu, y Sun (2019), constituyó una gran diferencia respecto de otros autores, que utilizaron solo una línea a lo largo del ancho de cara de los dientes por donde se suponía que iba a existir el contacto, y luego ejecutaron un refinamiento local alrededor de esa línea, el cual es pequeño si se compara con la franja utilizada en esta investigación.

3) Las condiciones de contorno utilizadas como la aplicación de una presión en la cara lateral del engrane impulsor, permitieron simular en gran medida el funcionamiento real de los engranes impulsores donde el par torsor se transmite desde el eje del engrane a los dientes a través del cuerpo del engrane utilizando el chavetero como medio para la transmisión del par, en lugar de la transmisión de carga directa por contacto entre el eje que aloja el engrane y el cubo del mismo.

Por otra parte, los resultados obtenidos en el análisis realizado respecto a la variación de los esfuerzos cuando se modifica el ángulo de hélice, son equivalentes a los resultados obtenidos por otros autores. En esta investigación se demostró que al incrementar el ángulo de hélice, los esfuerzos de flexión y contacto disminuyen. En el caso de la flexión se obtuvo una disminución de hasta 78% en este esfuerzo cuando ϕ tuvo un incremento de 200 % (de 15 a 45°) de acuerdo con la Figura 7. Asimismo, otros autores obtuvieron porcentajes análogos: Bozca (2018) obtuvo una disminución del 6.5% en el esfuerzo de Von Mises en la base del diente frente a un incremento del 45% en ϕ ; y Revar *et al.*, (2016) obtuvieron una disminución del esfuerzo de flexión de hasta 23% cuando ϕ incrementó en un 100% (de 10 a 20°).

En el caso de los esfuerzos de contacto, en esta investigación se obtuvo una disminución del esfuerzo de hasta 29% cuando ϕ tuvo un incremento de 200 % (de 15 a 45°) de acuerdo

con la Figura 9. De igual manera, los resultados son análogos a los obtenidos por otros autores: Patil *et al.*, (2014) obtuvieron una disminución de 17% en el esfuerzo cuando ϕ aumentó de 0 a 25°; Revar *et al.*, (2016) obtuvieron una disminución de hasta 45% en el esfuerzo para un incremento de ϕ del 100% (de 10 a 20°); por último, Venkatesh y Murthy (2014) obtuvieron una reducción menor de 1.36% en el esfuerzo cuando ϕ aumentó en un 66% (de 15 a 25°).

En este segmento, hay que resaltar que, aunque a nivel global se produce una reducción de los esfuerzos en la medida que crece el ángulo de hélice, se encontró que en un caso específico el esfuerzo creció para un ángulo de hélice intermedio ($\phi=30^\circ$) respecto al ángulo de hélice predecesor (Figura 7). Este mismo comportamiento fue reportado por Revar *et al.*, (2016) para algunos ángulos de hélice intermedios, pero a pesar de este caso en particular, la tendencia en la mayoría de los casos concuerda con el resultado presentado en este estudio: los esfuerzos disminuyen en la medida que ϕ incrementa.

En otro orden de ideas, el análisis de los esfuerzos cuando el *Diente de referencia* pasa por las distintas fases de contacto arrojó que en el caso del esfuerzo de flexión, este disminuye en la medida que transcurre el contacto desde la cresta del diente hasta su raíz (Figura 14b). Este resultado fue consistente con el expuesto por Zhan y Fard (2018) quienes mostraron que para un diente, el esfuerzo de flexión disminuye a medida que transcurre el contacto en el mismo, a excepción del instante cuando este diente queda en contacto único con un diente del otro engrane y recibe toda la carga, produciéndose un incremento momentáneo del esfuerzo durante ese período de un solo contacto. En este trabajo este efecto no fue observado puesto que los acoplamientos elegidos tienen una razón de contacto mayor que dos, lo cual implica que un diente nunca soportará toda la carga; esto garantiza la disminución progresiva en el esfuerzo de flexión en los dientes. En el caso de los esfuerzos de contacto, no se encontró ninguna investigación con quien establecer comparaciones, por lo que queda abierta la

discusión en este caso ya que no se observó una tendencia definitiva respecto a la variación de este esfuerzo cuando un diente es tocado en diferentes etapas. Lo que se puede inferir de los resultados obtenidos es que factores tales como: el área de contacto y la cantidad de dientes en contacto son determinantes para cuantificar este esfuerzo, pero como sus efectos sobre este esfuerzo pueden ser opuestos, no permiten observar una tendencia clara al respecto.

Por último, se debe hacer mención al caso presentado cuando por errores de ensamblaje, la distancia entre centros (C_d) se incrementa por encima del valor teórico. Al respecto, no se encontraron investigaciones para establecer comparaciones y tampoco se encontró una tendencia definitiva en los resultados obtenidos en esta investigación. Pero, considerando la mayoría de los casos registrados, se puede estimar que existe un incremento de los esfuerzos de flexión y contacto en la medida que C_d se incrementa, esto asociado a una disminución de la cantidad de dientes en contacto y del área de la huella de contacto, fenómenos que se evidenciaron en este estudio.

CONCLUSIONES

Se evaluaron los esfuerzos de flexión y contacto en los engranes cilíndricos de dientes helicoidales obteniéndose resultados con un error porcentual aceptable cuando se comparan los esfuerzos obtenidos en las simulaciones usando *MEF* con aquellos calculados utilizando las ecuaciones teóricas que modelan estos esfuerzos. Posteriormente, se estudió el efecto del ángulo de hélice sobre los esfuerzos de flexión y contacto. Se encontró que ambos esfuerzos disminuyen en la medida que el ángulo se incrementa, por tanto, el incremento del ángulo de hélice puede considerarse una medida apropiada para lograr un incremento en la capacidad de carga de los engranes helicoidales. Adicionalmente, se estudiaron los esfuerzos que soporta el engrane durante las diferentes etapas de contacto; al respecto se encontró que el esfuerzo de flexión disminuye en un diente a medida que el contacto pasa desde su cresta hasta su raíz. No sucede asimismo con el

esfuerzo de contacto, el cual no presenta una tendencia clara debido a la presencia de varios fenómenos que inducen incremento y disminución del esfuerzo de manera simultánea. También se estudió el efecto que ocasiona el incremento de la distancia entre centros sobre los esfuerzos de flexión y contacto. Aunque este estudio no es concluyente al respecto, se distingue un incremento de los esfuerzos de flexión y contacto en la medida que aumenta la distancia entre centros, por tanto, no se recomienda los acoplamientos que intenten separar los engranes más allá de la condición teórica definida por la ecuación (5). En resumen, se encontró que los factores: cantidad de dientes en contacto, magnitud de la carga tangencial W_t (considerando un momento transmitido constante), magnitud del área de contacto entre los dientes que se tocan, posición e inclinación de la huella de contacto son determinantes en el incremento o descenso de los esfuerzos de flexión y contacto.

TRABAJOS FUTUROS

Finalmente se debe acotar que, aunque se encontraron tendencias claras en algunos de los casos analizados, en otros no fue posible. Por tanto, los trabajos futuros estarán dirigidos a ampliar la muestra de engranes estudiados para obtener una comprensión más precisa de los factores que intervienen en la magnitud de los esfuerzos de flexión y contacto presentes en los engranes helicoidales.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Decanato de Investigación de la Universidad Nacional Experimental del Táchira a través del proyecto 01-006-2017.

REFERENCIAS

Abdulwahhab, O., & Abdullah, M. Enhancement of Bending Strength of Helical Gears by Using Asymmetric Involute Teeth Profiles. *Innovative Systems Design and Engineering*, 5(11), 8-21. 2014.

- Alemu, M. *Analysis of Stresses in Helical Gears by Finite Element Method*. Master of Science Thesis, Addis Ababa University, Addis Ababa. 2007.
- Al-Qrimli, H., Abdelrhman, A., Hadi, H., Mohammed, R., & Sultan, H. Times Three Dimensional Spur Gear Static Contact Investigations Using Finite Element Method. *Modern Applied Science*. 10(5):145-150, 2016.
- ANSI/AGMA. *Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth*. Standard, American Gear Manufacturers Association, Virginia. 2004.
- Bozca, M. Helix Angle Effect on the Helical Gear Load Carrying Capacity. *World Journal of Engineering and Technology* , 6:825-838, 2018.
- Budynas, R., & Nisbett, J. *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley* (8 ed.). México: McGraw-Hill. 2008.
- Casillas, A. *Máquinas, Cálculos de Taller* (35 ed.). Madrid, España: Ediciones máquinas. 1992.
- Chacón, R., Vergara, M., Díaz, M., & Andueza, L. Programa de Simulación para Engranajes de Dientes rectos por Elementos Finitos. *X Congreso Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería y Ciencias Aplicadas*. Mérida. 2010.
- Díaz, I. *Determinación de los factores geométricos utilizados en los cálculos de flexión y contacto de engranes cilíndricos mediante simulación numérica*. Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. 2014.
- Gidado, A., Muhammad, I., & Umar, A. Design, Modeling and Analysis of Helical Gear According Bending Strength Using AGMA and ANSYS. *International Journal of Engineering Trends and Technology*. 8(3),1-5, 2014.
- Hamrock, B., Jacobson, B., & Schmid, S. *Elementos de máquinas* (1era ed.). México: McGraw-Hill. 2000.
- Infanzón, H. *Análisis del Esfuerzo de Contacto en Engranajes Cilíndricos de Ejes Paralelos de Perfil Evolvente Mediante el Método de los Elementos Finitos*. Tesis de Grado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. 2010.
- Jani, S., & Shah, J. Design, Modelling and Analysis of Helical Gear Pair using ANSYS and AGMA Standards for Calculating a Bending and Contact Stress on Gear Profiles. *Ijarrie*. 3(2):3813-3821, 2017.
- Khosroshahi, M., & Fattahi, A. Three Dimensional Stress Analysis of a Helical Gear Drive with Finite Element Method. *Mechanika* , 23(5):630-638, 2017.
- Liu, Y., Zhao, Y., Liu, M., & Sun, X. Parameterized High-Precision Finite Element Modelling Method of 3D Helical Gears with Contact Zone Refinement. *Shock and Vibration* , 2019. 1-17, 2019.
- Mejía, F. Modelado por elementos finitos de procesos de manufactura por deformación plástica. *Revista Ingeniería e Investigación* (56):7-13, 2004.
- Mote, S., Gaur, A., & Gujale, A. Design and FEM Analysis of Helical Gear. *International Journal of Engineering Research and Advanced Technology* , 4 (4):13-20, 2018.
- Patil, S., Karuppanan, S., Atanasovska, I., & Wahab, A. Contact stress analysis of helical gear pairs, including frictional coefficients. *International Journal of Mechanical Sciences* 85:205-211, 2014.
- Peña, B., González, O., García, J., & Fernández, O. *Análisis Mediante el Método de Elementos Finitos del Comportamiento de los Parámetros del Contacto en Engranajes Cilíndricos de Dientes Rectos*. Monografía, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos", Matanzas. 2013.
- Politis, D., Politis, N., Lin, J., Dean, T., & Balint, D. An analysis of the tooth stress distribution of forged bi-metallic gears. *Journal of Mechanical Engineering Science* , 232(1):124-139, 2018.
- Revar, V., Parmar, D., & Shah, H. Design, modeling and stress analysis of high speed helical gear on basis of bending strenght and contact strength by changing face width and helix angle. *International Journal For Technological Research In Engineering*. 3(9):1975-1980, 2016.
- Sahu, L., Tiwari, V., & Dewangan, M. Comparison of Bending Stresses in Involute

- and Cycloidal Profile Spur Gear Tooth. *International Research Journal of Engineering and Technology*. 4(7):632-636, 2017.
- San Martín, C., Estupiñán, E., & San Martín, D. Metodología para la Detección y Diagnóstico de Fallas Localizadas en Sistemas de Engranajes y Rodamientos. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*. 18(1):44-52, 2010.
- Soto, L. *Análisis de Esfuerzos de Transmisiones de Engranajes Cilíndricos Helicoidales Mediante el Método de los Elementos Finitos*. Tesis de Maestría, Escuela Politécnica Nacional, Quito. 2014.
- Venkatesh, J., & Murthy, P. Design and Structural Analysis of High Speed Helical Gear Using Ansys. *Int. Journal of Engineering Research and Applications*. 4(3): -5, 2014.
- Vivas, J., & García, J. M. Efectos Producidos por la Variación de Parámetros Dimensionales Sobre los Esfuerzos Soportados por Engranajes Rectos. *Revista Científica UNET*, 27(1):1-13, 2015.
- Zhan, J., & Fard, M. Effects of helix angle, mechanical errors, and coefficient of friction on the time-varying tooth-root stress of helical gears. *Measurement*. 118:135-146, 2018.
- Zhang, J., Zhang, Q., & Shi, R. Finite Element Analysis and Optimization of Helical Gear-pairs with Web based on SolidWorks. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 382:1-6, 2018.
- Zúñiga, A., Mesa, C., & Flórez, L. Estudio de la extrusión indirecta con punzón de sección transversal cuadrada del aluminio 6061 usando el método de elementos finitos. *Revista EIA*, 16 (32):2019-228, 2019.

ARQUITECTURA METAMÓRFICA CON MÓDULOS DE CONTROL

METAMORPHIC ARCHITECTURE WITH CONTROL MODULES

Autores:

Andrickson, José^{1,2,3}; Lopez, Marino¹; Chacón, Edgar^{2,3}; Casanova, Lezdy¹

¹Universidad Nacional Experimental del Táchira, San Cristóbal, Venezuela.

²Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

³Instituto Especializado de Estudios Superiores Loyola, San Cristóbal, República Dominicana.

Corresponding Author: andrick@unet.edu.ve

RESUMEN

La arquitectura metamórfica con módulos de control nacen con la finalidad de probar el funcionamiento de esta estrategia con el uso de sistemas electrónicos, desarrollados a medida con microcontroladores ATMEGA, permitiendo la interacción entre las unidades inteligentes y definiendo un cambio en la estructura de automatización lógica del proceso, con el uso herramientas basada en sistemas expertos y red de proceso. La arquitectura metamórfica se soporta sobre la conceptualización de arquitecturas modernas de automatización; quienes definen el aspecto lógico de funcionamiento del sistema y el ejecutar de los módulos de control.

ABSTRACT

The metamorphic architecture with control modules was born with the purpose of testing the operation of this strategy with the use of electronic systems, custom developed with ATMEGA microcontrollers, allowing the interaction between the intelligent units and defining a change in the logical automation structure of the process, with the use of tools based on expert systems and process network. The metamorphic architecture is based on the conceptualization of modern automation architectures; who define the logical aspect of system operation and the when execution of the control modules.

Palabras clave: automatización, unidad inteligente, módulos de control, metamorfismo.

Key words: automation, intelligent unit, control modules, metamorphism.

Recibido:
03/04/2020

Aprobado:
23/03/2021

INTRODUCCIÓN

Una nueva visión para el manejo de la complejidad en los procesos, es utilizar sistemas de planificación inteligente y distribuida, capaz de generar cronogramas de operación que resultan en configuraciones de las unidades inteligentes, ajustadas de manera óptima para un objetivo y que evoluciona de acuerdo a distintas situaciones que aparecen en el entorno o internamente en cada unidad. El cronograma es establecido entre unidades autónomas y cooperantes. La ejecución de las actividades de cada unidad se realiza de manera distribuida y coordinada mediante el uso de sistemas metamórficos, lo que permite la flexibilidad ante cambios y dar respuestas ante fallos de una unidad, permitiendo una nueva configuración y dando una mayor robustez al sistema global.

Estos procesos de planificación y ejecución son también realizados en cada una de las unidades que conforman el sistema o arquitectura de automatización. Donde el cronograma es establecido por la negociación entre las partes y la supervisión de ejecución de las actividades se realiza internamente en cada unidad inteligente de forma autónoma (Ramadge & Wonham, 1987). Esta manera de ver la conformación del proceso de planificación y ejecución sigue las recomendaciones del enfoque holónico (Chacón, Besembel, & Hennet, 2004), (Chacon, Besembel, Rivero, & Cardillo, 2009).

Este trabajo se considera el estudio de algunas propuestas relevantes en el desarrollo de sistemas de automatización, como sistemas de configuración dinámica (Tharumarajah, 2003), estándares de automatización (ISA-95, 2000), y nuevos paradigmas de arquitecturas de automatización PROSA (Wyns, 1999).

El trabajo consiste en el diseño y desarrollo de módulos inteligentes de adquisición y control de variables, que permiten implementar algoritmos de control inteligentes, con arquitecturas metamórficas para el desarrollo de una

investigación en el área de la automatización. Entendiendo como una Arquitectura Metamórfica a un sistema adaptativo, donde su principal característica es la posibilidad de cambio de forma funcional. Estos módulos tendrán la capacidad de obtener medidas de las variables y almacenar los datos adquiridos en su memoria, además de interactuar entre ellos y comunicarse con un computador.

Este trabajo presenta un sistema de coordinación, a través del cual se define una arquitectura metamórfica para el control de un sistema, que integra las acciones de: diseño, planificación, programación, control, y ejecución con actividades de módulos en un entorno distribuido e inteligente.

Los sistemas de control de este paradigma, deben encarar requisitos que imponen una capacidad de sistemas ágil y de rápida adaptación a los cambios del entorno, a través de la integración de las nuevas tecnologías, y herramientas informáticas y electrónicas.

Este artículo presenta una descripción del paradigma de metamorfismo, así como los requisitos asociados a los sistemas distribuidos y organizaciones ágiles. El trabajo de investigación también verifica la ventaja del enfoque metamórfico.

Haciendo una reseña histórica, tenemos que durante varios años, el concepto de sistemas en serie, caracterizada por la producción a gran escala, fue ampliamente implementado, pero hoy en día esos procesos son incapaces de responder a las variaciones en el cambio del sistema y desafíos modernos del dinamismo. El paradigma de los sistemas metamórficos los define como sistemas ágiles y pueden tomar atribuciones de los sistemas holónicos, que le ofrecen capacidad de adaptación rápida a los continuos e inesperados cambios en el entorno. En este tipo de arquitectura se considera el factor humano y de conocimiento de la organización de tanta importancia como la tecnología.

MÉTODO

Arquitectura de Automatización

Los sistemas de producción tradicionales se basan en arquitecturas fijas, generalmente jerárquicas. La evolución de los mismos nos lleva al desarrollo de una arquitectura de automatización flexible como es el caso de las arquitecturas metamórficas o más actualmente llamadas arquitecturas dinámicas, auto-organizadas, o auto-configurables; las cuales representan un concepto coherente con las holarquías (Wyns, 1999).

Cada unidad inteligente define su propio comportamiento interno con el propósito de cumplir su meta local, mientras satisface la meta global del sistema; la meta global del sistema se alcanza una vez lo hayan hecho el conjunto de unidades inteligentes.

La estructura organizacional de la unidad inteligente se define en términos de jerarquías dinámicas, y se integran a través de la información y la comunicación, estableciendo una solución a la integración de sistemas heterogéneos, que va desde el aspecto físico hasta el aspecto lógico.

Un enfoque global de la integración de sistema consiste en: definir, diseñar e integrar las actividades de procesos de negocios, integración de sistemas de datos y conocimiento, e integración de procesos a través de los sistemas de información y comunicación; haciendo uso de técnicas automatización como medio de redes de computadoras, y sistemas repositorio de información como bases de datos, así como gestores de información.

Las comunidades de los sistemas multi-agentes y los sistemas holónicos son los que más trabajos en el área de las empresas de manufacturas desarrollan, todo dentro de un entorno de sistemas distribuidos de inteligencia artificial (Deen & Fletcher, 2001). Ambos sistemas se fundamentan en la negociación de los elementos de la arquitectura, lo cual define un sistema de

programación dinámica, como lo plantea (Maturana, Shen, & Norrie, 1999), (Leitao, Karnouskos, Ribeiro, Lee, Strasser, & Colombo, 2016).

La arquitectura metamórfica está representada por las unidades inteligentes en el conjunto de módulos de control, la cual posee tres puntos de vista: aspecto estructural; modelo de empresa, representado por la relación entre los componentes; y flujo de información. Estos tres puntos de vistas permiten desarrollar un modelo de integración con una perspectiva sencilla, donde cada módulo está compuesto por un sistema de toma de decisiones y manejo de recursos.

El proceso constituido por los módulos autónomos y cooperantes, define su propio comportamiento interno con el propósito de cumplir sus metas.

La integración de sistemas a través de la tecnología de la información y la comunicación se ha convertido en una necesidad de los procesos de producción, por tanto, el planteamiento tiene como finalidad la solución de la integración de procesos físicos con su sistema de control y supervisión.

Para los sistemas tradicionales basados en niveles jerárquicos, el modelo conceptual que abordan están definidos por sistemas de información, control y toma de decisión a través de una serie de capas o niveles escalables; avanzando la integración desde el nivel netamente físico de integración de equipos y sistemas operativos hasta la automatización e integración de procesos de información, control y decisión a nivel de empresa.

Los sistemas actuales definen la integración de equipos físicos, control, toma de decisión, manejo de la información y comunicación para cada nivel de automatización, estableciendo una jerarquía dinámica, considerada metamorfismo, donde cada uno de los niveles están definidos de manera tradicional, es decir se toman decisiones de manejo de recursos, supervisión de proceso,

gestión de información y condiciones producción.

Un enfoque global de la integración de sistema consiste en definir, diseñar e integrar las actividades de proceso; así como sistemas de datos y conocimiento a través de los sistemas de información y comunicación,

Cada módulo inteligente representa el elemento básico de la arquitectura de control, por lo tanto, los procesos están formados por más de un módulo autónomo de supervisión y control. El cual establece distintas formas de operación para cada sistema en particular. De esta manera posee su propia autonomía y es capaz de cooperar con otros módulos. El conjunto de módulos forma una unidad inteligente especializada, considerada como un módulo especializado. La relación entre los módulos está establecida por el sistema, la cual define su configuración.

Arquitectura Dinámica

La arquitectura dinámica establece la planificación y configuración de los recursos y

métodos de la unidad inteligente para alcanzar su objetivo. La programación y agenda de las actividades y recursos define un problema combinatorial complejo de las arquitecturas de automatización, que debe ser considerada para optimizar su uso.

La estructura presentada en este estudio se basa en sistemas de unidades inteligentes con principios holónicos, donde un conjunto de entidades se agrupa para dar respuesta al objetivo del sistema.

Los objetivos del sistema son abordados y solucionados como resultado de la negociación de las unidades inteligentes. Dentro de la unidad inteligente, la configuración define el modelo de operación de los recursos y los métodos a ejecutarse, así como, la relación física y lógica que permite el flujo de información entre las unidades.

La Figura 1, muestra cómo está formada una arquitectura de unidades inteligentes con referencia a los modelos biológicos y fractales (Van Brussel *et al.*, 1998). Lo cual proporcionan la base para la arquitectura metamórfica.

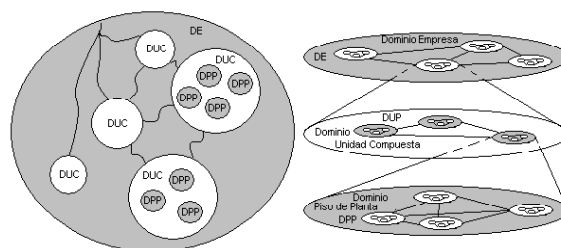


Figura1. Arquitectura de las Unidades Inteligentes como Unidades de Producción.

Modelo Dinámico

Entre los principales componentes en un modelo dinámico, encontramos los estados que representan el conjunto de valores de los atributos de un objeto, y los eventos que estimulan los cambios de estados.

El modelo dinámico está compuesto por un grupo de diagramas que describen los comportamientos (dinámicos y estáticos) de cada unidad dentro del proceso. Las actividades y los

diagramas en un modelo dinámico se ejecutan de manera concurrente y se accionan a través de eventos, lo cual permite la evolución entre los estados (Ramadge & Wonham, 1987). Como referencia de diagramas del modelo para la unidad inteligente, se considera el diagrama de actividades del sistema de supervisión y control, Figura 2, donde se representa el conjunto de actividades a ejecutar sobre el sistema o proceso, considerando recursos como los sensores.

El supervisor es encargado por la correcta evolución del sistema, la coordinación de los recursos, métodos y datos para el control del sistema, además genera la información para la documentación de unidad inteligente. El supervisor reacciona ante cambios de evolución de los estados y las zonas de operación del sistema. El supervisor está activo durante todo el

ciclo de vida del sistema. Sobre unidades inteligentes el sistema se encuentra distribuido y coordinado entre las diferentes unidades.

La unidad inteligente cuenta con un grupo de actores internos y externos que les permite hacer un seguimiento, control, y solución de imprevistos dentro de la evolución del proceso.

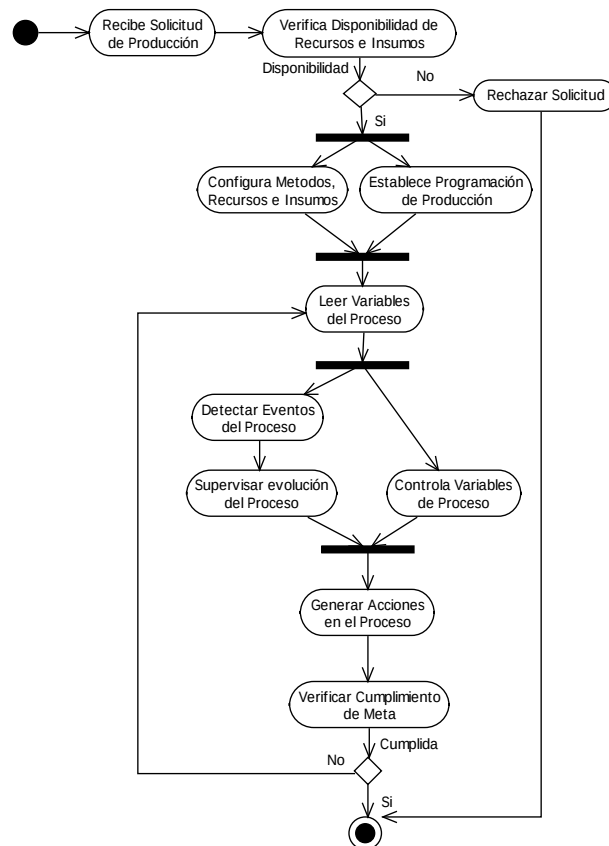


Figura 2. Diagrama de actividades del sistema de supervisión y control.

La unidad inteligente es representada en dos grandes aspectos, uno el sistema de manejo de recursos (aspecto físico) y el otro el sistema de toma de decisiones (aspecto lógico). El manejo de los recursos incluye los métodos de medición de la producción, asociado a los datos de proceso a través de los estados de producción.

El sistema de toma de decisión está asociado al conocimiento del proceso y la negociación del sistema, los acuerdos se establecen a través de un conjunto de reglas. De igual manera, el sistema de toma de decisión posee un procedimiento de

optimización para evaluar la mejor condición del proceso, para esto se vale del conocimiento preciso de su radio de acción.

Una vez descrita la unidad inteligente, definiremos la característica de la constitución de la misma, y su relación de sistemas físicos y lógicos. El aspecto lógico de la unidad inteligente se encuentra distribuido entre sus componentes, dado su característica de sistema metamórfico.

El aspecto físico de la unidad inteligente se desarrolla a través de los módulos electrónicos de control y una PC que se encuentran unidos por un sistema de comunicación e información, que le permite cambiar su estructura funcional de acuerdo a las variables del sistema. Los módulos electrónicos serán descritos a continuación.

Descripción de Módulos

La arquitectura de los módulos establece una interconexión en un bus de comunicación, como se indica en la Figura 3, cada módulo estará conectado con los demás módulos y con la PC a través del puerto del computador. Cada uno contienen los sensores y el microcontrolador (ATmega16, 2015) encargado de tomar los datos de la variable para procesarlas y almacenarlas. El módulo interfaz se encarga de establecer la comunicación entre los módulos y la PC.

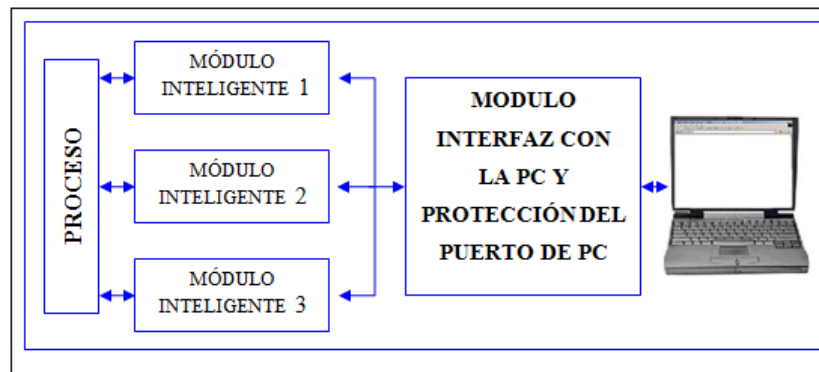


Figura 3. Arquitectura de Módulos de Control.

Cada módulo tendrá su inteligencia (sistema experto), para cada sensor a través del uso de un microcontrolador. La inteligencia de los módulos se basa en la toma de decisiones en función del algoritmo establecido en el microcontrolador. Los módulos permiten la comunicación punto a punto y multipunto entre cada uno y con el PC, además de capacidad de ejecución de algoritmos de control para el manejo de salidas de control y señalización (alarmas).

El módulo de interfaz de comunicación permitirá la gestión de la comunicación y la protección del puerto del PC a través de un circuito que limitará la corriente y voltaje que puedan ocasionar daños, en éste caso particular se utilizarán los puertos de comunicación RS-232 y RS-485.

Cada microcontrolador recibe instrucciones o datos desde el PC a través de la interfaz convertidor RS232-RS485 o de cualquier otro módulo por medio de la red RS485 para realizar una acción de control o señalización. Esta red tendrá la facultad de cambiar su jerarquía de control o arquitectura de automatización de manera funcional, gracias a la estructura

metamórfica que posee. Los módulos tienen la capacidad de tomar el mando de la red y convertirse en maestro en un momento en el cual ocurra un evento que dispare la acción.

Se diseñaron cuatro modelos de los cuales uno es el de interfaz con la PC (convertidor RS232-RS485) y tres de control que contienen: sistema de control, sistema de comunicación RS-485, tarjetas acondicionadoras de señal de los sensores y las salidas de señalización y control. Lo cual de base para el desarrollo de la arquitectura metamórfica

El protocolo de comunicación de los módulos con la PC se realiza de la siguiente manera:

- El PC enviará un paquete a la red dirigido a un módulo, con la dirección y las instrucciones a ejecutar.
- El módulo especificado responderá una vez sea direccionado, siempre y cuando el paquete sea comprobado que llegó en forma correcta, de otra manera no responderá a la petición hecha por la PC.
- En el caso en el cual un sensor ha tomado una medida de un evento inesperado en un

módulo, éste informará a todos los módulos emitiendo un paquete con una dirección general. Este paquete será recibido y procesado por todos los módulos conectados a la red incluyendo la PC y ejecutarán una acción dependiendo del evento. Esto es posible en la red gracias a la estructura metamórfica, si el evento así se producirá un cambio de forma de jerarquía y el módulo que envía la notificación que cambiara a ser el maestro de la red.

Metodología de Construcción

A través del aspecto metodológico se describe la implementación de los módulos de control y la implementación de la unidad inteligente.

Como primera etapa se construyó el módulo de desarrollo para microcontroladores, además se programaron los diferentes algoritmos de control y comunicación. De igual manera se implementó el protocolo de comunicación de red RS485.

Seguidamente se desarrolló: la programación del microcontrolador para que cumpla las funciones de comunicación entre cada módulo y la PC; así

como de almacenamiento de datos en cada módulo; también reconocer paquetes de datos.

En el desarrollo del sistema físico se implementó la interfaces humano-máquina. En este punto se realizó el monitoreo de temperatura, humedad y del estado del sensor óptico por medio del LabView. Una vez construido cada uno de los módulos se hicieron las pruebas de funcionamientos individuales y de integración en el sistema de datos.

Esquema de Construcción

Para la construcción de las tarjetas se implementaron la mayor cantidad de técnicas posibles para evitar la interferencia electromagnética, reducir el ruido y eliminar las pérdidas de las señales; de manera de garantizar un desempeño adecuado.

Cada tarjeta tiene su entrada de alimentación individual y sus entradas y salidas de control fueron ubicadas de manera que se hiciera la conexión de una manera adecuada para la tarjeta de control. El diagrama general de cada módulo es mostrado en la Figura 4.

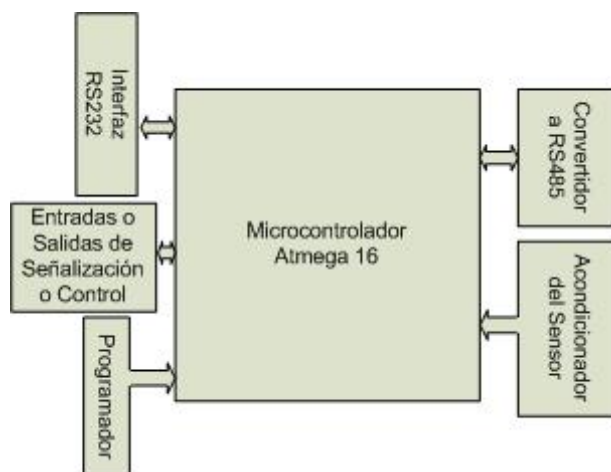


Figura4. Diagrama de Bloques Electrónicos de los Módulos.

Descripción de HMI

El sistema central o condición por defectos reside en el computador o PC, que es el componente de mayor potencia de cálculo. En él

se define la Interfaces Humano Máquina (HMI) del sistema, que constituye el punto de supervisión de la red, a pesar que dependiendo de las circunstancias de medidas de cada sensor cualquier módulo puede tomar decisiones y el

control en un momento determinado. Cuando un módulo se convierte en maestro, ese momento y los demás módulos incluyendo la PC recibirán una orden en un paquete de datos para ejecutar las acciones correspondientes para solventar la situación actual. En el caso que esto ocurra la arquitectura de control cambiaría y el PC pasaría a otro orden en la jerarquía de mando.

En cuanto al manejo de la interface HMI, la Figura 5, se muestra el esquema estructural del Software diseñado en LabView, donde la red se comunicará por el puerto serial (COM1), a una velocidad de 9600 bps a través de un conector DB9.

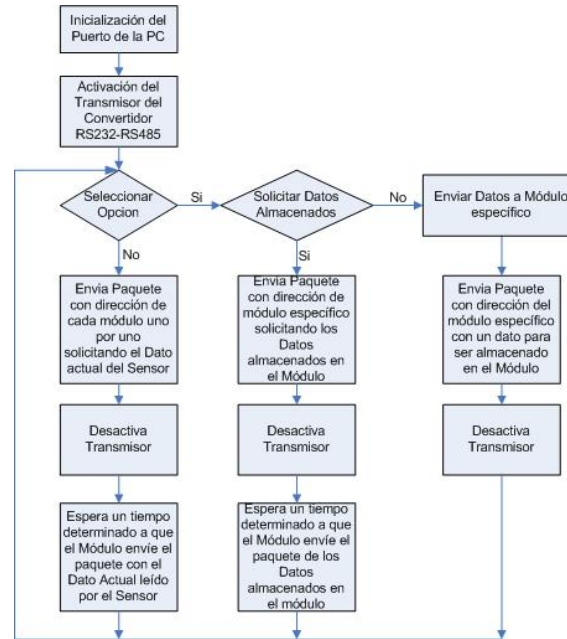


Figura 5. Esquema del software en LabView

En LabView existirá un panel frontal al usuario para indicar los valores o estados leídos por cada sensor en tiempo real, así como también un menú de opciones para indicar a los módulos la instrucción a realizar, tales como: solicitar datos

almacenados en el módulo o enviar dato a cada módulo de manera individual. En la Figura 6, se puede observar el panel frontal indicando todas las especificaciones de los datos recibidos.

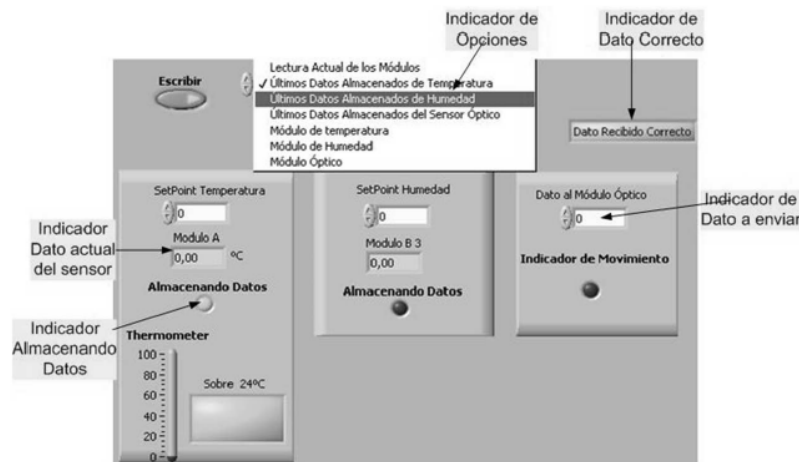


Figura 6. Panel de Visualización del Sistema

Aspecto Lógico

En los sistemas de información concurren las tendencias hacia el control sistémico de los procesos, facilitando la integración de un conjunto de diversas herramientas que incluyen el empleo de algoritmos de control, Sistema de Control y Adquisición de Datos (SCADA) y redes de control lógico, permitiendo así observar en tiempo real las variables involucradas en el desarrollo del proceso.

Los diferentes enfoques de automatización a los cuales pueden ser adaptados los módulos de este proyecto, pueden ser subdividirlos en tres grandes grupos desde el punto de vista funcional.

Jerárquicos: La presencia natural de jerarquía de los sistemas complejos es la motivación para la construcción de estructuras de control jerárquica y basada en niveles de control.

Heterárquicos: Es una estructura plana constituida de entidades independiente, usualmente agentes.

Holónicos: Se refiere a grupos de componentes que tienen capacidades de autonomía y están interconectados entre sí.

Mientras que desde el punto de vista estructural pueden ser sub-divididos en dos grupos (Jerárquico y Heterárquicos).

Una arquitectura de control se refiere a la forma estructural o funcional cómo interactúan los diferentes componentes. Es evidente que los sistemas de control deben evolucionar a sistemas flexibilidad tanto de hardware como de software. Y desde el punto de vista organizacional se debe conectar entre sí aquellos componentes que se adapten a las necesidades específicas del proceso. La información será gestionada de manera que a cada usuario se le presenten los datos que necesite y de la forma que los necesite, lo que implica sistemas abiertos de fácil integración, con hardware basado en instrumentos inteligentes, con capacidad de

control incluido, buses estándar y módulos I/O programables, como interface de campo.

Los módulos electrónicos de control implementados, facilitan la realización con sencillez de la arquitectura, y donde una de las principales características son su tamaño y consumo reducido.

El diseño de una arquitectura de automatización de unidades inteligentes se basa en la implementación de sistemas distribuidos. De manera compleja se presenta como un sistema de planificación, programación, configuración, supervisión y control de los recursos a partir de un acuerdo de producción establecido a través de la negociación.

La unidad inteligente posee autonomía y un sistema de informático flexible que actúa sobre su entorno, centrado sus funciones discretas (Ramadge & Wonham, 1987). Los sistemas distribuidos cumplen ciertas condiciones como:

- Sistema autónomo capaz de coordinar sus propias actividades.
- Compartir recursos (Equipos, Programas, Información).
- Compartir memoria local.
- Comunicación entre unidades.

Considerando estos aspectos, los medios de información son los instrumentos claves para la implementación de sistemas distribuidos.

La unidad inteligente está constituida por el sistema de manejo de información y toma de decisiones, que describen su comportamiento lógico y la interacción en la organización.

El uso de los sistemas inteligentes permite determinar el estado del entorno de la unidad, a través de la captura de las variables de procesos, y tomar las decisiones que permita el correcto funcionamiento.

Los sistemas de inteligentes garantizan la comunicación entre las unidades inteligentes, representadas en los módulos de control, así como la coordinación entre ellos; incluso en

entornos de heterogeneidad de los sistemas; Estableciendo una estructura organizacional dinámicas distribuidas.

Finalmente, en el caso de expandir la arquitectura, las unidades inteligentes se pueden constituir en unidades especializadas o grupo de unidades, que interactúan con otras unidades para definir una estructura de jerarquía dinámica en función a los cambios de las variables de diversos sistemas o procesos.

RESULTADOS

Sistema

El sistema metamórfico planteado en éste estudio, basado en sistemas inteligentes y autónomos, se puede comprobar en el comportamiento del sistema de módulos.

El sistema puede cambiar su estructura según: el control de mando ejercido por el sistema central, ejercido por el control de temperatura, ejercido por el control de humedad, o por el sistema de presencia.

Cuando el manejo reside en la PC, el sistema de captura, almacenamiento y gestión de datos en

tiempo real se encuentra centralizado en ella; y el sistema central solicitará los datos leídos por cada uno los módulos de manera secuencial.

Al producirse algún cambio de estructura lógica del sistema (metaforismo), los datos almacenados por los módulo, serán gestionados en función a la estructura lógica del módulo que tenga mayor nivel de jerarquía, por ejemplo si el sistema está trabajando en función a la presencia de personal en el recinto, este comandara las acciones a ejecutar en los demás módulos y se mantendrá en un ciclo secuencial hasta tanto vuelva a cambiar la estructura lógica de control del sistema.

El caso de la PC como maestro dentro de esta arquitectura metamórfica, ver Figura 7. Se considera el comportamiento inicial e idóneo del sistema y que todas las variables se encuentran en rango de trabajo normal. La operación relacionaría los distintos módulos de la siguiente manera: el sensor de temperatura detecta la temperatura adecuada dentro del recinto, lo cual se conjuga con la presencia de movimiento indicando que existen personas trabajando allí, además el sensor de humedad nos establece parámetros normales lo que indica una atmosfera adecuada.

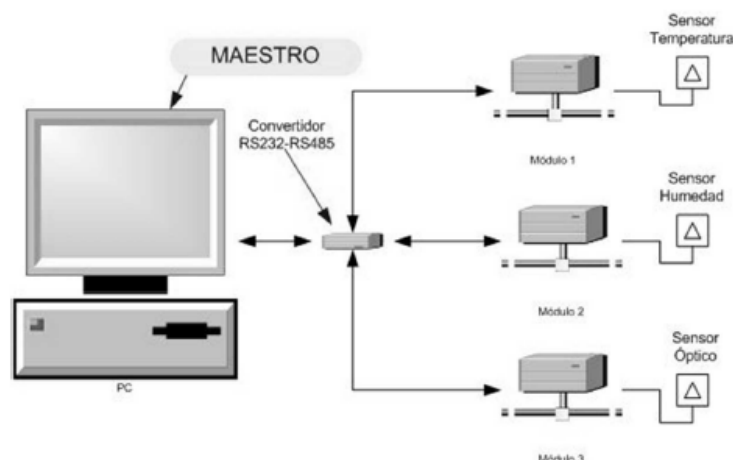


Figura 7. Sistema Metamórfico con PC Maestro.

Ahora bien, existen varios casos en el cual un sensor de cualquier módulo, está detectando algo fuera de lo común y necesita informar a los

demás módulos; entonces los módulos reconocen esta anomalía espera a ser direccionado y envía un paquete con una dirección general, la

cual es atendida por todos los módulos de la red incluyendo la PC y así los módulos al obtener esta información podrá ejecutar la acción apropiada. Pueden existir varios casos entre los tres módulos, de tal forma que todos tendrán una condición para ejecutar una acción.

Por ejemplo en el caso de la detección de una temperatura alta en el módulo que contiene este sensor envía la información que será recibida por todos los módulos, indicando el evento. Con esta condición el módulo de humedad encenderá una luz de señalización en el caso de que la humedad este por encima del 50%, en caso que la humedad se encuentre en un valor muy bajo se deberá considerar una revisión dado que alta

temperatura y baja humedad podría indicar la presencia de un incendio, esta gestión de información se da con el módulo de temperatura como sistema maestro. El ciclo de ejecución de este caso se puede observar en la Figura 8, donde el control comienza en el PC y toda la información llega a todos los módulos, luego el módulo que ha detectado una anomalía en su medición toma el mando y envía la información de condición la cual es recibida por todos los módulos y la PC, de allí, este módulo ejecutará las acciones pertinentes. En resumen, cuando un módulo informa a otro que ha ocurrido un evento inesperado, el PC dejaría de ser maestro, y pasa al módulo en cuestión hasta tanto vuelva a condición normal el sistema.

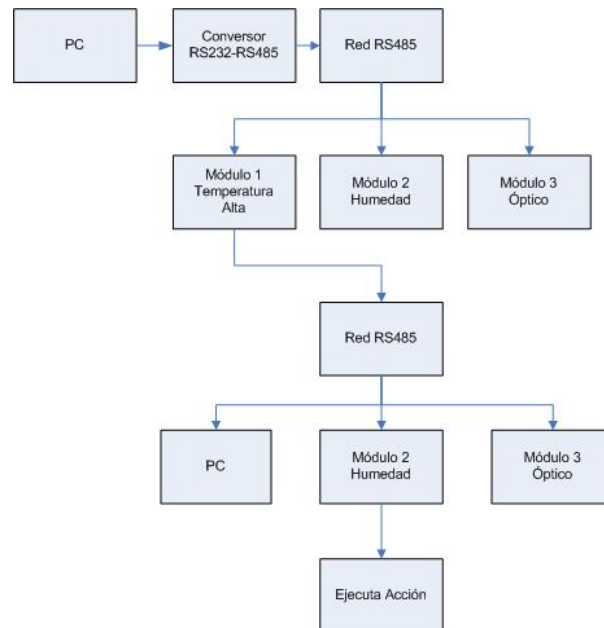


Figura 8. Metamorfismo por Evento Inesperado.

Por medio de la arquitectura metamórfica, que es un cambio en la estructura lógica del sistema inteligente, a través del análisis de un sistema experto, se considera la medición de variables directas e indirectas para la toma de decisiones.

Cada módulo presenta la misma característica de funcionamiento, y En la Figura 9, se observan todos los módulos conectados entre sí con la interfaz a la PC.



Figura 9. Conexión de los Módulos e Interfaces con PC.

Comportamiento del Sistema

Si analizamos el comportamiento del sistema en condiciones normales, el mismo posee tres estructuras, dos de condición de temperatura y humedad, y la tercera que se da cuando el sistema está fuera de horario de funcionamiento y se detecta la presencia de movimiento (módulo

con sensor óptico), en este caso se envía una señal de alerta a la PC la cual genera una alarma y toma de registro, y en caso de persistencia de presencia, enciende el sistema de climatización y genera una alarma local sino es reconocido el evento, las tres acciones se presentan en la Figura 10. Considerando un horario normal de 8 a 17 como horario de oficina.

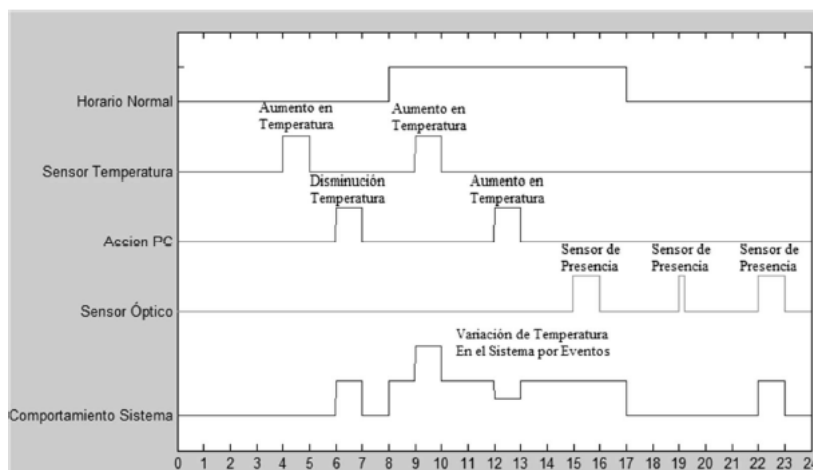


Figura. 10. Arquitectura por Reconfiguración, Módulo Maestro.

Como se presenta en el estudio, el sistema posee una estructura de jerarquía dinámica dada los eventos posibles. Como es el caso del sensado de aumento de temperatura (sensor de temperatura), el cual posee acción solo si el sistema está en condiciones de operación, en este lapso se puede disminuir o aumentar la temperatura de acuerdo al comportamiento del sistema, es decir, si por alguna acción el sistema sube la temperatura muy frecuente, el sensor detecta esto y

disminuye la temperatura para conservar el promedio dentro del recinto.

La arquitectura metamórfica basada en sistemas expertos tiene una estructura organizacional estática dado que los módulos están conectados todos entre sí, con embargo su estructura funcional está separada en módulos inteligentes de toma de decisiones. Esta estructura posee la ventaja de establecer sistemas con inteligencia distribuida entre sus componentes, permitiendo

un manejo eficiente de la gestión de datos y la toma de decisiones; en este caso de estudio se muestra de manera moderada esta gran oportunidad de los sistemas distribuido, pero crece en función al sistema y la cantidad de acciones a tomar, siendo en los sistemas actuales

una de las principales alternativas para solucionar problemas complejos con acciones de control simples. El caso planteado y cualquier otro que conserve este sistema de supervisor en este tipo de arquitectura se puede representar como en la Figura 11.

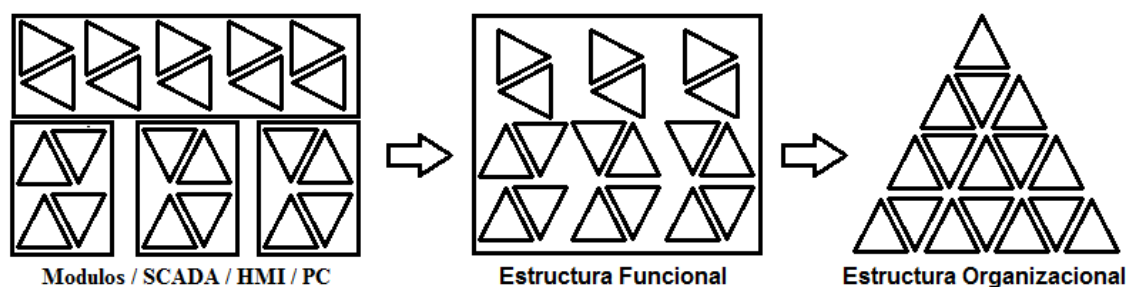


Figura 11. Arquitectura de Jerarquía Dinámica de Módulos de Control y Unidades Inteligentes.

Cada módulo se expresa como unidad inteligente, que poseen en si sistemas de control y lógica de comportamiento como unidad cooperante dentro del sistema, de esta manera las acciones de sensado y acción son atributos físicos, mientras que sus características de funcionamiento son atribuciones lógicas de la unidad, considerando que esta estructura se fundamenta en el manejo de la información, similar al planteamiento de PABADIS (2003).

CONCLUSIONES

La arquitectura desarrollada considera aspectos de los sistemas distribuidos y de información como aspectos centrales en el desarrollo de sistemas metamórficos, lo cual deriva en arquitectura lógica de jerarquía dinámica. Esta arquitectura considera aspectos de sistemas híbridos, síntesis de controladores discretos y razonamiento por sistema experto con el objetivo de ejecutar el control dinámico sobre sistemas propuesto. Donde su principal ventaja radica en la distribución de inteligencia y manejo de problemas complejo con sistemas de control sencillos a través de la cooperación de sus componentes.

De igual manera para la implementación de las unidades inteligentes se necesitó contar con el desarrollo de los módulos, conectados en red con

un protocolo basado en el estándar RS485 para el Laboratorio de Instrumentación Control y Automatización (LICA) de la Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET). Se desarrollaron los módulos basados en un microcontrolador que se pueden conectar en cualquier red, así como la interface humano-máquina.

Cada módulo puede trabajar en forma independiente, almacenar datos que pueden ser accedidos a través de la red, simplemente enviando la trama correspondiente con su dirección.

La distribución de funcionalidades en las unidades inteligentes, se implementó en una interface humano máquina creada en LabView, la cual permite el monitoreo en tiempo real las señales captadas por los sensores de cada módulo integrado dentro de la red.

El funcionamiento de los módulos está basado en una arquitectura de jerárquica dinámica funcional, es decir que cada módulo puede subir de jerarquía y hacer que otro módulo ejecuten un conjunto de acciones determinadas bajo su supervisión.

La unidad de control diseñada permite el procesamiento de señales con gran velocidad y

precisión debido a las características de operación del ATMEGA16 (ATmega16, 2015).

Con el desarrollo de esta arquitectura de automatización basada en unidades inteligentes con módulos de control electrónicos, se plantea un caso de estudio que siembra base para el desarrollo y pruebas de implementación de herramientas para lograr implantar topologías modernas de arquitecturas de automatización.

REFERENCIAS

- ATmega16. Datasheet ATmega16 [Documento en línea]:. http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2466.pdf. 2015.
- Chacón, E., Besembel, I., & Hennet, J. Coordination and Optimization in Oil & Gas Production Complexes. *Computers in Industry*, 17 – 37, 2004.
- Chacon, E., Besembel, I., Rivero, D., & Cardillo, J. Embedded holonics systems in production process: holonic unit of production. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 3 – 13, 2009.
- Deen, M., & Fletcher, M. Fault-tolerant manufacturing system. *Concurrency and computation. Practice and Experience*, 43-70, 2001.
- ISA-95. ISA-dS95.00.01: *Enterprise-Control System Integration Part 1: Models and Terminology* [Standard]. 2000.
- Leitao, P., Karnouskos, S., Ribeiro, L., Lee, J., Strasser, T., & Colombo, A. Smart Agents in Industrial Cyber-Physical Systems. *Proceedings of the IEEE*, 1086 – 1101, 2016.
- Maturana, F., Shen, W., & Norrie, D. Metamorph: an adaptive agent-based architecture for intelligent manufacturing. *International Journal of Production research*. 37(10):2159-2174, 1999.
- Proyect, P. Plant automation based on distributed system. *Revolutionising plant automation. The pabadis approach*. Technical report. 2003.
- Ramadge, J., & Wonham, M. Supervisory control of a class of discrete event processes. *SIAM journal of control and optimization*. 205-230, 1987.
- RS485, E. Estándar RS485 [Consulta: Abril del 2015]. Retrieved from http://dea.unsj.edu.ar/sinc/NormasNivel_Fisico.pdf. 2015.
- Tharumarajah, A. A self-organising view of manufacturing enterprises. *Computer in Industry*. 51:185-196, 2003.
- Van Brussel, H., Wyns, J., Valckenaers, P., & Peeter, P. Reference architecture for holonic manufacturing system. *Computer in Industrial*, 37:255-274, 1998.
- Wyns, J. Reference architecture for holonic manufacturing systems - the key to support evolution and reconfiguration-. PhD dissertation. PMA/K.U.Leuven. 1999.

AGROPECUARIA

MORTALIDAD DEL AGENTE POLINIZADOR DE LA PALMA ACEITERA *Elaeidobius* sp., CAUSADA POR AISLAMIENTOS DE *Beauveria bassiana*MORTALITY OF THE OIL PALM POLLINATOR *Elaeidobius* sp., CAUSED BY *Beauveria bassiana* ISOLATES METHOD**Autores:****Escalante, Marlyn¹; Moreno, Maribel¹; Damas David²**¹Ing. Agrónomo, Universidad Nacional Experimental del Táchira. Departamento de Ingeniería Agronómica. San Cristóbal, Táchira, Venezuela.²Ing. Agrónomo, Asesor agrícola independiente en el cultivo de palma aceitera**Corresponding Author:** mescalan@unet.edu.ve**RESUMEN**

La formación de racimos de palma aceitera (*Elaeis guineensis*) depende de la participación de los polinizadores, principalmente del género *Elaeidobius* (Coleoptera: Curculionidae), el cual puede ser afectado por *Beauveria bassiana* que es utilizado por los productores de palma como controlador biológico de insectos plaga. Por esto, se evaluó la mortalidad de adultos de *Elaeidobius* en laboratorio y campo al ser inoculados con de tres aislamientos de *B. bassiana* (LIG015, LIG017 y LIG059). En la fase de laboratorio la inoculación de los insectos se efectuó por inmersión en una suspensión de 1×10^7 esporas.ml⁻¹, para luego realizar observaciones registrando mortalidad diaria y las etapas del proceso infectivo. La fase de campo consistió en la aplicación de tres aislamientos en una dosis 1×10^{10} esporas.ha⁻¹, simulando una aplicación para el control de plagas foliares, evaluándose la mortalidad de adultos de *Elaeidobius* sp. por *B. bassiana* a los 7 días. En el laboratorio se observó una mortalidad media de polinizadores por efecto de *B. bassiana* con porcentajes entre 52% y 46%. La duración de las etapas del proceso infectivo fueron similares con valores promedio (días) de 12,49 para inicio de crecimiento del micelio; 14,77 a cubrimiento de micelio y 18,53 a esporulación del biocontrolador. En el campo el mayor porcentaje de mortalidad registrado fue 14% y un mínimo de 6%. Los resultados encontrados en ambas fases, indican que los aislamientos estudiados son patógenos a *Elaeidobius* sp., sin embargo la baja mortalidad de campo muestra que la polinización puede ocurrir efectivamente asegurando la formación de racimos.

ABSTRACT

The formation of clusters of oil palm (*Elaeis guineensis*) depends on the participation of pollinators, mainly the genus *Elaeidobius* (Coleoptera: Curculionidae), which can be affected by *Beauveria bassiana*, which is used by palm producers as a biological control of insects pest. Therefore, the mortality of *Elaeidobius* adults was evaluated in the laboratory and field when inoculated with three isolates of *B. bassiana* (LIG015, LIG017 and LIG059). In the laboratory phase, the inoculation of the insects was carried out by immersion in a suspension of 1×10^7 spores.ml⁻¹, to later make observations recording daily mortality and the stages of the infective process. The field phase consisted of the application of three isolates at a dose of 1×10^{10} spores.ha⁻¹, simulating an application for the control of foliar pests, evaluating the mortality of adults of *Elaeidobius* sp. by *B. bassiana* at 7 days. In the laboratory, a mean mortality of pollinators was observed by effect of *B. bassiana* with percentages between 52% and 46%. The duration of the stages of the infective process were statistically similar with average values (days) of 12,49 to mycelial production; 14,77 to mycelial coverage and 18.53 to sporulation of the biocontroller. In the field, the highest percentage of recorded mortality was 14% and a minimum of 6%. The results found in both phases, indicate that the isolates studied are pathogenic to *Elaeidobius* sp., however the low field mortality shows that pollination can occur effectively ensuring cluster formation.

Palabras clave: mortalidad *in vitro*, mortalidad en campo, hongos entomopatógenos**Key words:** mortality *in vitro*, mortality in field, entomopathogenic fungi.**Recibido:**
09/05/2020**Aprobado:**
03/03/2021

INTRODUCCIÓN

En Venezuela, la palma aceitera (*Elaeis guineensis*, Jacquin) tiene importante repercusión en la industria nacional de mantecas, aceites y otros derivados, existiendo aproximadamente 44.991 ha sembradas de distribuidas principalmente en los estados Zulia, Monagas y Yaracuy, con un volumen de producción para el año 2018 de 462.728 ton/año (FAOSTAT, 2020).

La palma aceitera es una especie monoica de polinización cruzada y entomófila, siendo poco común que se encuentren inflorescencias de ambos sexos en estado receptivo simultáneamente en una planta. Entre los agentes polinizadores más importantes son consideradas las especies *Elaeidobius kamerunicus* Faust., y *E. subvittatus* Faust., ambas pertenecientes al Orden Coleoptera, Familia Curculionidae y Subfamilia Derelominae (Syed, 1984; Prada *et al.*, 1998).

La presencia de estos polinizadores en condiciones de campo ha sido relatada en la literatura (Syed, 1984; Genty, 1985; Prada *et al.*, 1998) como favorecedores de los volúmenes de cosecha con aumentos del cuajado de frutos (fruit set) y peso del racimo que conlleva a un incremento de la producción de aceite/racimo del orden de 12 al 48 %, demostrándose que la participación de estos polinizadores desempeña un papel de mucha importancia en el manejo de plantaciones de palma aceitera (Syed, 1984; Sánchez *et al.*, 2004; Bámaca, 2015).

Por otra parte, el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*, con un gran rango de hospederos y capacidad patogénica para muchas especies de insectos plaga de cultivos, ha sido utilizado en palma aceitera para el control de *Opsiphanes*, *Euprosterna*, *Euclea* y *Brassolis* (Pinnamaneni y Kalidas, 2012), picudo de la palma (*Rhyncophorus palmarum*) (Alvarado *et al.*, 2013) y chinches de encaje como *Leptopharsa gibbicarina* (Barrios *et al.*, 2016) y en general en planes

de manejo integrado de artrópodos plaga (Priwiratama y Susanto, 2014; Kamarudin, 2019); aunque, no se ha determinado su efecto en la zona productora de palma del estado Zulia sobre los insectos polinizadores; estos, al pertenecer al orden Coleoptera, podrían ser particularmente afectados por este controlador biológico.

En razón de los anteriores hallazgos de investigación se estableció como objetivo de este trabajo, evaluar la mortalidad *Elaeidobius* sp. al ser inoculados con tres aislamientos de *B. bassiana* en laboratorio y campo, registrando además la duración de las etapas del proceso infectivo en condiciones controladas.

MÉTODO

Áreas de estudio

La investigación se realizó en dos localidades: una fase *in vitro*, en el Laboratorio de Fitopatología de la Universidad Nacional Experimental del Táchira, ubicado en San Cristóbal, estado Táchira, y la fase de campo, en el Fundo “La Rosita”, situado en las coordenadas geográficas 8° 32' 40.4" N y 72° 23' 09.7" del municipio Catatumbo del estado Zulia, Venezuela. Durante el ensayo, la temperatura promedio fue de 27°C y la precipitación pluviométrica mensual de 102,5 mm, valores característicos de la época seca de esa localidad.

Tratamientos

Tanto a nivel de laboratorio como de campo se evaluaron cuatro tratamientos, constituidos por tres aislamientos distintos de *B. bassiana* y un tratamiento testigo. Los aislamientos de *B. bassiana*, proceden del Cepario de Hongos del Laboratorio de Investigaciones Genéticas de la Universidad Nacional Experimental del Táchira; identificados por los códigos: LIG015, proveniente del municipio Panamericano del estado Táchira; LIG017, oriundo del municipio Catatumbo del estado

Zulia y LIG059, nativo del municipio Junín del estado Táchira, respectivamente; reactivados sobre *Hypothenemus hampei*.

Producción masiva de *B. bassiana*

Para la multiplicación de los tres aislamientos de *B. bassiana* se utilizó la metodología de producción artesanal de hongos entomopatógenos, preparándose los cultivos madres a partir de aislamientos de *B. bassiana* en PDA, en botellas de vidrio de 375 ml, utilizando como sustrato 50 g de arroz humedecido con 80 ml de agua y esterilizado con calor húmedo. Para la masificación se utilizaron bolsas de polipropileno de baja densidad en lugar de las botellas por ser mas sencilla su manipulación pero se mantuvo el sustrato y las recomendaciones de Antía *et al.* (1992).

Ensayo 1

Colección y mantenimiento de insectos

Para la obtención de los insectos polinizadores, se colectaron en condiciones de campo tres inflorescencias masculinas completas en etapa de antesis. Se retiraron todos los adultos presentes en ellas sacudiéndolas vigorosamente. Al quedar libres de adultos, las inflorescencias se colocaron en jaulas entomológicas cúbicas de 0,5x0,5x0,5 m, construidas con listones de madera y malla antiáfidos. Seguidamente, las jaulas entomológicas, fueron trasladadas al laboratorio donde fueron mantenidas en ambiente con humedad relativa de 80% y temperatura de 24±2°C.

Una vez, lograda la población homogénea con la emergencia de la nueva generación de adultos del insecto –que ocurrió aproximadamente 14 días después de colectadas las inflorescencias–, los insectos emergidos fueron identificados a nivel de género, basados en las características morfológicas descritas por Genty (1985), como *Elaeidobius* sp.

Desinfección de los insectos

Una vez ocurrida la emergencia de los nuevos adultos, las jaulas entomológicas se introdujeron en el refrigerador a 5 °C por 4 min, para reducir la movilidad de los insectos y se seleccionaron 50 adultos de *Elaeidobius* sp. por tratamiento, para un total de 200 insectos en el ensayo de laboratorio. La desinfección de los insectos se realizó de acuerdo a la metodología de González *et al.* (1993) que consiste en colocarlos en hipoclorito de sodio 0,5% durante 1 min y posteriormente realizar el doble enjuague en agua destilada estéril.

Patogenicidad de *B. bassiana* sobre *Elaeidobius* sp. en laboratorio

Para evaluar la capacidad patogénica de los tres aislamientos de *B. bassiana* sobre *Elaeidobius* sp., se realizó la inmersión individual de cada insecto adulto durante 2 min, en la suspensión de conidios calibrada a 10^7 esporas.mL⁻¹ (González *et al.*, 1993) contenida en un beaker de 50 mL y, para el caso del tratamiento testigo, solo en agua destilada estéril. La concentración de *B. bassiana* se estandarizó en hemacitometro, marca Marienfeld.

Culminado el tiempo de inmersión, los insectos se colocaron sobre papel de filtro estéril para retirarles el exceso de agua y seguidamente, con el auxilio de un pincel se colocaron en tubos de ensayo o viales de 4 mL de capacidad. Los viales en su interior, contenían un disco de papel de filtro estéril, humedecido diariamente con una solución azucarada estéril a 5% que además de servir de sustrato alimenticio para los insectos, también proporcionaba humedad relativa.

Los tubos fueron cerrados con tapón de algodón y gasa, ajustándose la abertura para permitir el intercambio gaseoso. Los tubos se colocaron en cestas metálicas y estas, sobre bandejas con toallas de papel humedecidas para garantizar alta humedad relativa, expuestas dentro del laboratorio a un régimen

controlado de luz/oscuridad de ± 12 horas y temperatura de $24^{\circ}\text{C} \pm 2$.

Las observaciones se realizaron cada cinco días con microscopio estereoscópico, marca Leica, modelo MS5, registrándose el número total de adultos muertos a causa de los tratamientos aplicados y confirmando la presencia de estructuras de los hongos sobre y dentro de los insectos. Se determinó mortalidad total acumulada por tratamiento así como la duración de cada etapa de proceso infectivo de acuerdo a la metodología de Bustillo y Marín (2002), descritas así:

- 1-. Inicio de crecimiento del micelio: Días transcurridos desde la inoculación (DDI) hasta producción de micelio, el cual se determina al observarse crecimiento de micelio sobre el insecto,
- 2-. Cubrimiento del micelio: DDI hasta el cubrimiento de más del 50% del cuerpo del insecto por el hongo
- 3-. Esporulación: DDI hasta la esporulación, donde se observan las estructuras reproductivas del hongo.

Análisis estadístico

Los tratamientos (T) evaluados, fueron cuatro: tres aislamientos distintos de *B. bassiana* en única concentración de 10^7 esporas. mL^{-1} y un tratamiento testigo, descritos de la siguiente manera: T₁-Aislamiento LIG015; T₂-Aislamiento LIG017; T₃-LIG059 y T₀- Testigo con aplicación de agua destilada. El ensayo se instaló en el diseño completamente aleatorizado donde la unidad experimental estuvo constituida por un insecto dentro del vial, con 50 repeticiones por tratamiento. Totalizando 200 unidades experimentales para el ensayo.

Previo al análisis de varianza, los valores de la variable mortalidad, fueron explorados por las pruebas de Shapiro-Wilk para normalidad de los errores y de Levene para la homogeneidad de varianza, no cumpliendo los supuestos para análisis paramétrico. En virtud de ello, y no habiendo logrado el

cumplimiento de los supuestos estadísticos a través de la transformación de datos, sus valores se interpretaron mediante estadística descriptiva. Por otro lado, las etapas del proceso infectivo se analizaron por análisis de la varianza a un intervalo de confianza del 5% de probabilidad, empleándose el programa estadístico InfoStat Versión 2018 (Di Rienzo *et al.*, 2018).

Ensayo 2

Patogenicidad de *B. bassiana* sobre *Elaeidobius* sp. en campo

Las parcelas experimentales de 0,5 ha (123 plantas aproximadamente), destinadas a cada tratamiento fueron separadas entre sí por tres hileras de siembra a fin de evitar la deriva de la aspersión entre los tratamientos. Previo a la aplicación, se realizó el marcado de cuatro inflorescencias en plena antesis por parcela y se calibró el equipo a $150 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Para asegurar la presencia de insectos polinizadores sobre las inflorescencias, las aspersiones se realizaron entre el rango de las 9:30 y 11:00 a.m., basado en el estudio realizado por Prada *et al.* (1998), donde se indica que el período de máxima actividad polinizadora para la especie *E. kamerunicus* está comprendido entre las 10:30-11:00 a.m., y para *E. subvittatus* se ubica entre las 9:30 y 10:00 a.m.

Aplicación de los tratamientos

Se utilizó la concentración de 10^{10} esporas. ha^{-1} para los tres aislamientos del entomopatógeno. Esta dosis es de uso común en condiciones de campo. Al momento de la preparación de las suspensiones de esporas, se agregó al agua el surfactante Kaytar[®] al 0,5%, no siendo necesario la corrección del pH y dureza, por estar dentro de los rangos adecuados.

Las aplicaciones de los tratamientos con cada uno de los aislamientos de *B. bassiana* y del testigo (agua+surfactante) se realizó con aspersora de espalda motorizada, marca Solo,

modelo Port 423, simulando con la aplicación el control de insectos defoliadores.

Captura de insectos polinizadores

A continuación, sobre las inflorescencias marcadas, se colocaron las mangas entomológicas y fueron ajustadas con una cuerda fina a la base de la inflorescencia para evitar la entrada y salida de insectos, estas mangas tenían un tamaño de 30 x 60 cm, fueron confeccionadas de malla antiafidos y cosidas por tres de sus lados, dejándose una abertura de 30 cm en uno de sus extremos.

Siete días después de la aplicación, se realizó la recolección de los polinizadores para determinar su afectación por *B. bassiana*; para ello, se cortaron las inflorescencias en cada parcela, se sacudieron dentro de las mangas entomológicas a fin de retirar de ellas los adultos muertos del polinizador, presentes en la inflorescencia y seguidamente, al azar, se seleccionaron 25 insectos por inflorescencia y se colocaron en un vial, para un total de 100 insectos a evaluar en cada uno de los cuatro tratamientos objeto de la investigación.

En los insectos seleccionados se evaluó la mortalidad total y la mortalidad causada por el entomopatógeno. Para caracterizar cada una de esas categorías de mortalidad, se eliminó la cavidad cefálica de los insectos muertos y se comprobó la presencia o no de estructuras del hongo mediante observación con microscopio estereoscópico marca Leica, modelo MS5.

Análisis estadístico

Los tres tratamientos evaluados, correspondientes a las tres cepas distintas de *B. bassiana* en una única concentración de 10^{10} esporas.ha⁻¹ en mezcla con el surfactante Kaytar[®] al 0,5%, y un testigo solo asperjadas

con agua+ surfactante, idéntica a la utilizada para diluir los tres tratamientos con los aislamientos del hongo. Se empleó el diseño completamente aleatorizado, la unidad experimental estuvo representada por un insecto que proviene del muestreo aleatorio realizado en las inflorescencias y 100 repeticiones por tratamiento.

Previo al análisis de varianza, los valores de la variable mortalidad, fueron explorados por las pruebas de Shapiro-Wilk para normalidad de los errores y de Levene para la homogeneidad de varianza, no cumpliendo los supuestos para análisis paramétrico. En virtud de ello, y no habiendo logrado el cumplimiento de los supuestos estadísticos a través de la transformación de datos, sus valores se interpretaron mediante ANAVA no paramétrico de Kruskal-Wallis y se empleó la prueba de rangos para las medianas de los tratamientos a 5% de probabilidad. De manera similar al experimento de laboratorio, se empleó el programa estadístico InfoStat Versión 2018 (Di Rienzo *et al.*, 2018).

RESULTADOS

Patogenicidad de *B. bassiana* sobre *Elaeidobius* sp. en laboratorio

-. Mortalidad de *Elaeidobius* sp. en laboratorio causada por *B. bassiana*.

Los valores porcentuales de mortalidad promedio acumulada (Figura 1) oscilan entre 8% para el aislamiento LIG 059 (T₃) al quinto día, hasta 52% para el aislamiento LIG015 (T₁) el día 20; además, se observa que para los tres aislamientos hubo valores similares de mortalidad sobre el polinizador, con porcentajes que no superan inicialmente el 20% (T₁), aunque en la última evaluación alcanzan valores de 52, 46 y 46 % para T₁, T₂ y T₃, respectivamente.

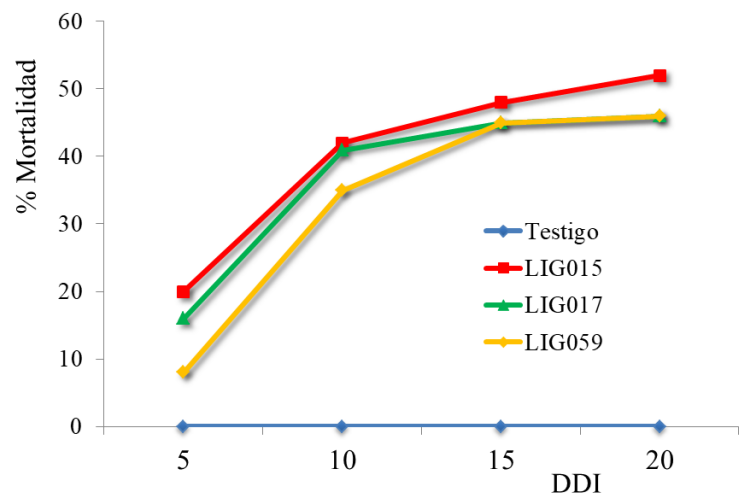


Figura 1. Mortalidad acumulada adultos de *Elaeidobius* sp., causada por los aislamientos LIG015 (T₁); LIG017 (T₂) y LIG059 (T₃) de *B. bassiana* y el tratamiento testigo (T₀). DDI: Días después de la inoculación.

-. Etapas del proceso infectivo de *B. bassiana* sobre *Elaeidobius* sp.

En la determinación del proceso infectivo de *B. bassiana* sobre *Elaeidobius* sp. (Figura 2) para cada aislamiento y la duración de cada

una de las tres etapas del mismo, se constató que los tres aislamientos presentan valores promedios de comportamiento estadístico similar para todas las etapas (Tabla 1).

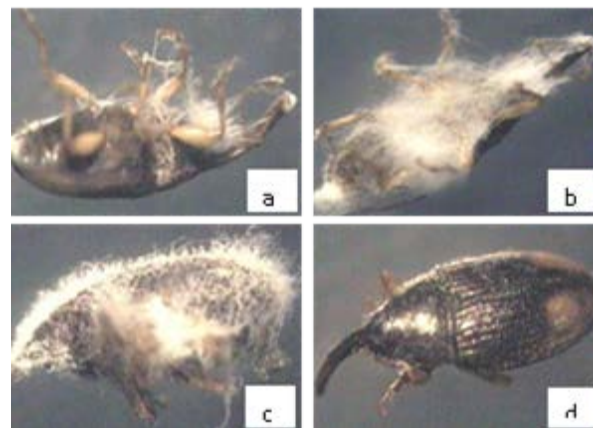


Figura 2. Etapas del proceso infectivo de *B. bassiana* sobre *Elaeidobius* sp., (a)- Inicio de crecimiento de micelio, (b)-Cubrimiento de micelio, (c)-Esporulación y (d)-Adulto sano.

Tabla 1. Duración promedio en días de las diferentes etapas del proceso infectivo de *Beauveria bassiana* sobre *Elaeidobius* sp., en condiciones de laboratorio.

Tratamientos (Aislados)	Etapas en días		
	ICM	CM	E
LIG015	12,58	14,83	18,71
LIG017	12,95	15,62	19,10
LIG059	11,95	13,86	17,77
Promedio	12,49	14,77	18,53

ICM: Inicio de Crecimiento del Micelio, CM: Cubrimiento de micelio, E: Esporulación.

No se evidenció diferencia estadísticamente significativa entre los tratamiento (ANAVAR con un IC del 95%)

-. Patogenicidad de *B. bassiana* sobre *Elaeidobius* sp. en campo

En la Figura 3 se observan los porcentajes de insectos recuperados en campo a los 7 días, discriminándose entre insectos vivos, insectos muertos por otras causas e insectos muertos por efecto de *B. bassiana*, se constata que para el tratamiento testigo (T_0) se observa el mayor porcentaje (86%) insectos vivos, mientras que, el menor porcentaje se observa para el aislamiento (T_1) con 66%, lo que se traduce en 14% de insectos afectados, que

correspondió al mayor valor de afectación por la aspersión del hongo, seguidos por T_3 y T_2 con mortalidades de 8 y 6%, respectivamente.

Para el porcentaje de mortalidad de adultos en los que se detectó presencia del biocontrolador, no hubo diferencias estadísticas entre las medianas de los diferentes tratamientos a un nivel de confianza del 95 % (Figura 3).

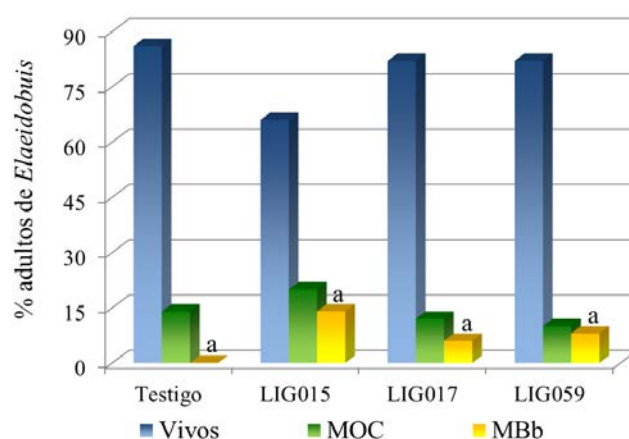


Figura 3. Porcentaje adultos de *Elaeidobius* sp. vivos, muertos por otras causas (MOC) y muertos por *B. bassiana* (MBb) en condiciones de campo, siete días después de la aplicación del tratamiento testigo y los aislamientos LIG015 (T_1); LIG017 (T_2) y LIG059 (T_3) de *B. bassiana*. Para la variable MBb, las medianas de los tratamientos identificados con la misma letra no difieren estadísticamente (95% de nivel de confianza).

DISCUSIÓN

-. Mortalidad de *Elaeidobius* sp. en laboratorio causada por *B. bassiana*.

Los tres aislamientos evaluados son capaces de producir la muerte de casi la mitad de los adultos de *Elaeidobius* sp., con valores de mortalidad máximos de 52%, lo que representa un gran efecto sobre los polinizadores. Estos resultados difieren un poco con Bermúdez (2006), quien asperjó en laboratorio adultos de *Elaeidobius* con *B. bassiana* al 10^8 esp.ml⁻¹ y obtuvo valores de 17% de mortalidad para la cepa evaluada, concluyendo en este caso que este biocontrolador es potencialmente peligroso para *E. kamerunicus*, pero como los insectos

se ubican preferentemente en inflorescencias en estado de antesis, sugiere que pudieran escapar a la acción del biocontrolador.

Por otra parte Traugott *et al.*, (2005), encontraron en su estudio que tanto adultos como larvas del coleóptero benéfico *Poecilus versicolor*, no presentan ningún efecto adverso al ser inoculados con el hongo entomopatógeno *B. brongniartii* y que por tanto no se considera un riesgo para este insecto.

-. Etapas del proceso infectivo de *B. bassiana* sobre *Elaeidobius* sp.

Aunque los aislamientos evaluados son estadísticamente similares, se registraron

tiempos ligeramente menores para el aislamiento LIG 059 (T_3), estos valores sugieren mayor agresividad del aislamiento sobre el polinizador. Tal comportamiento podría influir en su menor persistencia en condiciones de campo, esto porque alcanza su fase reproductiva con mayor rapidez en relación a los otros aislamientos.

González *et al.* (1993), estudiando el efecto de dos cepas de *B. bassiana* en el control de broca del cafeto (*Hypothenemus hampei*) encontraron que las cepas Bb-9205 y Bb-9205 BFC, presentaban diferencias en los días de duración de las etapas del proceso infectivo, indican que esto ocurrió debido a que la primera cepa no fue reactivada previamente, cosa que se logró prevenir esta investigación.

- Patogenicidad de *B. bassiana* sobre *Elaeidobius* sp. en campo

Los valores de mortalidad de adultos de *Elaeidobius* sp. causados por los aislamientos de *B. bassiana* en este ensayo (14, 8 y 6%) son bastante bajos y no difieren de manera estadísticamente significativa del testigo, lo que es contrario a lo observado en el ensayo realizado en el laboratorio. Esto resulta claro debido a cantidad de factores que intervienen en campo y que en laboratorio se pueden controlar (temperatura, radiación, solar, etc.) como lo señala Bermúdez (2006), al no encontrar ningún insecto polinizador (*Elaeidobius*) afectado por el entomopatógeno en campo cuando realizó aplicaciones dirigidas de *B. bassiana* a racimos de palma aceitera, aunque en laboratorio había reportado mortalidad por esta causa.

Herrera (2006) y Valencia *et al.* (2007), también encontraron resultados similares a los de esta investigación, ya que al aplicar dos cepas de *B. bassiana* (cepas B024 y B025) a inflorescencias femeninas de palma aceitera en antesis como parte de un estudio para el control de *Imatidium neivai* y *Demostipa neivai* respectivamente, reportaron mortalidades en adultos de *E. kamerunicus* entre los tratamientos y los testigos

estadísticamente similares, los que les hace inferir que el polinizador de la palma no es sensible a los aislamientos aplicados.

Kalidas *et al.* (2008), en su estudio del efecto de plaguicidas químicos y biológicos para el control de insectos plagas en palma y sobre los polinizadores de este cultivo, obtuvieron una mortalidad de 17,66% sobre *E. kamerunicus*, con una cepa comercial de *B. bassiana* y de 18,02% con *Metarhizium anisopliae*, cifras muy distintas a las conseguidas con los químicos como quinalphos (81,33%), monocrotophos (65,72%) y chylomethrin (53,71%), lo que indica la bondad del uso de biocontroladores en relación al empleo de químicos para controlar plagas del cultivo.

En este ensayo, a pesar de haberse observado cierto efecto detrimental sobre el polinizador por *B. bassiana*, se puede afirmar que esas disminuciones de población no afectan el cuajado de racimos (fruit set) en el cultivo, considerando lo señalado por Labarca *et al.* (2009), quien indica que si disminuye en 14 % las poblaciones de *E. kamerunicus* contabilizados por inflorescencia masculina en antesis durante un año en el Sur del Lago de Maracaibo (36.865 individuos en época seca y 13.104 en época lluviosa), aún se dispondrían de más de 1.500 insectos sanos por flor masculina para polinizar las inflorescencias femeninas, que según Syed y Saleh (1987) representa la cantidad mínima requerida para lograr el mínimo de frutos normales aceptables por la planta extractora.

CONCLUSIONES

En condiciones de laboratorio los tres aislamientos de *B. bassiana* mostraron capacidad insecticida sobre adultos de *Elaeidobius* sp., con similar duración de su proceso infectivo.

Los aislamientos de *B. bassiana* utilizados en este ensayo causaron baja mortalidad de adultos de *Elaeidobius* sp. en campo, lo que no afecta el logro de un adecuado cuajado de frutos.

REFERENCIAS

- Alvarado, H., Montes, L., Gomes de Oliveira, H., Bustillo, A., Mesa, E. Patogenicidad de cepas de *Metarhizium anisopliae* (L.) y *Beauveria bassiana* sobre *Rhynchophorus palmarum*. Revista Palmas. 34(2):15-24, 2013.
- Antía, O., Posada, F., Bustillo, A., González, M. Producción en finca del hongo *Beauveria bassiana* para el control de la broca del café. Avances Técnicos Cenicafé. 182:12, 1992.
- Bámaca, E. Monitoreo de insectos polinizadores en palma africana durante la época lluviosa; Coatepeque, Quetzaltenango. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Universidad Rafael Landívar, Guatemala. 60, 2015.
- Barrios, C., Bustillo, A., Ocampo, K., Reina, M., Alvarado, H. Eficacia de hongos entomopatógenos en el control de *Leptopharsa gibbicarina* (Hemiptera: Tingidae) en palma de aceite. Revista Colombiana de Entomología 42(1):22-27, 2016.
- Bermúdez J. Evaluación de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill y *Metarhizium anisopliae* (Metstch) Sorok en el combate de *Imatidium neivai* Bondar en palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.). Tesis de grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. 49, 2006. Consultado en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3599>. [Fecha de consulta: 03 de abril del 2020].
- Bustillo, A., Marín, P. (Pruebas microbiológicas y físico-químicas para el control de calidad de hongos entomopatógenos. Memorias del curso internacional Teórico-practico sobre entomopatógenos, parasitoides y otros enemigos del café Chinchiná, Colombia. 72-116, 2002.
- Di Rienzo J, Casanoves F, González I, Tablada E, Díaz M, Robledo C, Balzarini M. InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Consultado en: <http://www.infostat.com.ar>. 2018. [Fecha de consulta: 07 de junio del 2019].
- FAOSTAT Datos sobre alimentación y agricultura. Consultado en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>. 2020. [Fecha de consulta: 05 de mayo del 2020].
- Genty, P. Polinización entomófila de la palma africana en América tropical. Panel. Tema IV. Revista Palmas. 6(3): 90-101, 1985. Consultado en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/103>. [Fecha de consulta: 09 de abril del 2020].
- González, M., Posada, F., Bustillo, A. Desarrollo de un bioensayo para evaluar la patogenicidad de *Beauveria bassiana* sobre *Hypothenemus hampei*. Cenicafé. 44(3):93-102, 1993.
- Herrera, A. Evaluación de dos aislamientos de *Beauveria bassiana* (B024 y B025) para el control del raspador del fruto de la palma de aceite *Imatidium neivai* Bondar (Coleoptera: Chrysomelidae) bajo condiciones de laboratorio y campo. Tesis de grado Biólogo. Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Universidad Industrial de Santander, Colombia. 65, 2006.
- Kalidas, P., Rajasekhar, P., Lalitha, S. Impact of pesticides on the pollinating weevils of oil palm. Journal of Plantation Crops. 36(3):460-462, 2008.
- Kamarudin N. Prospects in sustainable control of Oil Palm pests and diseases through the enhancement of ecosystem services – the way forward. Journal of Oil Palm Research. 31(3): 381-393, 2019.
- Labarca, M., Portillo, E., Portillo, A., Morales, E. Estructuras reproductivas y polinización entomófila en tres lotes comerciales de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en el estado Zulia, Venezuela. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 26:1-22, 2009.
- Pinnamaneni, R., Kalidas, P. *Beauveria bassiana*- a novel biocontrol agent against the leaf webworms of Oil palm. Current Biotica 6(3):334-341, 2012.
- Prada, M., Molina, D., Villarroel, D., Barrios, R., Díaz, A. Efectividad de dos especies

- del género *Elaeidobius* (Coleoptera: Curculionidae) como polinizador en Palma aceitera. *Bioagro* 10(1):3-10, 1998.
- Priwiratama, H., Susanto, A. Utilization of fungi for the biological control of insect pests and Ganoderma disease in the Indonesian oil palm industry. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 4:103-111, 2014.
- Sánchez, E., Salamanca, J., Calvache, H., Ortiz, L., Rivera, D. Evaluación de poblaciones de polinizadores y su relación con la formación de racimos en la zona de Tumaco, Colombia. *Palmas*. 25(II):84-92, 2004.
- Syed, R. Los insectos polinizadores de la palma Africana. *Palmas* 5:19-64, 1984.
- Syed, R., Saleh, A. Population of *Elaeidobius kamerunicus* Faust. in relation to fruit set. International Oil Palm/Palm Oil Conference Proceedings. Kuala Lumpur, Malasya. 15, 1987.
- Traugott, M., Weissteiner, S., Strasser, H. Effects of the entomopathogenic fungus *Beauveria brongniartii* on the non-target predator *Poecilus versicolor* (Coleoptera: Carabidae). *Biological Control*. 33(1):107-112, 2005.
- Valencia, C., Ayala, I., Benítez, E., Torres, N., Barrera, E., Herrera, A. Evaluación de estrategias de control y cuantificación de las pérdidas causadas por *Demotisca neivai* Bondar, raspador del fruto de la palma de aceite. *Palmas*. 28(1):41-51, 2007.

Vol.
1
1987

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Efectos de tratamientos químicos y físicos en la germinación de kudzu tropical. (<i>Pueraria phaseoloides Benth</i>) - Pérez, A.	3
Estudio de la <i>Fasciola hepatica</i> en el estado Táchira, Venezuela. Incidencia y prevalencias en la zona sur del estado Táchira. - Perruolo, G.; Perdomo, E. y Silva, J.	14
Coleópteros Coprófagos y Necrófagos (<i>Coleoptera: Scarabaeidae</i>) del estado Táchira, Venezuela. - Havranek, D.	20
Utilización de la Cachaza líquida preservada en la alimentación de cerdos en crecimiento y acabado. - Bautista, O.	23
Nuevo Tripanosoma de peces de agua cálidas en Venezuela. (<i>Protozoa kinetoplastida</i>). - Perruolo, G.	32
Algunas consideraciones sobre Paja Cabezona o Maciega (<i>Paspalum virgatum</i> L.) - Pérez, L.; Pacheco, J.	36
Catálogo de los Scarabaeidae (<i>Coleoptera</i>) Coprófagos y Necrófagos, del estado Táchira, Venezuela. - Blanco, J.	39
Diseño y Construcción de un tubo de Calor. - Nieto, O. y Salcedo, R.	47
Análisis experimental de esfuerzos en una cámara de combustión de combustible sólido. - Bortone, C.	54
Evaluación preliminar del factor "C" en la ecuación universal de pérdidas de suelo bajo diferentes prácticas de manejo en el cultivo del café. - Useche, R. y Méndez, J.	67
El Potasio en los suelos dedicados al cultivo de la caña de azúcar en el Valle de Ureña, Edo. Táchira. - Gamboa, J.; Núñez, J.; Gamboa, M.	76
Estudio de la calidad de la miel de abeja comercializada en la Ciudad de San Cristóbal, Edo. Táchira, Venezuela. - Casanova, R.	82

Vol.
2
1988

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Respuesta del Corocillo <i>Cyperus rotundus</i> L. a la aplicación directa de glyphosfato sobre tubérculo. - Pérez, L.	3
<i>Culicoides</i> (Diptera: Ceratopogonidae) del estado Táchira, Venezuela. Parte I. - Perruolo, G.	17
Leguminosas que incrementan el valor nutritivo de algunos pastizales del estado Táchira. - Vera, A.	21
Datos ecológicos para <i>Coloides castanea</i> (<i>Coleoptera: Scarabaeidae: Hybosorinae</i>). - Havranek, D.	31
Catálogo de los Scarabaeidae (<i>Coleoptera</i>) Coprófagos y Necrófagos del estado Táchira, Venezuela Parte II. - Blanco, J.	39
Fraccionamiento del Azufre en algunos suelos pertenecientes al bosque seco montano bajo del estado Táchira, Venezuela. - Gamboa, J.; Chacón, L.; Gamboa, M.	49
Adaptación informacional en la abeja doméstica <i>Apis mellifera</i> L. (Hymenoptera: Apidae). - Tapias, O.; Valderrama, N.	55
Eficiencia del riego de la caña de azúcar en el área Ureña - San Antonio. - Torres, S.	65
Factibilidad para la instalación de una planta productora de carbón activado. - Torres, A. y Zambrano, L.	77
Algunos Scarabaeinae neotropicales nuevos o pocos conocidos. - Martínez, A.	85
Odanata del estado Táchira. - De Marmels, J.	91
Aplicación en edafología del paquete estadístico BMDP. 1: Transformación del Superfosfato triple en dos suelos del estado Táchira. - López, A.	113

Vol.
3
1989

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Método heurístico para obtener soluciones básicas a los problemas de transporte en programación lineal. - Porras, R.	5
Caracterización morfológica de algunas especies de <i>Algubo</i> , existentes en Maracay, estado Aragua, Venezuela. - Acevedo, R.	15
Efecto de la materia orgánica en la solubilidad de la roca fosfórica. - Reyes, I.; Gamboa, J.	19
Prevalencia por Geohelmintos en escolares de San Cristóbal, estado Táchira, Venezuela. - Molina, A.	27
Manejo de un Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiencia. - Barbosa, C.	35
Evaluación de dos fungicidas sistémicos para el control de la Roya del Café. - Escobar, C. y Bustamante, E.	41
Prevalencia de <i>Stefanuros dentatus</i> en cerdos sacrificados en el matadero de San Cristóbal, Estado Táchira, Venezuela. - Morales, O.	47
Morfometría de abejas africanizadas en el estado Táchira, Venezuela. - Perruolo, G.	51
Coleopteros, coprófagos y necrófagos (<i>Scarabaeidae, Silphidae</i>) atraídos a cebos, en bosques venezolanos. - Havranek, D.	55
Estrategia de defensa de la colmena de abejas <i>Apis mellifera</i> , L. (Hymenoptera: Apidae). - Tapias, O.	65

Vol.
4
1990

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Enfermedades parasitarias de las abejas <i>Apis mellifera</i> L. en el estado Táchira, Venezuela. - Casanova, R. y Perruolo, G.	2
Enfermedades parasitarias de las abejas <i>Apis mellifera</i> L. en el estado Táchira, Venezuela. - Casanova, R. y Perruolo, G.	12
Efecto residual a nivel de invernadero de tres rocas fosfóricas del estado Táchira, Venezuela, usando maíz (<i>Zea mays</i> L.) como planta indicadora. - López, A.; Casanova, E.; Chacón, L.; Paz, M.; Guerrero, J.	29
Sensibilidad artística y vocación. - Mora, P.	49
Bionomía de la fauna Anophelica en Socopó, estado Barinas, Venezuela. - Perruolo, G.; Briceño, J.; Briceño, R.; Carter, K.; Gascón, L.; Mazzarri, M.; Segovia, L.; Vizcarrondo, J.; Zerpa, N.	60
Respuesta de la gallinas ponedoras a niveles variables de energía-proteína en la unidad avícola de la UNET. - Romero, I.	73
Separación mecánica y manual de carne y residuos en peces de agua dulce <i>Hoplosternum littoralis</i> y <i>Hoplias malabaricus</i> . - Sánchez, H.	82

Vol.
5
1991

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Diseño y construcción de un fundidor extractor de cera de abejas (<i>Apis mellifera</i> L.) -Báez, F.; Méndez, H.; Casanova, R.; Méndez, J.	1
Análisis micobiológico del queso pasteurizado. -Carreño, M.	11
Identificación de algunos virus de la caraota (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) por métodos serológicos y plantas indicadoras en algunos cultivos en el estado Táchira. -Durán, F.	25
Comportamiento a nivel de invernadero del Biofertilizante PHS frente a otras fuentes de fósforo usando maíz (<i>Zea mays</i> L.). -López, A.; Paz, M.; Chacón, L.; Guerrero, J.	37
Evaluación de la efectividad agronómica residual a nivel de invernadero del biofertilizante PHS usando maíz (<i>Zea mays</i> L.) como cultivo indicador. -López, A.; Paz, M.; Chacón, L.; Guerrero, J.	45
La matemática No-Determinista y la derivación en espacio topológico. -Mirabal, R.	53
Distribución geográfica de las garrapatas que atacan al ganado en el estado Táchira, Venezuela. -Perruolo, G.; Morales, O.; Sánchez, J.	61
Adaptación informacional de la abeja <i>Apis mellifera</i> L. (Hymenoptera: Apidae) Parte II. -Tapias, O.; Balderrama, N.	71
Caracterización del proceso de cromado sobre una base metálica. -Duque, L.; Contreras, J.	89
Diseño y construcción de un prototipo de la máquina de fatiga rotativa. -Barrios, J.; Duque, H.	90

Vol.
6
1992

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Tres métodos para controlar la Palomilla de la cera, <i>Galleria mellonella</i> L., en panales almacenados de cera de abejas. -Casanova, R.	15
Escarabajos (<i>Coleoptera. Scarabaeidae</i>) Coprófagos y Necrófagos atraídos a cebos en el estado Táchira, Venezuela. -Havranek, D.	17
Configuración histórica del espacio regional y estrategias para su desarrollo. -Martens, J.	27
El Género <i>Pteridium</i> (<i>Polypodiaceae</i>) en el estado Táchira, Distribución geográfica y comentarios de interés. -Pérez, L.; Pacheco, J.	41
Inventario del nivel de motivaciones de las necesidades de logro, afiliación y poder en los productores de El Nula, estado Apure, Venezuela. -Thielen, J.	51
Pruebas de patogenicidad de <i>Fusarium</i> sp. en plantas de tomate. -Vásquez, R.	67

Vol.
7
1993

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Toxicidad del Néctar de la planta <i>Ryania speciosa</i> Valh (Flacourtiaceae), sobre abejas <i>Apis mellifera</i> L. (Hymenoptera: Apidae). -Casanova, R.; Olivares, B.; Mendoza, C.	5
Estructura del Capital total tangible y su relación con la rentabilidad en fincas ganaderas de doble de doble propósito en los municipios García de Hevia y Panamericano del estado Táchira, Venezuela. -Díaz, F.	13
Detección y determinación de taninos en Pulpa de Café secada al ambiente. -González, N.; Ramírez, J.; Aldana, J.; Clifford, M.	23
Incidencia e impacto económico de la despigmentación en un rebaño Brahman registrado. -Montoni, D.; Chacón, M.; Mago, M.	33
El aprendizaje cooperativo y el autoconcepto académico: sus efectos sobre el rendimiento en estudiantes universitarios. -Pernia, I.	41
Distribución geográfica de los Murciélagos (Mammalia: Quiropteros) en el estado Táchira. -Perruolo, G.; Morales, O.	51

Vol.
9(1)
1997

(Edición Especial)

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Anatomía / Morfología	1
Biotecnología / Genética	29
Docencia	44
Ecología	46
Etnobotánica	72
Fisiología / Fotoquímica	76
Jardín Botánico	96
Taxonomía / Sistemática	103

Vol.
9(2)
1997

Vol.
10(1)
1998

(Edición Especial)

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Gestión educativa en el jardín botánico de Caracas: Un modelo de aula abierta. - Tecenvi, A.	1
Taxonomía y Biodiversidad. - Aristiguieta, L.	4
El nicho ecológico vegetal: de la fotosíntesis al hiperespacio. - Fariñas, M.	8
Taller: Permisología e información sobre fitodiversidad en Venezuela (Workshop: Permission Policy and Information on Phytodiversity in Venezuela). - Gaviria, J.; Zambrano, O.; Silva, A., Castellanos, E., Ruiz, Th.; De Martino, G. y Sánchez, I.	13
La selva de bejucos ejemplo de bosque natural inestable de la Guayana Venezolana: Avance de Investigación. - Hernández, L.	16
Proyecto libro rojo de las plantas de Venezuela. - Llamoza, S. y Rojas, F.	21
Análisis de las técnicas utilizadas en el estudio fenológico de la vegetación. - Ortiz, R.	24
Presentación y conservación de especies en el palmetum del jardín botánico de Caracas, Venezuela. - Stauffer, F.	30
Jardines Botánicos, conservación de la biodiversidad y política ambiental venezolana. Advertencia necesaria. - Trujillo, B.	34
Corredores ecológicos en los andes de Venezuela - Yerena, E.	42

(Edición Especial)

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Bolívar y la Religión Católica. - Ballesteros, L.	29
El sistema socio-económico de Bolívar. - Carrillo, T.	31
Bolívar, política, y ética. - Chávez, A.	35
Bolívar y autonomía universitaria. - Díaz, T.	39
Origen de la sociedad bolivariana - Higuera, G.	43
Bolívar y el poder moral - Labarca, P.	55
Bolívar universitario - Lombardi, A.	77
Bolívar escritor ante el espejo de la crítica - Mora, P.	79
Fundamentos para una charla sobre Bolívar en cuanto que escritor - Paredes, P.	87
Bolívar y la unidad hispanoamericana - Rodríguez, L.	89
Los andinos en el marco de la identidad nacional la independencia por estos Lares - Sandoval, M.	91
Bolívar en San Cristóbal - Villamizar, I.	95

Vol.
8(1)
1999

Vol.
8(2)
1999

TÍTULO DEL ARTÍCULO

PÁGINA

Comportamiento Agro-Ecológico del <i>Pteridium aquilinum</i> , en el estado Táchira, Venezuela. - Pérez, L.; Pacheco, J.	5
Una respuesta para la Reforma de la Academia de las Universidades - Ramírez, O.	19
Distribución geográfica de <i>Pteridae</i> (Insecta: Lepidóptera) en el estado Táchira, Venezuela. - Rey, F.	37
Inventario de las plantas Medicinales del estado Táchira, Venezuela. - Vera, A.	55

TÍTULO DEL ARTÍCULO

PÁGINA

Utilización del ramio (<i>Bohemeria nivea</i>) en la alimentación de conejos en crecimiento y engorde. - Bautista, O. y Zambrano, L.	5
Valores en educación superior y su jerarquía de valores en un grupo de estudiantes, universidad nacional experimental del Táchira - Bortone, R.	23
Evaluación del ingrediente activo coumafos para el control de <i>Varroajacobsoni</i> en colonias con cría de abejas africanizadas (<i>Apis mellifera</i> L.), ubicadas en el municipio montes, estado Sucre -Venezuela. - Casanova, R.; Barrios, L.; Mendoza, C.	45
Relación entre las abejas <i>Apis mellifera</i> L. y la planta "fruta aguacero" <i>Ryania speciosa</i> valth., en el Parque Nacional Mochima, municipio Sucre, Estado Sucre, Venezuela. - Casanova, R.	55
Densidad estelar hacia el polo sur galáctico - Molina, R.; Stock, J. y Ontiveros E.	63
Fluctuación poblacional de <i>lutzomyia</i> spp. (diptera: psychodidae) en zonas endémicas de leishmaniasis en el estado Táchira. Venezuela. - Perruolo, G.; Moncada, A. y Tapias, O.	75

Vol.
12(1)
2000

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Evolución del comportamiento "Grooming" contra <i>Varroa jacobsoni</i> (acarid:dermanicidae) en abejas africanizadas ((Hymenoptera:apidae) en el estado Táchira-Venezuela - Casanova, R.; Hevia, A.	1
Nueva especie de <i>Lepthospaeria</i> Venezolana. - García, E.	11
Caracterización florística de las parroquias Coquivacoa y Olegario Villalobos del municipio Maracaibo, Estado Zulia. - Rey, F.	19
Clasificación automática de espectros estelares tomados con prisma objetivo - Molina, R.	39
Supervivencia de <i>Boophilus microplus</i> en pastizales del estado Táchira, Venezuela - Perruolo, G.	53
Induce de especificidad de la abeja <i>Apis mellifera scutella</i> Latreille, en diferentes meses del año. - Tapias, O.; Monsalve, J.	73
Comportamiento de la roya del café (<i>Hemileia vastatrix</i> Berk & Br.) sobre nueve líneas de catimor en la finca Tuquerena, Rubio, estado – Táchira. - Vivas, A.; Barragán, G.	93

Vol.
12(2)
2000

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Bledo (<i>Amaranthus spp</i>) como ingrediente en dietas para conejos en crecimiento y engorde. - Bautista, E.; Barrueta, H.	1
Daños causados a <i>Varroa jacobsoni</i> (acarid:dermanicidae) por comportamiento "grooming" de abejas africanizadas (Hymenoptera:apidae) - Casanova, R.	19
Crecimiento y fertilidad post-parto de hembras mestizas lecheras en un rebaño del norte del estado Táchira, Venezuela. - García, J.	29
Fisonomía de la vegetación y especies vegetales de interés pícola, de altos de Paramillo. San Cristóbal, estado Táchira. Venezuela. - Tapias, O.	61

Vol.
13(1)
2001

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Categorías de la identidad corporativa de las instituciones universitarias - Márquez, I.	1
Aplicación de redes neuronales en espectros estelares - Molina, R.; Rosales, M.	13
Evaluación colorimétrica de 28 muestras de miel de abejas <i>Apis mellifera</i> L., provenientes de siete zonas de vida del estado Táchira - Mendoza, L.; Casanova, R.	27
Estudio morfológico de <i>Sclerotium cepivorum</i> Berk, agente causal de la pudrición blanca del ajo - Moreno, I.; Acevedo, R.	51
Uso de recursos localmente disponibles para la construcción de nidos artificiales de abejas sin aguijón (Meliponinae) - Moreno, F.; Cardozo, A.	71
Plan de manejo para la conservación de las abejas sin aguijón (Meliponinae) en explotaciones madereras. Caso explotaciones del sur del estado Portuguesa. - Moreno, F.; Díaz, L.; Cardozo, A.	79
Dinámica poblacional de <i>Culicoides insignis</i> (Diptera:ceratopogonidae) en el estado Táchira. Venezuela - Perruolo, G.	95
Tendencia de vuelo de la abeja <i>Apis mellifera scutellata</i> Latreille. (Hymenoptera:apidae) hacia diferentes sectores geográficos en Altos de Paramillo – Jardín Botánico del Táchira, San Cristóbal – estado Táchira - Tapias, O.	113

Vol.
14(1)
2002

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Evaluación de la producción de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) y ajo porro (<i>Allium ampeloprasum</i>) asociados a la cobertura vegetal muerta con un mínimo manejo agronómico - Contreras, O. y Moreno, F.	1
Florae herbariorum tachirensis N° 1: nomina acanthaceae. - García, E.; Tapias, O.; Monsalve, G.; Marciano, E.; Acuña, E.	11
Caracterización taxonómica de la biótica líquénica del jardín botánico del Táchira, San Cristóbal. Edo. Táchira. Venezuela. - García, M.	26
Caracterización y actividad antimicrobiana del aceite esencial de las hojas de <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl) A. Gray. - González, N.; Sánchez, F.; Usubillaga, A.	45
Validación de un biosensor para la detección de mastitis a través de la conductividad eléctrica. - Zambrano, S.; Acosta, F.; Contreras, C.	55

Vol.
14(1)
2002

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Estudio comparativo de las soluciones analítica y numérica para la conducción de calor bidimensional en el estado estable en una pared compuesta - Arévalo, R.	1
Medidor de flujo basado en el principio de disipación de calor - Contreras, C.; Rodríguez, J.; Di Sipio, R.; Tarazona, J.; Contreras, J.	11
Automatización de un sistema híbrido: tres tanques y un surtidor. Parte I: Ingeniería Conceptual e Ingeniería Básica. - Montilla, M.	24
La investigación en la carrera de arquitectura-UNET: Elementos para su análisis. - Vivas, F.	43

Vol.
15(1)
2003

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Una infraestructura para la difusión de conocimiento en las PYME - Carpio, M.; Pérez, L.	1
Evaluación de parámetros sanguíneos indicadores de metabolismo energético y proteico en hembras Brahman, en la Hacienda Santa Rosa, estado Táchira. Venezuela - Mora, R.; Moreno, C.	11
Análisis de proantocianidinas en commelinaceae en el Estado Táchira. Venezuela - Arnaude, O.; González, N.	41
Evaluación de la inseminación instrumental y la fecundación natural medida a través de la efectividad de postura en abejas reinas (<i>Apis mellifera</i>) - Carvajal, C.; Ochoa, A.; Casanova, R.; Cárdenas, A.	49
Reporte de caso de infección por adenovirus bovino tipo 3 asociado a <i>Mycoplasma Boris</i> en la zona norte del estado Táchira - Moreno, C.	61

Vol.
15(2)
2003

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Identificación de patógenos causales de diarrea en terneros en la zona norte del estado Táchira. Venezuela - Mora, R.; Moreno, C.	1
El proceso de preincubación en el modelo de incubación UNET. - González, L.	9
Concentraciones minerales en suero sanguíneo de hembras bovinas Brahman en una finca del sur del estado Táchira, Venezuela. - Depablos, L.; Moreno, C.	17
Comportamiento productivo y reproductivo de búfalas Murrah en tres explotaciones lecheras del estado Táchira. Venezuela. - Zambrano, R.; Contreras, R.	35
Evaluación de la efectividad de la postura en abejas reinas de genotipo italiano <i>apis mellifera ligustica</i> y genotipo africanizado <i>apis mellifera</i> L. - Ochoa, H.; Carvajal, G.; Casanova, R.; Cárdenas, I.	45

Vol.
16(1)
2004

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Estimación del volumen ventricular izquierdo usando algoritmos genéticos - Bravo, A.	1
Sistema de información decisión de la unidad de admisión de la Universidad Nacional Experimental del Táchira. Venezuela. - Marrero, C. y Moreno, T.	7
Nueva calibración de un método de clasificación estelar - Molina, R.	17
Establecimiento de un plan estratégico prospectivo para la proyección turística del estado Táchira, Venezuela. - Madriz, D.; Ramírez, B.	24
Normalización y estandarización del protocolo para propagación <i>in vitro</i> de mora de castilla (<i>rubus glaucus</i>) - Solórzano, C.; Linares, S.; Marante, R.	44
Disolución <i>in vitro</i> de fosfatos por hongos del género <i>penicillium</i> aislados de suelos del yacimiento fosfático "monte fresco", estado Táchira, Venezuela. - Valdiz, Z. y Reyes, I.	51

Vol. 16(2) 2004

TÍTULO DEL ARTÍCULO

PÁGINA

- El poder político y el poder militar en Venezuela
- **Porras, C.**
- Pulpa de café ecológica ensilada con melaza en dietas para conejos (*oryctolagus cuniculus*) destetados
- **Bautista, O.; Álvarez, I.; Barrueta, H.**
- Efecto del ácido oxálico en el control de *varroa destructor* (*acarid:dermanicidae*) en colonias de abejas africanizadas *apis mellifera* (hymenoptera: apidae).
- **Casanova, R.; Uzcátegui, F.; Bracho, R.; Albarracín, L., Grad, N.; Perruollo, G.; Tapias, O.**
- Crecimiento y edad al primer celo de novillas mestizas Holstein levantadas en módulos de pastoreo con suplementación
- **García, A.**
- Caracterización físico – química en quesos blancos semiduros no pasteurizados, expendidos en la zona norte del estado Táchira
- **Colmenares, M.; Zambrano, M., Galiano, S.**

Vol. 17(1) 2005

TÍTULO DEL ARTÍCULO

PÁGINA

- Implementación del método Simplet en un programa de elementos finitos basados en volúmenes de control
- **Torres, M.; Reyes, M.; Escalante, H.**
- Potencialidades productivas del estado Táchira, Venezuela.
- **Madriz, D.; Ruiz, B.; Castillo, E.; Niño, L.; Márquez, M.; Parra, M.**
- Uso de patentes para la determinación de tendencias tecnológicas. Caso de estudio: nanotecnología.
- **Amador, B.**
- Amaranthaceae del herbario Juan José Pacheco de la Universidad del Táchira, Venezuela
- **Monsalve, J.; Tapias, G.; Acuña, E.; Zapata, S.**
- Evaluación del efecto de dos programas de fertilización sobre el comportamiento de pasto estrella (*cynodon nlemfuensis*) en el periodo de lluvias en una finca comercial
- **Castellanos, L.; Chacón, C. y Moreno, A.**
- Valor nutritivo del pasto *brachiaria humidicola* (rendle) schweick a diferentes edades en condiciones de bosque seco tropical
- **Rodríguez, N.**

Vol. 17(2) 2005

TÍTULO DEL ARTÍCULO

PÁGINA

- Nodulación de quinchoncho *cajanus cajan* por rizobios disolventes de fosfatos de calcio aislados de leguminosas del estado Táchira
- **Reyes, I.; Alcedo, Y.**
- Caracterización microbiológica y vida útil de la cuajada ácido láctica obtenida a partir de leche pasteurizada
- **Rivas, F.; Zambrano, M.; Galiano, S.**
- Caracterización bromatológica de la cuajada láctica obtenida a partir de leche pasteurizada
- **Zenini, S.; Galiano, S.; Zambrano, M.**
- Utilización de la pulpa de café ecológica ensilada y deshidratada en la alimentación de conejos *oryctolagus cuniculus* en crecimiento y engorde
- **Barrueta, E.; Enderson, CH.; Bautista, O.**
- Sustentabilidad y educación ambiental para docentes de educación básica y diversificada utilizando indicadores ambientales en la cuenca del río Táchira - Venezuela
- **Sánchez, F.; Reyes, I.**
- Sistema de adquisición dedicado a la obtención de señales cardiovasculares utilizando el computador como herramienta de monitoreo y registro
- **Granda, F.**
- El recurso humano en la PYME del estado Táchira
- **Cardozo, N.; Infante, C.; Pérez, F.; Ugueto, M.**

Vol. 18(1) 2006

TÍTULO DEL ARTÍCULO

Págin

- Concentración de nitrógeno ureico en leche (nul) bovina durante la lactancia en una finca al norte del estado Táchira
- **Moreno, C.; Mora, R.; Amaya, F.; Olivares, R.**
- Detección de *listeria* spp. en quesos blancos semiduros comercializados en San Cristóbal estado Táchira
- **Carrillo, L. y Zambrano, M.**
- Asociación de cultivos hortícola de hoja (*Lactuca sativa*, *Allium ampeloprasum* y *Coriandrum sativum*) con uso de cobertura vegetal muerta
- **Carrillo, L. y Zambrano, M., Moreno, F.; Contreras, O. y Bracho, B.**
- Efecto de la polinización artificial en el cuajado de frutos de la guanábana (*Annona muricata* L.) en la zona norte del Estado Táchira
- **Porras, D.; Briceño, W. y Molina, A.**
- SGA-V: implementación en VHDL'93 de un algoritmo genético simple
- **Niño, J.; Amaya, J.**
- Diagnóstico gerencial de la PYME tachirense. zonas Puente Real-La Ermita y Santa Ana-Rubio-Capacho
- **Madriz R., D.; Castillo P., E.; Márquez G., M.; Niño M., L.; Molina M., J.; Moreno M., M.; Quiroz V., Y.**
- Diagnóstico de la pequeña y mediana empresa manufacturera del estado Táchira bajo la norma COVENIN 1980-89
- **Márquez, G. M.; Niño, M. L.; Madriz, R. D.; Castillo, P. M.**
- Vulnerabilidad sísmica del patrimonio edificado de san cristóbal edificaciones públicas y esenciales, lapso 1900- 1945
- **Casanova, B.**
- Adobe: tecnica constructiva, confort y ambiente
- **Useche, I.; Durán, J.**
- La vivienda indígena en el Táchira, respuesta constructiva y ambiental
- **Villanueva, L.**
- Residuos sólidos: propuestas ecotecnológicas para la industria de la construcción
- **Useche, I.; Martínez, A.; Suárez, N.; Contreras, J.; Zapata, J.**

Vol. 18(2) 2006

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Diseño de cartilla para la construcción de un modelo de vivienda en los páramos tachirenses - Delgado, D.; Useche, I.	103
Aproximación inicial a las implicaciones ambientales del crecimiento residencial, municipio independencia, Estado Táchira - Durán, J.	110
Concepto de renovación urbana en la planificación del área central de San Cristóbal - Pérez de M., T.	117
Vulnerabilidad sísmica del patrimonio edificado de san cristóbal edificaciones públicas y esenciales, lapso 1900- 1945 - Casanova, B.	125
La bioclimática como herramienta en la intervención de edificaciones patrimoniales: "El Balcón de Bolívar" - Sánchez, S.; Ramírez, S.	134
Planificación ergo deterioro ambiental en méxico - Cabrera, V.; Tenorio, L.; Luna, J.	143
Arquitectura y desarrollo - Mosquera, J.	152
Implementación de materiales didácticos de apoyo para la enseñanza y aprendizaje del idioma ingles - Cañas, L.	162
Propiedades fractales de patrones de crecimiento en el modelo DLA mediante automatas celulares - González, J.; Rivera, H.; Tucci, K.	173
Herramienta para el procesamiento y visualización de la señal EEG - Guillén, B.; Timaure, R.; Cuadros, J.	181
capacidades tecnológicas de la pyme del sector textil del ESTADO Táchira - Amador, B.; Bautista, G.	193
Proceso de implantación de las nuevas tendencias de mantenimiento en procesos productivos - Zambrano, S.; Leal, S.	181
Simulación computacional de la hidrodinámica del flujo incompresible a través de un codo - Torres, S.; Torres, M.; Escalante, H.; Rosales, W.	212

Vol. 19(2) 2007

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Clasificación espectral cuantitativa. redes neuronales artificiales en el análisis de estrellas gigantes K-M. Molina, R.	80
Evaluación de fluidos refrigerantes no perjudiciales al medio ambiente Salerno, D.	87
Implementación de laboratorios de instrumentación y control a distancia Chacón, R.	95
Algoritmo para la resolución de problemas numéricos con satisfacción de restricciones Rodríguez, D.	105
La intención de crear empresas de los estudiantes de la UNET próximos a graduarse Labarca, I.; Pérez, L.	111
Desarrollo de un microbot móvil autónomo Andrickson, J.; Yáñez, J.	120
Análisis de incertidumbre para una placa orificio según el método de COLEMAN- STEELE Alvarado, M.; Méndez, D.; Torres, M.; Escalante, H.; Rosales, W.	127
Alienación, neoliberalismo y derechos humanos Weky, L. Balbo, J.	133
Mejoras en la calidad de la producción artesanal del bloque hueco de concreto (BHC) Villanueva, L.	140

Vol. 19(1) 2007

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Variables de medición del impacto socioeconómico de la implementación de sistemas fotovoltaicos autónomos Fumo, N.; Villamizar, P.	1
Comunicación entre InTouch® de Wonderware® y el PIC16F877 Contreras, C.; Contreras, A.; Peñaranda, N.	7
Revision documental exploratoria sobre los factores que inciden en el proceso innovativo de la pyme manufacturera venezolana Márquez, A.; Ruiz, B.	15
Construcción de un equipo para la instalación del armamento del helicóptero AS532 COUGAR Laya, A. 1; Bustamante, J. 2; Duran, D. 2; Hernández, J2.	25
Implementación del protocolo DNP3.0 para una unidad de monitoreo de variables eléctricas de potencia Contreras, C.; Zambrano, U.	33
El sector panadero, una alternativa de desarrollo para el Estado Táchira Cardozo, N.; Infante, C.; Pérez, F. y Ugueto, M.	38
Prevalencia de Balantidium coli (ciliophora:bursariidae) en cerdos del matadero municipal de San Cristóbal Estado Táchira Venezuela Bonilla, M. ; Perruolo, G.	50
Evaluación del proceso de polinización de algunos cultivos comerciales y estimación del rendimiento frutícola Salamanca, G.1; Casanova, R. 2; Osorio, M.	58
Nivel de preparación hacia la red de las alcaldías venezolanas, en su función administrativa como prestadora de servicios públicos Núñez, E.	69
Flora y vegetación de bosques húmedos montanos bajos del Parque Nacional Chorro el Indio. Táchira. Venezuela Monsalve, J1. Zapata, S2. Tapias, G3. Acuña, E4.	79

Vol. 20(1) 2008

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Clasificador difuso neuronal aplicado a casos de enfermedades hepatobiliares representadas por datos con patrones solapados Chacón, J.; Volcanes, R.; Lamed, C.	1
Características de experiencias en redes empresariales de pyme's del estado táchira Cardozo, N.; Pérez, F. y Ugueto, M.	11
Diseño básico de un ciclo rankine con fluido orgánico para una estación de flujo petrolera Velázquez, L.; Torres, M; Rodríguez, P; Escalante, H; Rosales, W.	23
Cuadro de mando integral en los procesos gerenciales de la empresa compañía anónima de administración y fomento eléctrico (CADAFE) Cabeza, Maria A.; Cabeza, Maria E.	32
Propuesta para el mejoramiento de la calidad de la enseñanza en la asignatura ingeniería de la producción I Márquez, M. y Niño, L.	41
El control metacognitivo y los mapas conceptuales para facilitar la comprensión de estructuras conceptuales complejas Ramírez de M., M.; Aspée, M.; Sanabria, I.; Tellez, N.	51
Los barrios de ranchos en el eje Palmira-San Josecito. rol urbano García, N.	62
Madurez vocacional y perfil de valores humanos en estudiantes universitarios que se cambian de especialidad Bortone, R.	72

Vol.
20(2)
2008

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Metodología para el análisis dinámico de válvulas cardíacas artificiales usando el método de los volúmenes finitos Torres, M.; Reyes, M.; Escalante, H.; Rosales, W.	73
Gestión de recursos humanos por competencias, camino para el direccionamiento estratégico de empresas. caso de estudio Cardozo, N.; Ugueto, M.; Infante, C.	79
Biodiversidad asociada con el género <i>lymnaea</i> lamarck 1801 (<i>lymnaeidae</i> : pulmonata: gastropoda), en los andes venezolanos Chacón-Ortiz, A., Guerrero, Ch. y Tovar-Rodríguez, W.	87
Culicoides travassosi forattini, 1957 (díptera:ceratopogonidae): nueva especie para VENEZUELA Perruolo, G.	95
La aplicación de estrategias de aprendizaje, deducidas e inducidas, en la comprensión lectora de inglés: pregrado de ingeniería de la Universidad Nacional del Táchira Cañas, L.	99
Sistema estructural itinerante para la atención de desastres Canovas, J.; Marcano, M.; Villanueva, L; Rivas, N. y Murzi, H.	106
Manual para la implementación de un sistema de gestión ambiental en mataderos municipales Lara, M.; Cabeza, M.; Espinosa, C.	117
SAN CRISTÓBAL: de la metrópoli imaginadaa la metrópoli real Mogolión, L.	125

Vol.
21(1)
2009

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Caos colectivo en redes de pequeño mundo González-Estévez, J.; Cosenza, M.	1
Modelo de intercambio económico en una sociedad estratificada con interacciones locales Herrera, J. ; Cosenza,M.; Tucci, K.	8
Auto-organización en redes AD-HOC Albornoz, J.	14
Coexistencia de temperaturas granulares diferentes en una capa granular fluidizada Trujillo, L.; Roca J.; Sigalotti Di G. L.	25
Estimación de la dimensión fractal en series de tiempo de la frecuencia cardíaca fetal Ortega, J.; Infante, S.; González, X.	35
Optimización de la conectividad de redes de mapas acoplados mediante un algoritmo genético Estévez, R.; Tucci K.	46
Efecto de la densidad de vehículos de transporte público en la fluidez del tráfico: un modelo autómatas celular Márquez, J.	56
Emergencia de redes de pequeño mundo en sistemas coevolutivos de mapas caóticos acoplados Chipia, M.; Cosenza, M.	60

Vol.
21(2)
2009

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Modelado del desempeño de catalizadores de mo en hds de tiofeno empleando redes neuronales Méndez, P.; Sánchez, N.; Calafat, A.	61
Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial de <i>lippia micromera schauer</i> que crece silvestre en el Estado Táchira. Venezuela González de C. N.; Pallares, J.; Ramírez, T.; Alarcón, L. Velasco, J.; Usubillaga, A.	69
Aspectos técnicos en las empresas productoras de piezas de fundición gris del Estado Táchira Peña, M.; Fuentes, J.; Gallardo, J.	76
Competencias genéricas del académico UNET: una herramienta de gestión del recurso humano Cardozo, N.; Ugueto, M.; Infante, C.; Pérez, F.; Guerrero, Y.; Guerra, K.	81
Simulación y análisis de flujo transversal a través de banco de tubos en línea usando el programa CFX Díaz, M.; Guerrero, M; Rojo, J.	93
Diseño instruccional de la asignatura metodología de la investigación Balbo, J.	101
Efecto de <i>Trichoderma</i> spp. en el control de <i>Plasmodiophora brassicae</i> en plantas de coliflor Becerra, C. y Acevedo, R.	107
Establecimiento del programa de transferencia de embriones en fresco en una finca del Estado Táchira Venezuela Montilla, J. Maldonado, J. Urdaneta, A. Garcia, J. Acosta, B.; Moreno, A. Olivares, R. Zambrano, R.	115

Vol.
22(1)
2010

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
AGROPECUARIA Desarrollo de <i>Hypothenemus hampei</i> Ferrari (Coleoptera: Curculionidae) en café pergamino con tres niveles de humedad, en condiciones de laboratorio Salazar, M.; Reyes, J.; Vivas, A.; Sánchez, J. Caracterización microbiológica y físico química del fermento utilizado en la elaboración del pan andino en Venezuela Vonasek, S.; Zambrano, M. Efecto de la fertilización química y orgánica en el rendimiento de mora (<i>Rubus glaucus</i> Benth) Briceño, W.; Omaña, R.	1
INDUSTRIAL Modelado y simulación del funcionamiento de una celda de combustible PEM para uso automotriz Posso, F.; Duque, W. Propuesta para la evaluación y mejoramiento de los métodos de trabajo en la PYME Márquez, M.; Pérez, F. Diseño de bloques incompletos balanceados aplicando búsqueda Tabú Rodríguez, D. Reingeniería del Sagaj para su ejecución en la Grid Castro, J.; Casique, D.; Amaya, J.	25
EXACTAS Identificación y evaluación de los impactos ambientales en el proceso de producción de etanol Araujo, E.; Carrero, D.	34
	43
	51
	60

Vol.
22(2)
2010

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
AGROPECUARIA Determinación de biomasa forrajera en residuos de cosecha de caña de azúcar (<i>Saccharum</i> spp. híbrido) Moreno, A.¹; Cárdenas, L.; Zambrano, R.²; Darghan, E.¹; Delgado, L.²; Montilla, J.²	68
INDUSTRIAL Análisis de las capacidades locales de innovación en el estado Táchira Márquez, Alexandra; Pérez, Laura	74
EXACTAS Actividad reproductiva de <i>Hypsiboas lanciformis</i> COPE, 1870 (AMPHIBIA: ANURA: HYLIDAE) en los Andes de Venezuela Tovar-Rodríguez, William¹; Chacón-Ortiz, Andrés¹ y De Jesús-Duran, Rosa² Determinación taxonómica del orégano silvestre y sus relaciones ecológicas en la mina de Lobatera - Táchira - Venezuela Zapata, Yurli¹; Tapias, Omar¹ Seroprevalencia de <i>Toxoplasma gondii</i> (protozoo: sarcocystidae) en cerdos del matadero de San Cristóbal Táchira Venezuela Calderón, Yolimar¹; Perruolo, Gustavo¹	87 96 103
SOCIO HUMANÍSTICO La casa – patio, variaciones tipológicas en los núcleos urbanos del Táchira, Venezuela Casanova, Betania	108

Vol.
23(1)
2011

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
INDUSTRIAL ¿Existe responsabilidad social en las universidades? Infante, Cora Propuesta de gestión para el financiamiento a corto plazo en la PYME metalmeccánica del municipio San Cristóbal del estado Táchira Parra, Maira; Ruiz, Bianey; Madriz, Delia; Castillo, Elizabeth	1 9
SOCIO HUMANÍSTICO El área metropolitana de San Cristóbal. Aspectos demográficos y de división político-territorial Mogollón, Ligia Residuos de la construcción y nuevos componentes Constructivos-Ecomaterial Zapata, José G.	17 25
AGROPECUARIA Evaluación del comportamiento higiénico (CH) en poblaciones de abejas africanizadas <i>Apis mellifera</i> (L.) en Portuguesa-Venezuela Casanova, O. Raúl; Cárdenas, Iván; Albarracín, Luis Prevalencia y carga parasitaria de cultivos de cachamay (<i>Colossoma macropomum</i> CUVIER, 1818 X <i>Piaractus brachipomus</i> CUVIER, 1818) Ramírez-Mora, José Nobel¹; Eslava-Mocha, Pedro René; Agudelo, Eddy	31 36
EXACTAS Mejora del proceso de destilación artesanal para la producción de etanol Herrera, Juan Pablo.; Padilla, Victoria; Cárdenas, Mayrin; Carrero, Yvan; Alayón, Mario Complejidad estadística en series temporales: aplicación a señales EEG Escalona-Morán, M.;¹ Molina, L. A.;² Cosenza, M. G. Influencia de la topología en la distribución de riqueza en un modelo determinista de intercambio económico ¹ González-Estévez, J.;² Cosenza, M. G.;³ López-Ruiz, R.;⁴ Álvarez-Llamoza, O.	46 53
	61

Vol.
23(2)
2011

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
INDUSTRIAL Caracterización del proceso innovativo de las pequeñas y medianas empresas metalmeccánicas del estado Táchira Márquez, Alexandra; Mora, Yurby Como toman decisiones los empresarios exitosos Castillo, Elizabeth Modelado del efector final del robot alacrane para el contacto con el suelo García, Marcey¹; Martínez, Jorge²; García-Cerezo, Alfonso³ Consideraciones para el fortalecimiento de las competencias emprendedoras en el estudiante UNET Díaz, Manuel¹; Madriz, Delia² Marco integrador para el desarrollo de equipos de alto desempeño. Caso: unidad de investigación de la UNET Ugueto, Martha y Cardozo, Neyda La generación de electricidad en zonas rurales de latinoamerica utilizando celdas de combustible Posso, Fausto EXACTAS Efecto de los agroquímicos sobre las propiedades biológicas en suelos del estado Táchira Ramírez, Tibisay; González, Nérida; Meza, María; Pallares, Johana SOCIO HUMANÍSTICO Política social en el IX plan de la nación y el plan de desarrollo económico – social 2001-2007 Weky, Luis AGROPECUARIA Evaluación de la fertilización nitrogenada sobre oferta y composición química de pasto azul (setaria anceps) ²Zambrano, Ramón;¹ Montoya, Betty;³ Zambrano, Arlinda;² Moreno, Alejandro;¹ Montilla, Juan	69 79 88 101 110 122 132 140 148

Vol.
24(1)
2012

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Propiedades mecánicas de la fundición gris producida por empresas del Táchira, Venezuela Peña, Milexa¹; Fuentes, José¹; Gallardo, José²; Zapatero, José³ El trabajo académico del estudiante UNET. Impacto y pertinencia Pérez, Freddy; Ugueto, Martha; Cardozo, Neyda Diagnóstico gerencial de la microempresa manufacturera del estado Táchira, Venezuela Márquez, Mervin; Madriz, Delia; Sierra, Maritza; Parra, Maira Arquitectura de Automatización Basada en Holón Industrial Andrickson, José¹; Chacón, Edgar². Amaya, Jhon³; Pabón, María⁴; Ramírez, Alba⁵ Ambiente organizacional en las unidades académicas de la UNET Sánchez, Lilian; Guerra, Karina; Ugueto, Martha; Muñoz, Miguel; Cardozo, Neyda; Pérez Freddy; Infante, Cora Estudio comparativo de la influencia del abastecimiento de agua en las actividades económicas de la Fria, Venezuela y Mairena del Aljarafe, España Lara, Mayra¹; Cárdenas, Ana¹; Zambrano, Lisbeth¹; Navarro, Jesus² Mapas conceptuales y manipulación sensorial de modelos físicos elementales: una estrategia para la enseñanza-aprendizaje de dinámica rotacional Téllez, Neira¹; Ramírez, María¹; Sanabria, Irma¹; Aspeé, Mario¹ Tripleto de Ca II como calibrador de los parámetros atmosféricos T _{eff} , Log (g), [Fe/H] Molina, Ramón	1 13 21 31 45 55 63 75

Vol. 24(2) 2012	TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
AGROPECUARIA	Producción de etanol en cultivos de caña de azúcar en fase plantilla (<i>Saccharum spp. híbrido</i>) Labrador, José¹; Contreras, Quiliano²; Hernández, Edith³; Herrera, Juan¹; Alayon, Mario¹; López, Yulixe²; Márquez, Leonardo, y Becerra Yohana³	90
	Vida productiva en un rebaño bovino doble propósito en Venezuela. I. Modelo de Cox Zambrano, Ramón¹; Chirinos, Zuleima²; Bracho, Belkys²; Yáñez, Luis¹; Vito, José¹; Moreno, Alejandro¹	98
	INDUSTRIAL Modelo de optimización de sistemas de eventos discretos utilizando redes de Petri Durán, Nelson	105
EXACTAS	Programación lineal ante el reto de la transcomplejidad del proceso de producción de quesos Morris, Lloyd.; Salazar, Olga.; Quiñones, Yeanette	113
	Germinación y desarrollo de <i>Lippia micromera</i> Schauer en el sector Cazadero Minas de Carbón de Lobatera, Táchira- Venezuela Zapata Yurli; Tapias Gabriel	121
	SOCIO HUMANÍSTICO Macrosectorización del riesgo de inundación en la cuenca del río Torbes Useche, Ivan; Chacón, Leandro; Criollo, Rosa; Salas Zulay	127

Vol. 25(1)	TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
INDUSTRIAL	Enfoque para la reconstrucción del ventrículo izquierdo en angiografía rotacional por rayos X Bravo, Antonio¹ y Medina, Rubén²	1
	El rol de la universidad en el desarrollo de interacciones con el entorno productivo González, Yanireth; Márquez, Alexandra; González, Salvador	19
	Arquitectura de control en labview para laboratorio de control, mediante plc twido Andrickson, J.; Ramírez, A.; Pabon, M.; Barón, G.; Rangel, J.	28
EXACTAS	Desempeño ambiental de la agroindustria rural de caña panelera en el municipio Junín, estado Táchira, Venezuela Solórzano C., C.; Carrero, Y.; Padilla, V.; Alayón, M. y Herrera, J.	38
	Efecto de <i>Trichoderma</i> , de sus metabolitos no volátiles y extractos de plantas sobre <i>P. brassicae</i> Becerra C., C.; Escalante O., M. y Pérez R., M.	46
	Contaminación por parásitos caninos de importancia zoonótica en playas del estado falcón, Venezuela Perruolo, L. Gustavo; Chacon-Ortiz, Andres; Agudelo, Eddy; Orellana, Andrés; Tovar, William	54
EXACTAS	Empleo de programas en labview para la dilución y mezcla de bebidas alcohólicas artesanales Herrera, Juan Pablo.; Padilla, Victoria; Moreno, Mayerllyn	58

Vol. 25(2) 2013	TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
AGROPECUARIA	Responsabilidad Social Universitaria La agricultura ecológica y su impacto socio-ambiental en agrosistemas de café. Caso de estudio: Cooperativa Quebrada Azul, municipio Andrés Bello, estado Mérida (Venezuela) Castillo, Maicol y López, Roberto	1
	Diseño de estrategias de neuromarketing para la Universidad Nacional Experimental del Táchira Pacheco, Mónica del Carmen	13
	Fortalecimiento de la responsabilidad social universitaria en los docentes de la UNET Rodríguez, Karena	20
EXACTAS	Orientación educativa y responsabilidad social universitaria garantía para la consolidación de una carrera profesional Delgado Muñoz, Ana Rita	28
	Análisis de la aplicabilidad de los derechos humanos: desde una mirada internacional, nacional, local y del consultorio jurídico - Universidad Simón Bolívar, extensión Cúcuta Illera, Mercedes	37
	Comunidades de aprendizaje para el desarrollo de la agroindustria rural en caña panelera del estado Táchira Solórzano, Carmen Sol; Carrero, Yvan; Padilla, Victoria; Herrera, Juan ; Alayón, Mario y Vivas, Marisabel	45
EXACTAS	Entornos Virtuales Software educativo para la integración en la lectura de niños con discapacidad visual (baja visión) Fernández, Luisenia	56
	Problemas de contextualización de transferencia de conocimiento virtual entre países: un estudio de caso Vega, Lurelis; Rondón, Blanca; Matos, Nixdorís; Berrios, María del Socorro; Monsalve, Trina	61
	Transdisciplinariedad en las Ciencias Sociales Escritura académica, una práctica transdisciplinaria y colaborativa Guerrero, Rosmar; Guerrero, Nathalia	68
EXACTAS	Actitud de los docentes de ciencias básicas ante la incorporación de las TIC en el proceso de enseñanza y aprendizaje Ramírez, Grellys; Vivas, Marisela	73
	Configuración del patrón cognitivo en la elaboración del proyecto de investigación Rondón, Blanca; Sánchez, Marina; Berrios, María; Bastidas, Trina; Matos, Nixdorís	83
	La síntesis estereognóstica como definición de la transdisciplinariedad Miguel Martínez Miguélez	91

Vol. 26(1) 2014	TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
AGROPECUARIA	Validación de un Protocolo de Plastinación como una técnica alternativa para la preservación de material biológico en el Laboratorio de Anatomía Animal de la Universidad Nacional Experimental del Táchira. Pernia, Jazael; López, Alejandro; Acosta, Bladimiro	1
	SOCIO HUMANÍSTICO Intervención de frentes de agua urbanas en América Latina. Principios de sostenibilidad Ruiz Ferrer, Isis; Pérez de Murzi, Teresa	8
	Tutorial de Metodología de la Investigación, dirigido a estudiantes de Ingeniería Informática de la UNET Ruiz, Yovanni; Moreno, Teresa; Leguizamón, Andrés y Velandia, Rocio	20
EXACTAS	Diagnóstico de la asignatura Geometría Descriptiva para diseñar un material de instrucción basado en TIC Machado González, José Ramón	34
	Caracterización de residuos y desechos sólidos de la Clínica Médico-Odontológica del Instituto de Previsión Social del Personal Académico de la UNET (IPPUNET) Carrero, Darcy; Peña, Luimart; Rangel, Zulay; Paz, Martin y Rodríguez, Karena	42
	INDUSTRIAL Influencia de la Extensión Universitaria UNET en el desarrollo endógeno del estado Táchira Guerrero, Yadira y Ramírez, Jenny	53
EXACTAS	Carbonatos Orgánicos Cíclicos como Monómeros: Síntesis y Caracterización Monsalve, Meribary; Contreras, Jesús	67
	Calibración de un Algoritmo para la determinación de periodos en Estrellas Variables Periódicas Velásquez, Raúl; Vivas, A. Katherina y Sánchez, Néstor	80

Vol.
26(2)
2014

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
AGENDA HÁBITAT. INDICADORES CLAVE DE VIVIENDA PARA EL MUNICIPIO SAN CRISTÓBAL, ESTADO TÁCHIRA, VENEZUELA García, Norma; Pérez, Teresa	91
CARACTERIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DEL TÁCHIRA Márquez, Alexandra; Ruiz, Bianey	101
SIMULACIÓN TRIDIMENSIONAL MEDIANTE EL SOFTWARE ANSYS CFX 12.1 DEL FLUJO DE AIRE A TRAVÉS DE LA CAVIDAD DE UN PERFIL 2415-3S CON UNA SERIE DE ÁLABES INTERNOS Mendoza, Luis D.; Velázquez Araque, L.; Casanova, Jesús	111
POLÍTICA SOCIAL EN EL IX PLAN DE LA NACIÓN Y EL PLAN DE DESARROLLO ECONÓMICO – SOCIAL 2001-2007 Weky, Luis	119
COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DEL ACEITE ESENCIAL DE FRUTOS DE <i>Swinglea glutinosa</i> (Blanco) Merr González de C. N.; Araque, C.; Montilva, Z.; Velasco, J. y Usubillaga, A.	127
EVALUACIÓN DE LA COMPATIBILIDAD MACROSCÓPICA Y MICROSCÓPICA ENTRE AISLAMIENTOS DE <i>Trichoderma</i> spp. Becerra Claudia; Escalante, Mayra y Galvis, Johana	133
RECONOCIMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE LOS PLATANILLOS DE LA FAMILIA HELICONIACEAE EN EL ESTADO TÁCHIRA Acuña, Elsie; Tapias, Omar; Zapata, Yurli	142
DIPTEROS FORETICOS DE <i>Dermatobia hominis</i> (Linnaeus Jr., 1781) EN PEDRAZA, MUNICIPIO SAN CRISTÓBAL, ESTADO TÁCHIRA, VENEZUELA Perruolo, L. Gustavo; Chacón-Ortiz, Andrés; Agudelo, Eddy; Orellana, Andrés y Tovar, William	154

Vol.
27(1)
2015

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
EFFECTOS PRODUCIDOS POR LA VARIACIÓN DE PARÁMETROS DIMENSIONALES SOBRE LOS ESFUERZOS SOPORTADOS POR ENGRANES RECTOS Vivas, Josue; García, J. Marcey	1
LA GERENCIA DE PROYECTOS COMO HERRAMIENTA DE LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES Salazar Herrera Olga Jasmin; Morris Molina Lloyd Herbert; Castillo Romero Doris Yorlet; Guglielmi Ovalles Indira Isolina; Quiñónez Valdez, Yeanette Beatriz	14
REQUERIMIENTOS DEL ENTORNO SOCIOLABORAL PARA LA FORMACIÓN DE INGENIEROS INDUSTRIALES Ugueto, Martha; Madriz, Delia	25
PLAN ESTRATÉGICO DE EXTENSIÓN PARA EL DESARROLLO RURAL EN EL MUNICIPIO RANGEL DEL ESTADO MÉRIDA – VENEZUELA Zambrano R. Fernando; Vivas L.; Cañas A.	41
EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y EL ESTADO NUTRICIONAL DE UN CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR BAJO FERTIRRIGACIÓN EN EL PERIODO DE PLANTILLA Moreno, Alejandro; Molina, José A.; Darghan, Enrique; Montilla, Juan; Zambrano, Ramón	53
EVOLUCIÓN DE LAS REDES VIARIAS DE LOS ALREDEDORES DE SAN CRISTÓBAL. EFECTOS EN LA CONFORMACIÓN METROPOLITANA CONTEMPORÁNEA Mogollón de Márquez, Ligia Esther	60
ANÁLISIS QUÍMICO EN LA ESTRELLA GIGANTE HD 206066 Molina, Ramón E.	70

Vol.
27(2)
2015

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
ELEMENTOS MOTIVACIONALES DEL DESEMPEÑO LABORAL: DIRECCIÓN DE RECURSOS HUMANOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DEL TÁCHIRA. Carrero, María; Márquez, Alexandra; González, Yanireth	85
PROPUESTA DE MIGRACIÓN A IPV6 PARA UNA RED DE COMUNICACIÓN DE DATOS. CASO DE ESTUDIO RED UNET Monsalve, Norma; Amaya, Jhon; Reyes, Douglas; Pernia, Edgar	97
ECOSISTEMAS DEL ESTADO TÁCHIRA COMO ESPACIOS PARA LA ENSEÑANZA EN BIOLOGÍA. Chacón-Ortiz, Andrés; Tovar, William; Perruolo, Gustavo; Salcedo, Marco	107
DIAGNÓSTICO FÍSICO DE LA CASA DE LA HACIENDA PARAMILLO Márquez, Manuel; Pinzón, Lourdes; Porras, María; Useche, Ivan	114
USO DE LAS NARRATIVAS TRANSMEDIA COMO UNA NUEVA FORMA DE COMUNICACIÓN EN LA ERA DIGITAL Contreras C., Juan J.	126

Vol.
28(1)
2016

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
VALORACIÓN DE MODELOS DE TURBULENCIA EN DOMINIOS COMPUTACIONALES PARA SIMULACIÓN DE UNA TURBINA HELICOIDAL Marturet, Gustavo; Gutiérrez, Edgar; y Caraballo, Simón	1
ESTRATEGIA DE EVALUACIÓN DE APRENDIZAJE BASADA EN RETROALIMENTACIÓN. LABORATORIO DE FÍSICA I DE LA UNET. Guerra, Karyna; Ramírez, María; Sanabria, Irma.	19
MELASTOMATACEAE EN LOS MUNICIPIOS FERNÁNDEZ FEO Y TORRES DEL ESTADO TÁCHIRA Zapata, Yurli	30
DISEÑO DE LAS PAILAS PARA UN CENTRAL PANELERO A VAPOR Alarcón, Karla; Alayón, Mario; Carrero, Yvan; Díaz, Carmen; Vivas, Marisabel	37
EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD EN PANELAS DE LOS MUNICIPIOS SUCRE, JUNÍN, AYACUCHO Y CÁRDENAS DEL ESTADO TÁCHIRA, VENEZUELA. Solórzano, Carmen; Montilva, Leonarda	48

Vol.
28(2)
2016

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
SISTEMAS AUTÓNOMOS DE POZOS Camargo, Edgar; Aguilar, José	58
CREACIÓN DE SISTEMAS MULTIAGENTES: UN IDE BASADO EN MASINA Y FIPA Hidrobo, Francisco; Rivero, Paola; Rios, Addison	71
MOTOR DE JUEGO SERIOS EN ARMAGAcoco Aguilar, José; Altamiranda, Junior; Díaz, Francisco; Mosquera, Diego	100
PLN Y PROCESOS DE INFERENCIA EN LA IDENTIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS GENÉTICAS Y SUS MODOS DE REGULACIÓN López, José;Ramírez, Yacson; Morales, Yonathan; González, Luis	111
ROSTRO GENÉRICO PARA MÁQUINAS QUE INTERACTUAN CON PERSONAS Dapena, Eduardo; Pérez, Jesús; Rivas, Rafael; Guijarro, Alfonso	121

Vol.
29(1)
2017

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Sistema de Gestión de la productividad de la microempresa y PYME del sector comercio (rubro venta de calzado) del municipio San Cristóbal del estado Táchira. Sierra, Maritza; Castillo, María	1
Propuesta metodológica para identificar factores influyentes en las funciones de docentes universitarios. Sánchez, Lilian; Ramírez, Jenny; Guerra, Karyna	20
Un modelo normativo para orientar el pensamiento creativo aplicando el método PIAEM Roa, Mary; Porras, Yazmira	31
Estudio de la Fitotoxicidad de Hidrogeles derivados de Acrilamida y Ácido Itacónico hacia plántulas de papa (<i>Solanum tuberosum</i> , L.) Contreras, Jesús; Juárez, Jessica; Oliveros, Alberto	41
Efectividad del Biocarbón, Vermicompost, Turba y la adición de <i>Trichoderma</i> sp. en la aclimatización de plántulas de fresa producidas <i>in vitro</i> Becerra, Claudia; Linares, Sonia; Linares, Clemente y Jiménez, Dubraska	53
Compatibilidad entre <i>Trichoderma</i> spp., sus metabolitos no volátiles y extractos de plantas Becerra, Claudia; Escalante, Marilyn	60
Calidad del calostro de búfalas (<i>Bubalus bubalis</i>) en la zona norte del estado Táchira, Venezuela Arellano, Eudi; García, José; Vivas, Fernando	68

Vol.
29(2)
2017

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
SISTEMA DE INFORMACIÓN EN CONTROL DE PROCESOS Andrickson, José; Arellano, María; Antony, Caro; Pabón, María; Hernández, Carlos.	74
SUPERVISOR WEB BASADO EN SISTEMA EMBEBIDO Bravo, Henry; Cárdenas, Miguel; Andrickson, José	91
METODOLOGÍA DE DISEÑO DE ANTENA MICROSTRIP PARA APLICACIONES RFID. Fernández, Henry	104
PRÁCTICAS PARA LA INTEGRACION SOCIO-LABORAL DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD. Flores, Yatnelly; Tapias, Gabriel; Oviedo, Libia	121
DIAGNÓSTICO DE LA DIVULGACIÓN CIENTÍFICA DE LA UNET EN FUNCIÓN DE LOS PROCESOS EDITORIALES Y LOS ESTÁNDARES INTERNACIONALES. Villalobos, Salvador; Chacón, José	135
IMPACTOS AMBIENTALES EN LA ETAPA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS. CASO: TERRAZAS DEL VALLE MUNICIPIO INDEPENDENCIA, ESTADO TÁCHIRA. Pérez, José; Carrero, Darcy	148
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y MOLECULAR DE TRICHODERMA SPP. (ASCOMYCOTA: HYPOCREACEAE) CON RAPDS E ITS-RFLPS. Becerra, Sioly; Vera, Rosa; Pérez, Mayra; Moreno, Bridget	162
DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DEL AGUA RESIDUAL DE UNA GRANJA PORCINA EN EL MUNICIPIO TORBES, TÁCHIRA Cárdenas, Marcos; Espinosa, Sindy; Cárdenas, Mayra	173

Vol.
30(1)
2018

Congreso Binacional de Investigación

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
CONFERENCIA ¿CUÁL ES LA INFLUENCIA DE LA INTENCIÓN DEL EXPERIMENTADOR EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA? Reyes, Isbelia	3
INDUSTRIAL OPTIMIZACIÓN DEL FILTRO DE KALMAN EXTENDIDO MEDIANTE ALGORITMOS MEMÉTICOS Amaya, Jhon; Tarazona, María	17
IDENTIFICACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO DE UN ROBOT MÓVIL DIFERENCIAL A TRAVÉS DE UN PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL Reyes, Jesús; García, Jesús; Sánchez, Gerardo; Gil, Ángel	28
CONTROL DE UN PÉNDULO INVERTIDO USANDO EL FILTRO DE KALMAN EXTENDIDO PARA LA ESTIMACIÓN SIMULTÁNEA DE ESTADOS Y PARÁMETROS INCERTOS Tarazona, María; Rodríguez, José	38
HERRAMIENTAS 2.0 PARA FOMENTAR EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE LOS CONTENIDOS MATEMÁTICOS EN LA CARRERA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL Peña, Tania; Barbosa, Alejandro; Zambrano, Ramón	48
ESTIMACIÓN DEL PRESUPUESTO MÍNIMO Y MÁXIMO RECOMENDADO PARA LA MITIGACIÓN DE RIESGOS EN PROYECTOS DE INGENIERÍA Castro, Alexis; Sánchez, Gustavo	56
CONTROL DIFUSO DE ESTRUCTURA VARIABLE PARA UN PROCESO DE EVAPORACIÓN DE CIRCULACIÓN FORZADA Requez, Juan; Strefezza, Miguel; Sánchez, Gustavo; Granado, Ernesto	67
HORNO CERÁMICO SUSTENTABLE PARA PRODUCTOS ARTESANALES DE ARCILLA EN LATINOAMÉRICA. CASO: MÉXICO Díaz, Juan; Suárez, Gustavo; García, Francisco; Rosales, Wilber; Reina, Jesús; Zambrano, Heidy	80
CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN CLIMAS TROPICALES LATINOAMERICANOS Agudelo, Nancy; Ramírez, Rodrigo; Sainz, Luis	91
AGROPECUARIA ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE CLOROFILA Y NITRÓGENO EN PLANTAS DE PIMENTÓN INOCULADAS CON BACTERIAS RIZOSFÉRICAS Castro, Yulimar; Blanco, Erika	105
EFFECTO DE CEPAS NO PATOGENICAS DE <i>Fusarium oxysporum</i> (ASCOMYCOTA: NECTRIACEAE) EN PLÁNTULAS DE TOMATE, PEPINO Y CEBOLLA Bautista, Luis; Granados, Liliana	113

Vol.
30(1) Continuación

2018 TÍTULO DEL ARTÍCULO PÁGINA

INCIDENCIA DE LA INOCULACIÓN CON MICROORGANISMOS RIZOSFÉRICOS BENEFICOS Y ROCA FOSFÓRICA SOBRE EL CRECIMIENTO DEL PIMENTÓN (<i>Capsicum annuum</i> L.) Sánchez, Luberto; Reyes, Isbelia	122
APLICACIONES DE GALLINAZA Y <i>Trichoderma harzianum</i> EN EL DESARROLLO DE <i>Solanum tuberosum</i> VAR. GRANOLA Roa María; Bautista, Luis	129
EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN LÍQUIDA O GRANULADA DE <i>Trichoderma</i> spp. PARA PROMOVER EL CRECIMIENTO DE <i>Allium cepa</i> Y <i>Lactuca sativa</i> Roche, Laura Vera; Rosa; Gabris, Johana; Moreno, Bridget	139
EFFECTO DE EXTRACTOS ETANÓLICOS DE <i>Cymbopogon citratus</i> Y <i>Lippia micromera</i> SOBRE EL CRECIMIENTO VEGETATIVO Y REPRODUCTIVO DE <i>Alternaria</i> sp. Escalante, Marilyn; Briceño, Tito; Barbosa, Alejandro	150
PATOGENICIDAD DE CEPAS NATIVAS DE <i>Metarhizium anisopliae</i> SOBRE LARVAS DE <i>Phyllagathis</i> spp. (COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE) Bautista, Luis; Peña, Yury; Gutiérrez, Yuscindy	158
CITOGENÉTICA CONVENCIONAL Y MOLECULAR APLICADAS A PROPUESTAS DE FITOMEJORAMIENTO EN <i>Alseis versu</i> (L.) Baur. f. Sánchez, Ysbelia; Raymúndez, María; Imery, José	167
ESTANDARIZACIÓN Y VALIDACIÓN DE PROTOCOLO PARA DETERMINACIÓN DE FOSFORO TOTAL EN MATERIAS PRIMAS AGROALIMENTARIAS Rodríguez, Ulfe; Mora, Robert; Herrera, Ana; Valdúz, Zuléma	179
DIFERENTES MÉTODOS DE CURADO EN PIERNAS DE OVINO MAYOR Y CORDERO Lendewig, Helmut; Casique, Maida	190
DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DE EVENTOS PRODUCTIVOS EN REBAÑOS BOVINOS DE LECHE Cuadros, Jean; Useche, Miguel; Zambrano, Ramón	199

SOCIO ECONÓMICO

ANÁLISIS Y CATEGORIZACIÓN DE LOS ERRORES ESTADÍSTICOS EN LOS TRABAJOS DE GRADO Gandica, Elizabeth	211
LA ACCIÓN DEL RECONOCIMIENTO: CLAVE EN EL APRENDIZAJE PROYECTUAL Rivera, María	221
LA ARQUITECTURA DE LOS EDIFICIOS RECREACIONALES CONSTRUIDOS EN SAN CRISTÓBAL (1952–1958) García, Viviana	230
ARQUITECTURA A "RETAZOS": LA IMAGEN DEL SECTOR DE BARRIO OBRERO EN SAN CRISTÓBAL, TÁCHIRA, VENEZUELA Duque, Yasmín	242
EVOLUCIÓN DE LA HEPATITIS POR VIH EN PACIENTES MEDICADOS CON COINFECTACIÓN VIH/HIV PAPTIS B. Timaire, Rossana; Orlandoni, Giampaolo; Ramoni, Josefa; Valeri, Lenin	253

CIENCIAS EXACTAS

PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE SUERO CONCENTRADO DE QUESO UTILIZANDO LA LEVADURA <i>Saccharomyces cerevisiae</i> Betancor, Rafael; Quintero, América; Trujillo, Antonio	267
--	-----

Vol.
30(1) Continuación

2018 TÍTULO DEL ARTÍCULO PÁGINA

EFFECTO DEL FENOL ÁCIDO Y BÁSICO EN LA PURIFICACIÓN DE PROTEÍNAS APOLARES DEL SUELO Abreu, Érika; Almaraz, Jorge; Ruiz, Claudia; Camargo, Danny; Linares, Clemente; Camargo, Daniela.	274
ESTUDIO TEÓRICO DE LA BIODISPONIBILIDAD Y RECONOCIMIENTO MOLECULAR ENTRE METABOLITOS SECUNDARIOS DE <i>Euphorbia hirta</i> L. Y α , β -TUBULINA Marcano, Emilio; Sánchez, Ysbelia; Canelón, Verónica	283
ÍNDICE IPT COMO BIOMODICADOR DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA SUBCUENCA ALTAD DEL RÍO TORRES, TACHIRA, VENEZUELA Perruolo, Gustavo; Chacón, Andrés; Tovar, William	293
VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE LA ESPECTROFOMETRÍA MONITOREANDO LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL EN UN REACTOR ANAEROBICO Duarto, Orlando; Sánchez, Lenin; Cárdenas, Marcos; Cantón, Mauricio; Possetti, Gustavo; Aisse, Miguel	302
TRATAMIENTO EFICIENTE DE RESIDUOS LÍQUIDOS CON FILTROS ANAEROBIOS DE FLUJO ASCENDENTE DE TRES FASES (TRI-FAPS) Maldonado, Julio; Rodríguez, Jerson; Márquez, Adriana	313
MATERIAL ECOLÓGICO CON FINES DE EMBALAJE A PARTIR DEL HONGO <i>Pleurotus ostreatus</i> Y RESIDUOS ORGÁNICOS AGROINDUSTRIALES Colmenares, Elicel; Bautista, Luis; Oliveros, Cleomary	324
TEOREMAS DE REPRESENTACIÓN DE RELACIONES DE CONSECUENCIA NO MONÓTONAS SOBRE SEMIÓRDENES Diaz, Janneth	333
ESTIMACIÓN DE EMISIONES VEHICULARES DE OXOCARBONOS COMO INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL URBANA Morantes, Gioberti; Giraud, Loraine	339

Vol.
30(2) Congreso Binacional de Investigación

2018 TÍTULO DEL ARTÍCULO PÁGINA

INDUSTRIAL

ESTADO DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN LAS LADRILLERAS DE LA ZONA METROPOLITANA DE CÚCUTA-COLOMBIA: PROPUESTA DE USO DE INDICADORES Cárdenas, Ricardo; Díaz, Juan; Zambrano, Heidy	351
PERFIL DE COMPETENCIAS DEL MAGÍSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Ugueto, Martha; Madriz, Delia; Castillo, María	361
DESARROLLO DE UN MEDIDOR DE FLUJO PARA REFRIGERANTES EN FASE LÍQUIDA BASADA EN IOT Contreras, César; Molina, José; Rivero, Angie; Morales, Alfredo	372
IMPLEMENTACIÓN DE UN ESTIMADOR DE VELOCIDAD DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN CON CONTROL VECTORIAL POR MEDIO DE UNA RED NEURONAL Belandria, Luciano; González, Jaime	380
DESARROLLO DE UN SIMULADOR PARA EL ESTUDIO DEL MODELO CINEMÁTICO DE ROBOTS MÓVILES TIPO SKID STEER García, Jesús; Vecino, Yossuan	393
MAQUETA SMART CITY CON FINES ACADÉMICOS Contreras, César	404
METAHEURÍSTICA HÍBRIDA ENTRE FIREFLY ALGORITHM Y HARMONY SEARCH PARA ENTONACIÓN DE CONTROLADOR PID Aspéc, Catherine; Amaya, Jhon	413
AGROPECUARIA EVALUACIÓN DE <i>Trichoderma asperellum</i> , <i>Metarhizium anisopliae</i> Y <i>Bacillus subtilis</i> EN LA PROMOCIÓN DEL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE TOMATE Y PIMENTÓN Bautista, Luis; Cordón, Eduard	425
LOS BIOFERTILIZANTES COMO UNA HERRAMIENTA DE LA AGRICULTURA SOSTENIBLE EN LOS CULTIVOS DEL PIMENTÓN Y DEL CAFÉ Sánchez, Argenis; Dávila, Betsy; Briceño, José; Valery, Alexis	435

Vol.
30(2) Continuación

2018 TÍTULO DEL ARTÍCULO PÁGINA

EVALUACIÓN DE <i>Trichoderma asperellum</i> Y MEZCLAS DE SUSTRATOS EN LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE PAPA (<i>Solanum tuberosum</i> L.) VARIEDAD GRANOLA Montoya, Carlos; Arias, Karen; Chacón, Hernando; Sulbarán, José; Ramírez, Beatriz	444
EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL CLON DE PAPA (<i>Solanum tuberosum</i> L.) 'ANGOSTUREÑA' EN DOS ÉPOCAS DE SIEMBRA EN EL ESTADO TÁCHIRA Roa, María; Morales, Ender; Linares, José	452
EFFECTO DE EXTRACTOS DE CLAVO Y CANELA PARA EL CONTROL POSTCOSECHA DE LA ANTRACNOSIS (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>) EN LECHOSA (<i>Carica papaya</i>) Roche, Glensy; Pérez, Mayra; Moreno, Bridget; Vera, Rosa	463
DISMINUCIÓN DEL CRECIMIENTO MICELIAL DE <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> Y DEL MOHO BLANCO EN LECHUGA POR EFFECTO DE EXTRACTOS ETANÓLICOS DE PLANTAS Escalante, Marilyn; Chacón, José; Suárez, María; Barbosa, Alejandro	473
MODELO DE SIMULACIÓN DEL CRECIMIENTO DE CULTIVOS: CASO DE ESTUDIO PLANTAS DE LISIANTHUS (<i>Eustoma grandiflorum</i>) CV MARIACHI BLUE Valery, Alexis; Guerrero, Jean; Molina, José	482
CARACTERIZACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE AGROECOSISTEMAS EN CAÑA PANELERA DEL MUNICIPIO CÓRDOBA, ESTADO TÁCHIRA, VENEZUELA Solórzano, Carmen; Carrero, Yvan	490
POTENCIAL RESTAURADOR DE <i>Setaria</i> sp., EN UN SUELO DEGRADADO POR EXPLOTACIÓN MINERA CARBONÍFERA Álvarez, Luimar; Reyes, Isbelia	502
COMPOSICIÓN Y CALIDAD DEL QUESO GUAYANÉS A NIVEL DE CENTROS DE COMERCIALIZACIÓN Maldonado, Ronald; Llanca, Luis; Homsí, Wendy; Paiva, Alicia; Román, Yasmín; Calderón, Norely; Isturiz, Rosaura; Jiménez, Olymar; Gámez, Lis; Meléndez, Bernavé	512
TRANSFERENCIA DE INMUNOGLOBULINAS CALOSTRALES EN BÚFALOS (<i>Bubalus bubalis</i>) Arellano, Eudi	521
SOCIO ECONÓMICO ANÁLISIS FISIOLÓGICO DE LA TRANSICIÓN AERÓBICA-ANAERÓBICA, CON PATNADORES DE CARRERAS POR MEDIO DEL TEST DE CAMPO TIVRE-PATIN Lozano, Rafael; Bustos, Brian; Acevedo, Andrés	529
LA WEBQUEST COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA EL DESARROLLO DE LAS BASES TEÓRICAS EN UN TRABAJO DE APLICACIÓN PROFESIONAL Ruiz, Yovanni	536

Vol. 30(2) Continuación

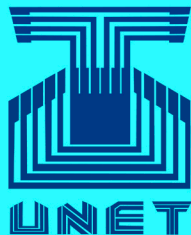
2018	TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
	UNA MIRADA A LA TECNOLOGÍA NO CONVENCIONAL ACERO-CONCRETO A TRAVÉS DE LA OBRA DEL ING. JOSÉ ADOLFO PEÑA Hernández, Erika	547
	MODELO INTERACTIVO DE SIMULACIÓN: PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS, VIGAS Y LOSAS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO PARA EDIFICACIONES ORTOGONALES Vivas, Pablo	558
	PARTICULARIDADES MORFOLÓGICAS Y CONSTRUCTIVAS DEL CRECIMIENTO VERTICAL EN EDIFICACIONES EN EL CENTRO DE LA CIUDAD DE SAN CRISTÓBAL, ESTADO TÁCHIRA Villanueva, Luis; Machado, José; Marín, Dulce; Orozco, Enrique	568
	Ciencias Exactas	
	MORFOLOGÍA DE ESTRUCTURAS VEGETATIVAS EN CUATRO ESPECIES DEL GÉNERO <i>Heliconia</i> L., PRESENTES EN DOS MUNICIPIOS DEL ESTADO TÁCHIRA—VENEZUELA Castillo, Maicol; Acuña, Elsie; Sanabria, María; Zapata, Yurli	581
	DESARROLLO DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE PROTEÍNAS POLARES DEL SUELO MEDIANTE EL USO DE NaOH/H ₂ O Quilionez, Mayuri; Almaraz, Jorge; Camargo, Danny; Ruiz, Claudia; Camargo, Daniela; Linares, Clemente	592
	EXTRACCIÓN DE PROTEÍNAS TERMOESTABLES (POLARES/APOLARES) DEL SUELO EN AGROECOSISTEMAS DEL ESTADO TÁCHIRA Almaraz, Jorge; Camargo, Danny; Ruiz, Claudia; Camargo, Daniela; Linares, Clemente	603
	CENTRO DE ACOPIO Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA EL MUNICIPIO SAN CRISTÓBAL, ESTADO TÁCHIRA Peña, Héctor; Rodríguez, Karen; Ramírez, Betty; Cárdenas, Mayra	613
	EMISIONES URBANAS DE DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE COMO INDICADOR FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO Morantes, Giobertti, Giraud, Lorraine	622
	EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y BIOLÓGICA EN EL SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS DE UNA INDUSTRIA LÁCTEA Pimiento, Kleiver; Cárdenas Marcos	642
	PROTOTIPO EXPERIMENTAL PARA LA MEDICIÓN DE METANO A PARTIR DE LA DESCOMPOSICIÓN ANAEROBIA DE EXCRETAS VACUNAS Parra, Carlos; Arellano, Juan; Rey, Daniela; Sánchez, Luis; Cárdenas, Mayra	653

Vol. 31(1) Continuación

2019	TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
	ALGORITMO DE COLONIAS DE HORMIGAS PARA RUTEO DE VEHÍCULOS CON CAPACIDAD LIMITADA Y FLOTA HOMOGÉNEA Moreno, Joel; Aragón, Gunther	1
	CONTROL DE ACCESO PARA EL LABORATORIO REMOTO DE MOTORES MONOFÁSICO Y TRIFÁSICO Hernández, Edwin; Suarez, Glendy	11
	ARQUITECTURA DE NEGOCIACIÓN EN PROCESO DE AUTOMATIZACIÓN DINÁMICO Moreno, Joel; Andrickson, José; Pabon, María	23
	SISTEMA AUTONÓMICO INTELIGENTE PARA PROCESOS PETROLEROS. (SAI2P) Lozada, Héctor; Camargo, Edgar; Aguilar, José	33
	GESTIÓN DE ALMACENAMIENTO DE UNA PLANTA VIRTUAL UTILIZANDO LA INTERFAZ TWINCAT Y VISUAL BASIC Moreno, Joel; Suarez, Glendy	50
	FORMULARIOS WEB CON TÉRMINOS DIFUSOS Labbad, José; Rodríguez, Rosseline; Tineo, Leonid	65
	CONTROL DIFUSO EMBEBIDO PARA CULTIVO PROTEGIDO Molina, Alberto; Andrickson, José; Pabon, María	83

Vol. 31(2) Continuación

2019	TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
	FACTORES INCIDENTES EN LA VINCULACIÓN ENTRE LAS PYMES DEL SECTOR TEXTIL DEL MUNICIPIO SAN CRISTÓBAL Y LA UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DEL TÁCHIRA Requiniva, Mónica; González, Yanireth; Carrero, María; Díaz, Zirlis	95
	CONTROL DIFUSO DE ESTRUCTURA VARIABLE PARA UN PROCESO DE EVAPORACIÓN DE CIRCULACIÓN FORZADA Requez, Juan; Strefezza, Miguel; Sánchez, Gustavo; Granado, Ernesto	106
	LAS AMENAZAS A LA PROTECCIÓN MARÍTIMA EN LOS ESPACIOS ACUÁTICOS VENEZOLANOS Flores, Nalliver; Viso, Alfredo	120
	ABUNDANCIAS ELEMENTALES DE LA ESTRELLA HD 185732 Molina, Ramón; Paredes, Gilberto; Pérez, Dionel	131
	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD QUÍMICA, FÍSICA Y BIOLÓGICA DE TRES COMPOST PRODUCIDOS A PARTIR DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES Peña, Haydee; Arias, Karen; Santos, Milagrosa; Sulbaran, José; Ramírez, Beatriz	144
	SUBPRODUCTOS OBTENIDOS A PARTIR DE RESIDUOS DE NARANJA CON Y SIN TRATAMIENTOS Ramírez, Tibisay; González, Nérida; Villamizar, José; Valero, Wilkemar	154
	SEROPREVALENCIA DE <i>Brucella spp.</i> EN PERSONAL DEL MATADERO MUNICIPAL DE SAN CRISTÓBAL, ESTADO TÁCHIRA, VENEZUELA Contreras, Jamilet; Perruolo, Gustavo; Dueñas, Aglaeé; Barrera, Reggie	168



Universidad Nacional Experimental Del Táchira
Revista Científica UNET
San Cristóbal. Táchira - Venezuela
Vol 32 (1): Enero - Junio, 2020

