

25-27  
SEPT.  
2019

# EDIESCA

1ER. ENCUENTRO PARA LA DIVULGACIÓN E INVESTIGACIÓN EN EL  
ESTUDIO DE SISTEMAS COMPLEJOS Y SUS APLICACIONES



## LIBRO DE RESÚMENES

Editores

**Eric Campos Cantón, Guillermo Huerta Cuéllar**

# *Libro de resúmenes*

Encuentro para la Divulgación e Investigación en el  
Estudio de Sistemas Complejos y sus Aplicaciones  
(EDIESCA)

# *Prefacio*

El Encuentro para la Divulgación e Investigación en el Estudio de Sistemas Complejos y sus Aplicaciones (EDIESCA), surge de la necesidad de contar con cuerpos académicos y grupos de investigación coordinados que puedan llevar a cabo investigación, desarrollos tecnológicos a nivel nacional y su divulgación. Para ello, durante el evento se ha propuesto realizar distintas conversaciones, con el objetivo de promover la participación entre los investigadores presentes, así como para proponer la creación de una red de colaboración científica para el estudio

de sistemas complejos y sus aplicaciones que pueda tener un fuerte impacto sobre el desarrollo de nuevos proyectos. Además, con lo anterior se buscará difundir los programas de educación a nivel pregrado y posgrado de las diferentes instituciones participantes.

Dr. Eric Campos Cantón  
Dr. Guillermo Huerta Cuéllar

# *Índice general*

<b>Índice general</b>	<b>5</b>
<b>I PONENCIAS</b>	<b>13</b>
<b>1 Sistemas caóticos de orden entero/fraccionario: Optimización, implementación analógica/digital y aplicaciones</b>	<b>15</b>

- 
- |          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>2</b> | <b>Estudio de procesos estocásticos en el modelo cinérgico de percepción visual multi estable</b>             | <b>17</b> |
| <b>3</b> | <b>Implementación en FPGA y sincronización de redes complejas con sistemas caóticos de orden fraccionario</b> | <b>19</b> |
| <b>4</b> | <b>Una clase de sistemas complejos sin puntos de equilibrio con control paramétrico</b>                       | <b>22</b> |
| <b>5</b> | <b>Evaluación de un esquema de imágenes cifradas visualmente significativas</b>                               | <b>24</b> |
| <b>6</b> | <b>Atractores con un gran número de enroscados: Una nueva aproximación para su generación</b>                 | <b>26</b> |
| <b>7</b> | <b>Osciladores caóticos para encriptado de información en el Internet de las Cosas</b>                        | <b>29</b> |

- |           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>8</b>  | <b>Diseño electrónico de sistemas caóticos para el estudio de percepción y caracterización de EEG</b> | <b>32</b> |
| <b>9</b>  | <b>Sincronización en redes con acoplamientos dinámicos</b>  | <b>34</b> |
| <b>10</b> | <b>Eventos Raros en la Dinámica de Láseres Acoplados</b>  | <b>37</b> |
| <b>11</b> | <b>Aplicación del mapeo logístico en la criptografía</b>  | <b>40</b> |
| <b>12</b> | <b>Factorización del oscilador cuántico fraccionario</b>  | <b>43</b> |
| <b>13</b> | <b>Cifrado de imágenes por medio de mapeos multi-modales</b>  | <b>45</b> |
| <b>14</b> | <b>Análisis estático de dinámica simbólica en osciladores caóticos con acoplamiento débil</b>         | <b>48</b> |

- 
- |           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>15</b> | <b>Sistemas Dinámicos caóticos basados en sistemas lineales por partes con comportamiento multiestable</b>                  | <b>52</b> |
| <b>16</b> | <b>Diseño de Circuitos en Superficies</b>   | <b>54</b> |
| <b>17</b> | <b>Leyes de conservación y el teorema de Noether</b>  | <b>56</b> |
| <b>18</b> | <b>Sincronización de sistemas complejos usando control: Algunos métodos e implementaciones electrónicas</b>                 | <b>59</b> |
| <b>19</b> | <b>Análisis del fenómeno de sincronización por medio de dinámica simbólica</b>  | <b>60</b> |
| <b>II</b> | <b>SESIÓN DE PÓSTERS</b>  | <b>63</b> |
| <b>20</b> | <b>Obtención de Curvas de Bézier racionales de n-ésimo grado; una aproximación por interpolación y regresión polinómica</b> | <b>65</b> |

<b>21 La diabetes tipo 1 y el páncreas artificial desde el punto de vista de sistemas complejos</b>	<b>66</b>
<b>22 Aspectos caóticos de una clase de mapeos discretos sin puntos fijos</b>	<b>71</b>
<b>23 Sistema de medición y notificación de la calidad de la energía eléctrica</b>	<b>73</b>
<b>24 Familia de atractores biestables contenidos en un Sistema disipativo inestable asociado a una SNLF</b>	<b>76</b>
<b>25 Dispositivo para la manipulación axial de compuestos de microfluidos</b>	<b>79</b>
<b>26 Diseño de un sistema fotovoltaico de dos ejes</b>	<b>82</b>
<b>27 Sistemas cristalográficos basados en caos</b>	<b>85</b>

# Introducción

*"Toute puissance est faible, à moins que d'être unie"*  
—Jean de La Fontaine

En el 1er Encuentro para la Divulgación e Investigación en el Estudio de Sistemas Complejos y sus Aplicaciones (EDIESCA) se contó con el registro de los siguientes investigadores y estudiantes de posgrado: Esteban Tlelo Cuautle; Rider Jaimes Reátegui; Ernesto Zambrano Serrano; Rodolfo de Jesús Escalante González; José Salomé Murguía Ibarra; José Luis Echenausía Monroy; Omar Guillén Fernández; Luis Javier Ontañón García Pimentel; Juan Gonzalo Ba-

rajas Ramírez; Carlos L. Pando Lambruschini; Bahía Cassal Quiroga; Haret Codratian Rosu Barbus; Moisés García Martínez; Guillermo Huerta Cuéllar; Héctor Eduardo Gilardi Velázquez; Isaac Campos Cantón; Luis Armando Gallegos Infante; Didier López Mancilla; Eric Campos Cantón; Claudio García Grimaldo; Abel García Barrientos; Mayra Angélica Barcena Cantú; Baltazar Cerda Cerda; Irwin Allen Díaz Díaz; Eber J. Ávila Martínez; Yuz Asaf Zuñiga Ventura; y Carlos Subervielle Montalvo.

Esta actividad nos permitió promover la formación de una red de cooperación dado que se contó con la participación de ocho instituciones nacionales públicas y privadas como son: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP); Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL); Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE); Universidad de Guadalajara (UDG); Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM); Instituto Tecnológico de San Luis Potosí (ITSLP); Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP); e Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica

(IPICYT).

En la ciudad de San Luis Potosí, S.L.P., se llevó a cabo la divulgación de resultados actuales sobre el estudio de sistemas complejos y sus aplicaciones. Dicho evento académico se realizó en el auditorio del edificio de vinculación del IPICYT del 25 al 27 de septiembre del año en curso,

La organización del EDIESCA fue posible gracias al apoyo del Consejo Potosino de Ciencia y Tecnología (COPOCYT), el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT), la Universidad de Guadalajara (UDG) y la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP). La buena respuesta de los invitados al evento fortaleció el nivel de las pláticas realizadas en las cuales el 84 % de los ponentes son miembros del SNI.

# *Parte I*

## *PONENCIAS*

*Capítulo 1*

*Sistemas caóticos de  
orden  
entero/fraccionario:  
Optimización,  
implementación  
analógica/digital y  
aplicaciones*

**Esteban Tlelo Cuautle,**<sup>1</sup>

Recientemente se han presentado diversos sistemas caóticos de orden entero y fraccionario, y cuyos modelos matemáticos pueden generar caos o hipercaos. En algunos casos es posible evaluar los puntos de equilibrio y valores propios, como en los atractores caóticos auto-excitados, y en otros es difícil, como en los atractores ocultos. De esta manera, se requieren métodos numéricos distintos para simular a los sistemas caóticos con atractores auto-excitados y ocultos. Lo mismo sucede al simular osciladores caóticos de orden fraccionario y con ambos tipos de atractores. En todos los casos de osciladores caóticos/hipercaóticos de orden entero/fraccionario y con atractores auto-excitados/ocultos, las características principales se obtienen al evaluar los exponentes de Lyapunov, la dimensión Kaplan-Yorke, la entropía de Kolmogorov-Sinai, etc. Para mejorar la dinámica de los osciladores, sus características principales pueden

<sup>1</sup>INAOE, A. C., Luis Enrique Erro No. 1, Sta. Ma. Tonantzintla, CP. 72840, San Andrés Cholula, Puebla.

optimizarse aplicando metaheurísticas, y los nuevos valores de parámetros de los modelos matemáticos pueden implementarse con electrónica analógica y digital. En estos casos se usan amplificadores comerciales, arreglos analógicos programables en el campo (FPAA por sus siglas en inglés), arreglos de compuertas programables en el campo (FPGA por sus siglas en inglés), microcontroladores, unidades de procesamiento gráfico (GPU por sus siglas en inglés), e incluso pueden diseñarse circuitos integrados con tecnologías en el orden de los nanómetros. Esta última opción de implementación es útil en aplicaciones portátiles y de bajo consumo de potencia. Es importante mencionar que todo tipo de implementación electrónica puede explotarse para desarrollar aplicaciones como generadores de bits/numeros aleatorios, criptografía, comunicaciones seguras, robótica, etc.

*Capítulo 2*

*Estudio de procesos  
estocásticos en el  
modelo cinegértico de  
percepción visual multi  
estable*

## Rider Jaimes Reátegui <sup>1</sup>

El presente trabajo de investigación tiene como propósito entender como el cerebro humano discierne o toma decisiones cuando está sometida a pruebas de imágenes ambiguas, tales como, el cubo de Necker, para lo cual se propone desarrollar método de medición de ruido inherente a la función cognitiva del cerebro a través de percepción de imágenes ambiguas usando señales de electro encefalograma (EEG). Se estudia el modelo cinérgico de percepción visual multiestable. Explorando el cubo de Necker como un ejemplo esencia de figura ambigua. Se mide la dinámica de dos y tres percepciones coexistentes como función del cambio del parámetro de sesgo. Análisis de bifurcación permite estimar las diferentes regiones coexistentes de percepción.

<sup>1</sup>UDG, Laboratorio de Sistemas Dinámicos, Centro Universitario de los Lagos, Enrique Díaz de León 1144, Paseos de la Montaña, CP 47460, Lagos de Moreno, Jalisco.

*Capítulo 3*

*Implementación en  
FPGA y sincronización  
de redes complejas con  
sistemas caóticos de  
orden fraccionario*

Cornelio Posadas Castillo, **Ernesto Zambrano Serrano**, Miguel Ángel Platas Garza <sup>1</sup>

El presente trabajo, presenta la implementación en un FPGA (Field Programmable Gate Array por sus siglas en inglés) de la sincronización de dos redes complejas, considerando sistemas caóticos de Liu de orden fraccionario, utilizando la teoría de redes complejas. Se considera una red compleja con topología regular, y una red compleja con topología irregular. Ambas redes integradas por nueve sistemas caóticos de Liu de orden fraccionario. La sincronización de las redes complejas se logra mediante el acoplamiento de los sistemas caóticos a través de la segunda variable de estado. Específicamente la implementación se realiza en el dispositivo NI c-RIO-9068 (Xilinx Zynq-7000 XC7Z020 FPGA). Las ecuaciones diferenciales fraccionarias se resolvieron utilizando la definición de Grünwald-Letnikov. Finalmente, los resultados de

<sup>1</sup>UANL, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Av Pedro de Alba S/N, Cd. Universitaria, CP 66455, San Nicolás de los Garza, NL.

la simulación muestran que el FPGA proporciona realizaciones de alta velocidad con la precisión deseada y demuestra la efectividad de las redes complejas propuestas.

*Capítulo 4*

*Una clase de sistemas  
complejos sin puntos de  
equilibrio con control  
paramétrico*

**Rodolfo de Jesús Escalante González,**<sup>1</sup>

En los últimos años, el estudio de sistemas con atractores ocultos se ha hecho popular debido a la dinámica compleja que exhiben. En particular, los sistemas multiestables con al menos un atractor oculto suelen ser difíciles de analizar. Actualmente, existen en la literatura varios sistemas multiestables que presentan tanto atractores auto-excitados como ocultos. Sin embargo, los sistemas multiestables sin puntos de equilibrio y con múltiples atractores caóticos son bastante raros. En este trabajo reportamos una clase de sistemas lineales por partes (PWL) sin puntos de equilibrio que presenta monoestabilidad, biestabilidad y multiestabilidad a través de un sólo parámetro de control. Un caso particular es estudiado y caracterizado mediante el máximo exponente de Lyapunov para diferentes valores del parámetro de control.

<sup>1</sup>IPICYT, División de Matemáticas Aplicadas, Camino a la Presa de San José 2055, Lomas 4ta Secc, CP 78216, San Luis Potosí, SLP.

*Capítulo 5*

*Evaluación de un  
esquema de imágenes  
cifradas visualmente  
significativas*

## José Salomé Murguía Ibarra, <sup>1</sup>

En los últimos años, el estudio de sistemas con atractores ocultos se ha hecho popular debido a la dinámica compleja que exhiben. En particular, los sistemas multiestables con al menos un atractor oculto suelen ser difíciles de analizar. Actualmente, existen en la literatura varios sistemas multiestables que presentan tanto atractores auto-excitados como ocultos. Sin embargo, los sistemas multiestables sin puntos de equilibrio y con múltiples atractores caóticos son bastante raros. En este trabajo reportamos una clase de sistemas lineales por partes (PWL) sin puntos de equilibrio que presenta monoestabilidad, biestabilidad y multiestabilidad a través de un sólo parámetro de control. Un caso particular es estudiado y caracterizado mediante el máximo exponente de Lyapunov para diferentes valores del parámetro de control.

<sup>1</sup>UASLP, Facultad de Ciencias, Laboratorio Nacional CI3M-UASLP, Av. Chapultepec 1570, Privadas del Pedregal. CP 78295, San Luis Potosí, SLP.

*Capítulo 6*

*Atractores con un gran  
número de enroscados:  
Una nueva  
aproximación para su  
generación*

## **José Luis Echenausía-Monroy, <sup>1</sup>**

La generación de atractores con múltiples enroscados ha sido tema de investigación científica desde los orígenes de los sistemas multiscroll, hace casi tres décadas. La obtención de sistemas con relativa simplicidad de implementación, así como un control en la generación de atractores con un gran número de enroscados, también ha sido tema de investigación, brindando algunas aproximaciones que resuelven la generación de atractores con un gran número de enroscados, pero conllevan tareas de programación exhaustiva, dificultando sus implementaciones. Los resultados aquí mostrados proponen una nueva aproximación para la generación de atractores con un gran número de enroscados, el cual conlleva una implementación numérica simple, una cuenca de atracción lo suficientemente grande como para poder analizar cualquier parámetro de control, así como

<sup>1</sup>UDG, Laboratorio de Sistemas Dinámicos, Centro Universitario de los Lagos, Enrique Díaz de León 1144, Paseos de la Montaña, CP 47460, Lagos de Moreno, Jalisco.

una ley de control en la generación de enroscados capaz de estimar el tiempo necesario para la reproducción de la dinámica deseada. El modelo generador de un gran número de enroscados, así como su ley de control, son aplicables en la generación de sistemas de comunicación segura, generadores de números pseudo-aleatorios, motores con torque variable, sistemas neuronales, entre otros.

*Capítulo 7*

*Osciladores caóticos  
para encriptado de  
información en el  
Internet de las Cosas*

**Omar Guillén Fernández,**<sup>1</sup>

Se presenta la implementación de osciladores caóticos en el sistema embebido conocido como Raspberry Pi. Se describe la programación de distintos osciladores caóticos en Python y se detalla la conexión a la nube aplicando el protocolo MQTT en una topología machine-2-machine. La información que se recibe en un Raspberry Pi que se etiqueta como transmisor, publica información en la nube, ésta información es encriptada usando los números aleatorios generados por un oscilador caótico cuyas características de comportamiento son enviadas también a la nube. Otro sistema etiquetado como receptor, es implementado en otro Raspberry Pi, el cual se suscribe a la nube con el protocolo MQTT y contiene a otro oscilador caótico que espera la llave para poder descryptar la información que recibe de la nube. Se presenta la comparación de varios osciladores caóticos y sus variables de estado para encriptar imágenes, las métricas de

<sup>1</sup>INAOE, A. C., Luis Enrique Erro No. 1, Sta. Ma. Tonantzintla, CP 72840, San Andrés Cholula, Puebla.

referencia son la evaluación de los exponentes de Lyapunov y la dimensión Kaplan-Yorke. Se detalla el proceso completo de transmisión-encryptado-recepción aplicando el protocolo MQTT en el Internet de las Cosas.

*Capítulo 8*

*Diseño electrónico de  
sistemas caóticos para  
el estudio de percepción  
y caracterización de  
EEG*

**Luis Javier Ontañón García Pimentel,**<sup>1</sup>

El cerebro, se considera como un sistema complejo que es capaz de procesar la información que nos rodea y diferenciar entre los datos que se presentan. Esto último no siempre es el caso para nuestra percepción, ya que, en determinadas circunstancias físicas o emocionales, lo percibido no empata con la información real. Este es el caso de las señales acústicas, las cuales a nuestra simple percepción no se puede distinguir entre periódico, ruido y caótico. Sin embargo, el comportamiento que ellas generan a nuestras ondas cerebrales es muy característico y puede ser diferenciado. El propósito de este estudio es diseñar circuitos basados en sistemas caóticos para generar señales acústicas. Estas, servirán como estímulo auditivo en conjunto con señales periódicas y ruido, de forma que un análisis EEG pretende diferenciar entre ellas.

<sup>1</sup>UASLP, Coordinación Académica Región Altiplano Oeste, Kilómetro 1 carretera a Santo Domingo, CP 78620, Salinas de Hidalgo, SLP.

*Capítulo 9*

*Sincronización en redes  
con acoplamientos  
dinámicos*

## **Juan Gonzalo Barajas Ramírez,<sup>1</sup>**

En esta plática se discute la generalización del esquema maestro-esclavo conectados mediante enlaces dinámicos. Esta conexión está inspirada en el acoplamiento del experimento de sincronización propuesto por Huygens en el siglo XVII. En términos generales, se trata de una conexión cuya dinámica es similar a la dinámica de un sistema de masa-resorte-amortiguador. Cuando esta dinámica adicional es considerada en el arreglo de sincronización se puede demostrar que la sincronización maestro-esclavo se logra aunque cuando la conexión estática no logra que estos sistemas se sincronicen. Partiendo de esta premisa, proponemos una forma de construir una red dinámica con conexiones bidireccionales dinámicas. Para determinar la estabilidad del estado sincronizado de este tipo de redes se analiza la dinámica del error extendido de sincronización. En este trabajo se

<sup>1</sup>IPICYT, División de Matemáticas Aplicadas, Camino a la Presa de San José 2055, Lomas 4ta Secc, CP 78216, San Luis Potosí, SLP.

presenta una prueba de estabilidad basa en el análisis de Lyapunov.

*Capítulo 10*

*Eventos Raros en la  
Dinámica de Láseres  
Acoplados*

**Carlos L. Pando Lambruschini,** <sup>1</sup>

Se estudia un sistema óptico que consta de dos osciladores láser acoplados, cada uno de los cuales muestra oscilaciones de modo mixto y caos cuando están desacoplados. El tipo de acoplamiento, que es una interacción óptica incoherente (unidireccional o bidireccional), es un ejemplo de acoplamiento inhibitorio no lineal, y se observa con frecuencia en redes de neuronas. Se efectuaron análisis de bifurcación y simulaciones numéricas para mostrar que, para un acoplamiento lo suficientemente pequeño, la aparición de ciertas resonancias en una configuración simétrica induce un tipo de eventos raros caracterizados por una amplitud muy pequeña. Para la configuración asimétrica, se observaron eventos extremos raros (extreme value rare events, Rogue Waves), que ocurren cerca de una bifurcación de Hopf en fase. En ambas configuraciones, la tasa de estos even-

<sup>1</sup>BUAP, Instituto de Física *Ing. Luis Rivera Terrazas* Av. San Claudio y Blvd. 18 Sur, Col. San Manuel Edificios IF1, IF2, IF3 y EMA1, Ciudad Universitaria, CP 72570, Puebla, Pue.

tos raros se puede ajustar cambiando los parámetros físicamente relevantes.

*Capítulo 11*

*Aplicación del mapeo  
logístico en la  
criptografía*

## **Bahia Betzavet Cassal Quiroga, <sup>1</sup>**

El caos es una rama del campo de la dinámica no lineal ampliamente estudiada, encontrando un sin número de aplicaciones en diferentes áreas. La aplicación del caos en la criptografía ha sido utilizada para diseñar comunicaciones seguras ya que existe una estrecha relación entre las propiedades de cada área. Esta estrecha relación ha generado interés en la construcción de algoritmos de cajas de sustitución basadas en series de tiempo de un sistema dinámico discreto con comportamiento caótico. En este trabajo los elementos de una caja de sustitución de  $n \times n$  -bits están dados por secuencias binarias generadas por series de tiempo con distribución uniforme. Las series temporales con distribución uniforme se generan a través de dos series caóticas con retardo del mapeo logístico. El objetivo de usar estas dos series con retardo es ocultar el mapeo utilizado, evitar la distribución

<sup>1</sup>IPICYT, División de Matemáticas Aplicadas, Camino a la Presa de San José 2055, Lomas 4ta Secc, CP 78216, San Luis Potosí, SLP.

en forma de U del mapa logístico y la obtención de elementos en la caja de sustitución no correlacionados. El algoritmo garantiza que la generación de las cajas de sustitución, que son el componente principal en el cifrado de bloques, cumplan con los estrictos criterios de una buena caja de sustitución: biyectividad; no linealidad; criterio estricto de avalancha; bits de salida criterio de independencia; criterio de distribución equiparable de entrada/salida XOR y; Probabilidad lineal máxima esperada.

*Capítulo 12*

*Factorización del  
oscilador cuántico  
fraccionario*

**Haret-Codratian Rosu Barbus, <sup>1</sup>**

Se presenta brevemente el método de factorización para el oscilador armónico cuántico y se desarrolla el mismo método en el caso de la ecuación de Schrödinger correspondiente con derivadas fraccionarias.

<sup>1</sup>IPICYT, División de Matemáticas Aplicadas, Camino a la Presa de San José 2055, Lomas 4ta Secc, CP 78216, San Luis Potosí, SLP.

*Capítulo 13*

*Cifrado de imágenes  
por medio de mapeos  
multi-modales*

**Moisés García Martínez, <sup>1</sup>**

La seguridad de la información digital cada vez tiene más importancia en nuestro día a día, debido al creciente uso de dispositivos móviles y de wearables entre otros como el internet de las cosas, además del incremento de operaciones realizadas a través de internet. Esto representa un gran reto ya que, para lograr la confidencialidad, integridad y autenticación es necesario el uso de mecanismos especializados, una forma de proporcionar estos servicios es por medio de la criptografía, sin embargo, la creciente demanda requiere de nuevos algoritmos que sean más rápidos y a su vez más seguros. Una opción para lograr estos objetivos es la criptografía basada en sistemas caóticos. En este trabajo se presenta una propuesta de cifrado en flujo de imágenes basada en sistemas dinámicos de tiempo discreto con comportamiento caótico, cabe señalar que los sistemas dinámicos propuestos a diferencia del mapeo logístico y casa

<sup>1</sup>ITESM, Campus San Luis Potosí, Av. Eugenio Garza Sada 300, Lomas del Tecnológico, CP 78211, San Luis Potosí, SLP

de campaña son multi-modales, Posteriormente se analizan las similitudes y diferencias que se encuentran en estas dos áreas, dando lugar a la criptografía caótica, la cual ha sido objeto de estudio por diversos grupos de investigación en los últimos años.

*Capítulo 14*

*Análisis estático de  
dinámica simbólica en  
osciladores caóticos con  
acoplamiento débil*

## Guillermo Huerta Cuéllar, <sup>1</sup>

La diferencia entre las fases de los osciladores caóticos débilmente acoplados fluctúa alrededor de su valor promedio similar a una caminata aleatoria. Para una fuerza de acoplamiento muy débil, la diferencia de fase tiene las mismas propiedades estocásticas que un movimiento browniano caracterizado por un exponente de escala  $-2$  en su espectro de potencia, y para un acoplamiento más fuerte se comporta como un ruido rosa con una ley de potencia cercana a  $-1$ . Los métodos ordinarios para análisis estocástico basados en el espectro de Fourier y el análisis de fluctuación de tendencia (DFA) no pueden distinguir el determinismo de la serie temporal de esta deriva de fase. Sin embargo, el determinismo puede revelarse mediante el método de simbolización de patrones ordinales que permite encontrar patrones prohibidos en las series de tiempo. La eficacia de este enfoque se demues-

<sup>1</sup>UDG, Laboratorio de Sistemas Dinámicos, Centro Universitario de los Lagos, Enrique Díaz de León 1144, Paseos de la Montaña, CP 47460, Lagos de Moreno, Jalisco.

tra con el movimiento browniano, donde también se detectan patrones que no ocurren. La robustez del método al ruido se demuestra con osciladores Rössler acoplados. Las propiedades estocásticas de las fluctuaciones de fase pueden ser prometedoras para la criptografía y la comunicación segura utilizando sistemas caóticos.

*Capítulo 15*

*Sistemas Dinámicos  
caóticos basados en  
sistemas lineales por  
partes con  
comportamiento  
multiestable*

## **Héctor Eduardo Gilardi Velázquez,<sup>1</sup>**

El estudio de sistemas complejos ha sido un área muy estudiada en las últimas décadas, siendo el diseño de sistemas caóticos de gran interés para la comunidad científica. La principal propiedad de los sistemas dinámicos caóticos es que las soluciones de ecuaciones deterministas son impredecibles a largo plazo, así como la sensibilidad en las condiciones iniciales. Esta importante característica ha sido relacionada con la coexistencia de múltiples estados estables finales. La dinámica que generan los sistemas caóticos multiestables reside en una gran variedad de fenómenos tales como: sincronización, redes complejas, clima, etc. y aplicaciones en sistemas de comunicación, criptografía, etc. Para este trabajo, se aprovechan las propiedades de los sistemas dinámicos híbridos tales como los sistemas lineales conmutados, así como la teoría de Sistemas Disipativos Inestables (UDS), para el diseño, estudio y análisis de sistemas no li-

<sup>1</sup>UASLP, Facultad de Ciencias, Av. Chapultepec 1570, Privadas del Pedregal. CP 78295, San Luis Potosí, SLP.

neales caóticos capaces de producir comportamiento multiestable.

*Capítulo 16*

# *Diseño de Circuitos en Superficies*

**Isaac Campos Cantón,<sup>1</sup>**

En este trabajo se aborda una metodología de diseño usando superficies de dos variables  $U_1$  y  $U_2$ , que impacta en la construcción de circuitos digitales. Ello permite utilizar valores propios que establezcan el sistema, además de lograr definir la ruta hacia un sitio deseado. Como ejemplo de diseño se utilizan valores discretos  $\{0, 1\}$  para las variables de entrada, lo cual permite generar las 16 funciones lógicas con dos entradas.

<sup>1</sup>UASLP, Facultad de Ciencias, Av. Chapultepec 1570, Privadas del Pedregal. CP 78295, San Luis Potosí, SLP.

*Capítulo 17*

# *Leyes de conservación y el teorema de Noether*

**Luis Armando Gallegos Infante,<sup>1</sup>**

Se describe la gran importancia del Teorema de Noether, propuesto apenas en el siglo XX y que pone de manifiesto la relación que hay entre la simetría de un sistema y la cantidad que da lugar a la correspondiente ley de conservación. Se discuten algunos ejemplos sencillos, aplicaciones en física moderna y trabajo reciente.

<sup>1</sup>UDG, Centro Universitario de los Lagos, Enrique Díaz de León 1144, Paseos de la Montaña, CP 47460, Lagos de Moreno, Jalisco.

*Capítulo 18*

*Sincronización de  
sistemas complejos  
usando control:  
Algunos métodos e  
implementaciones  
electrónicas*

**Didier López Mancilla, <sup>1</sup>**

Este tema se enfoca en repasar algunos métodos de sincronización usando control automático. Algunas de las técnicas que se verán incluyen la sincronización de sistemas caóticos usando observadores de estados y formas Hamiltonianas, usando la técnica de Acoplamiento a Modelos y control por modos deslizantes. Una de estas técnicas combina el control por Acoplamiento a Modelos con formas Hamiltonianas, lo que permite que el cálculo de la ley de control sea menos complejo y esta tenga menos términos, lo que puede verse como una forma de optimización de la ley de control. Finalmente, se abordarán algunos casos de implementaciones electrónicas, sus limitaciones y retos por realizar.

<sup>1</sup>UDG, Centro Universitario de los Lagos, Enrique Díaz de León 1144, Paseos de la Montaña, CP 47460, Lagos de Moreno, Jalisco.

*Capítulo 19*

*Análisis del fenómeno  
de sincronización por  
medio de dinámica  
simbólica*

**Eric Campos Cantón,<sup>1</sup>**

Existen diferentes modos de sincronización dados por la interacción de dos o más sistemas. En este trabajo se presentan resultados de sincronización multivaluada generada por medio de un par acoplado de osciladores caóticos en configuración maestro-esclavo. Los osciladores caóticos son construidos con sistemas lineales por parte (PWL por su sigla en inglés de PieceWise Linear) y despliegan múltiples enroscados o rollos. Dichos osciladores caóticos en su origen fueron generados a partir de órbitas heteroclínicas y posteriormente fueron rotas al rotar el plano de conmutación entre dos átomos contiguos que conforman elementos de una partición del espacio donde son definidos los sistemas PWL. La sincronización multivaluada aparece debido a la presencia de diferentes cuencas de atracción cuando el sistema maestro y el sistema esclavo presentan diferente número de en-

<sup>1</sup>IPICYT, División de Matemáticas Aplicadas, Camino a la Presa de San José 2055, Lomas 4ta Secc, CP 78216, San Luis Potosí, SLP

roscados que hacen que el sistema sea multiestable. Por medio de dinámica simbólica es posible estudiar el fenómeno de sincronización multivaluada.

## *Parte II*

# *SESIÓN DE PÓSTERS*

*Capítulo 20*

*Obtención de Curvas  
de Bézier racionales de  
n-ésimo grado; una  
aproximación por  
interpolación y  
regresión polinómica*

**Bárceñas Castro Mayra Angélica**, Almazán Cuellar Saúl, González Fernández José Vulfrano, Flores García Efrén, Díaz de León Zapata Ramon <sup>1</sup>

En este trabajo se proponen dos métodos de resolución para obtener geometrías realizadas por Curvas de Bézier racionales; la primera por medio de interpolaciones spline y la segunda con regresión polinómica. Además con las interpolaciones resulta la obtención de puntos de control para la geometría propuesta. Con el primer método se obtuvieron ocho ecuaciones con un coeficiente de determinación cercano o igual a uno, mientras que el segundo se optimizó a dos ecuaciones para generar la misma geometría. Se discuten también posibles aplicaciones en diferentes áreas de la ciencia y la tecnología que encuentren utilidad en los métodos propuestos.

<sup>1</sup>ITSLP, Tecnológico S/N, UPA, Ponciano Arriaga, CP 78437 Soledad de Graciano Sánchez, SLP

*Capítulo 21*

*La diabetes tipo 1 y el  
páncreas artificial  
desde el punto de vista  
de sistemas complejos*

**Juan Onofre Orozco López,<sup>1</sup>**

La confluencia de múltiples procesos cuyas interrelaciones constituyen la estructura de un sistema que funciona como una totalidad organizada, es a lo que se ha denominado como sistema complejo. La interdisciplinariedad que abarca el estudio de sistemas complejos permite estudiar sistemas o problemas que involucran, la tecnología, la organización social, la economía o medios físico-biológicos. La diabetes es una enfermedad compuesta por varias partes interconectadas o entrelazadas cuyos vínculos crean información relevante para su estudio como un sistema complejo. La diabetes es una enfermedad crónica caracterizada por altos niveles de glucosa en sangre (hiperglucemia). La diabetes mellitus tipo 1 (DMT1) ocurre cuando el páncreas no produce insulina, que es la hormona clave de metabolizar los carbohidratos. La respuesta de las células  $\beta$  en una persona sana

<sup>1</sup>UDG, Centro Universitario de los Lagos, Enrique Díaz de León 1144, Paseos de la Montaña, CP 47460, Lagos de Moreno, Jalisco.

se caracteriza por reducir o aumentar la secreción de insulina para igualar concentraciones de glucosa en sangre. Una condición hiperglucémica conduce a daños graves en muchos de los sistemas del cuerpo a medio plazo, especialmente en nervios y vasos sanguíneos, desarrollando retinopatía y nefropatía entre otros. La terapia con insulina ha evolucionado brindando la capacidad de imitar el perfil fisiológico promedio de la secreción de insulina con el objetivo de tratar de regular los niveles de glucosa. La DMT<sub>1</sub> está controlada por terapias basadas en la administración de insulina exógena (3 - 5 veces por día). Hoy en día, el uso de bombas de insulina hace posible la terapia CSII (Subcutánea continua Infusión de insulina). CSII hace que el tratamiento sea menos invasivo, reduce el dolor asociado con el tratamiento convencional de la enfermedad y puede mejorar la calidad de vida del paciente. La integración de sensores de glucosa, bombas de infusión de insulina y algoritmos de control es lo que se denomina páncreas artificial. El diseño de los algoritmos de control es un área bajo amplia investigación, que no es sencillo de

resolver por las complejas complicaciones del sistema glucosa-insulina. Existen diversos modelos matemáticos que modelan el sistema glucosa-insulina, intentando describir las relaciones de distintos subsistemas que desempeñan funciones variadas que no pueden ser analizadas de forma independiente. El diseño de varios algoritmos de control requiere la disponibilidad de las variables de estado con que se modela el sistema dinámico, en este caso el sistema glucosa-insulina. Para el control de este sistema solo es posible conocer o medir dos variables que son la concentración de glucosa y las dosis de insulina; por lo que es necesario utilizar algún método matemático que estime la dinámica de las variables no medibles. Las variables se estiman mediante el procesamiento computacional de los datos que corresponde a la insulina (entrada) y glucosa (salida) de pacientes con DMT<sub>1</sub>. Las variables deben acoplar su dinámica y describir en lo posible la dinámica real del paciente con DMT<sub>1</sub>, con lo que sería posible desarrollar el páncreas artificial. El acoplamiento de los distintos subsistemas biológicos del paciente con subsistemas

tecnológicos es en sí un sistema complejo donde todo debe operar con un único propósito regular los niveles de glucosa en el paciente con DMT<sub>1</sub>.

*Capítulo 22*

*Aspectos caóticos de  
una clase de mapeos  
discretos sin puntos  
fijos*

**Claudio García Grimaldo, <sup>1</sup>**

En este trabajo se presentan mapeos discretos que tienen la particularidad de no presentar puntos fijos y que son definidos por mapeos lineales por partes. Se exhiben las condiciones que deben tener para que se consiga obtener tal particularidad. Además se hace un análisis a través de los exponentes de Lyapunov para determinar caos para ciertos valores de los parámetros. Finalmente se toma un mapeo lineal por partes y sin puntos fijos con valores particulares y se demuestra la existencia de caos en el sentido de Devaney.

<sup>1</sup>IPICYT, División de Matemáticas Aplicadas, Camino a la Presa de San José 2055, Lomas 4ta Secc, CP 78216, San Luis Potosí, SLP.

*Capítulo 23*

*Sistema de medición y  
notificación de la  
calidad de la energía  
eléctrica*

**Irwin A. Díaz Díaz**, Martín Rodríguez Licea, Eber Avila Martínez <sup>1</sup>

La energía eléctrica es esencial para el funcionamiento de los procesos de producción industrial, el uso comercial, el transporte y para satisfacer nuestras comodidades personales. Durante las dos últimas décadas, el desarrollo de la electrónica de potencia y el uso de cargas no lineales conectadas a la red eléctrica ha incrementado los problemas en la calidad de la energía eléctrica en todo el mundo. En este trabajo se presenta el desarrollo de un medidor de la energía eléctrica de bajo costo. El sistema es versátil y permite la medición, el despliegado y almacenamiento de la corriente, el voltaje, la potencia activa, reactiva y aparente, los armónicos de corriente y voltaje (hasta el 63), la THD de corriente y voltaje, así como el factor de potencia. Los datos adquiridos se pueden almacenar para propósitos de post análisis o recons-

<sup>1</sup>IPICYT, División de Matemáticas Aplicadas, Camino a la Presa de San José 2055, Lomas 4ta Secc, CP 78216, San Luis Potosí, SLP.

trucción de la forma de onda de voltaje, corriente, potencia activa, reactiva y aparente de sistemas monofásicos y trifásicos. Todos estos datos se pueden compartir en tiempo real, in situ o remotamente, mediante una aplicación web las variables medidas y calculadas. Las funcionalidades del sistema pueden ser mejoradas, adaptadas y/o escaladas dependiendo de las necesidades del cliente, o con fines de educación, investigación o comercialización. Por otro lado, el sistema desarrollado puede ser usado como una poderosa herramienta didáctica para estudiantes e ingenieros. También, puede ser extendida a otras aplicaciones de instrumentación y medición tales como: el monitoreo de sistemas de potencia fotovoltaicos, baterías o celdas de combustible.

*Capítulo 24*

*Familia de atractores  
biestables contenidos  
en un Sistema  
disipativo inestable  
asociado a una SNLF*

**José Luis Echenausía-Monroy** y Guillermo Huerta Cuéllar, <sup>1</sup>

Este trabajo presenta un sistema generador de múltiples enroscados, que aborda el problema mediante la implementación de una función no lineal saturada (SNLF) de 9 niveles, la cual se modifica con un nuevo parámetro de control que actúa como un parámetro de bifurcación. Debido a la modificación del nuevo parámetro introducido, es posible controlar el número de enroscados a generar. El sistema propuesto tiene una dinámica más rica que la original, no solo presentando la generación de un atractor global; es capaz de generar multi-enroscados monostables y biestables. El estudio de la cuenca de atracción para la generación de atractores naturales (9-enroscados, SNLF) muestra las restricciones en el espacio de condiciones iniciales donde el sistema es capaz de presentar respuestas dinámicas, limitando sus posibles

<sup>1</sup>UDG, Laboratorio de Sistemas Dinámicos, Centro Universitario de los Lagos, Enrique Díaz de León 1144, Paseos de la Montaña, CP 47460, Lagos de Moreno, Jalisco.

implementaciones electrónicas.

*Capítulo 25*

*Dispositivo para la  
manipulación axial de  
compuestos de  
microfluidos*

Luis Pablo Razo Infantea, **Irwin A. Díaz Díaza**,  
José Luis Rodríguez López <sup>1</sup>

El análisis de compuestos y otros agentes microfluidicos juega un papel importante en el diagnóstico de enfermedades. Tradicionalmente, estos análisis son llevados a cabo en un laboratorio, por lo que se requiere mucho tiempo en el manejo de instrumentos manuales y sofisticado equipamiento. Recientemente surgió una forma de manipulación de microfluidos para superar estas limitaciones, la idea se basa en crear chips de laboratorio miniaturizados y automatizados (DMC del inglés Digital Microfluidic Chips) que permitan el movimiento de compuestos electro-líticos en gotas del orden de micro litros. Esta innovación parte de dividir los dispositivos en celdas individuales y hacer depósitos de muestras en cada una de ellas, sometiénolas a diferentes voltajes y frecuencias creando un efecto de campo eléctrico que

<sup>1</sup>IPICYT, División de Matemáticas Aplicadas, Camino a la Presa de San José 2055, Lomas 4ta Secc, CP 78216, San Luis Potosí, SLP.

permita controlar, individual e independientemente el movimiento de las muestras (gotas) con mayor flexibilidad. En este trabajo se presenta un dispositivo para la manipulación axial de microfluidos. La arquitectura del dispositivo comprende un arreglo de electrodos cubiertos por una capa dieléctrica y una hidrofóbica. Los electrodos permiten la creación de un campo eléctrico mediante diferencias de potencial eléctrico (0 – 200 V y 0 – 500 V). El movimiento de las gotas se da energizando los electrodos por medio de la conmutación de los MOSFET tipo n con variaciones de frecuencia de 10 Hz hasta los 18 kHz. Este dispositivo es el principio de un biosensor que se pretende desarrollar; además del movimiento de las gotas, es necesario mezclarlas con otros componentes químicos, someterlas a diferentes temperaturas y por último separarlas, para así finalizar el proceso de detección del virus del papiloma humano.

*Capítulo 26*

*Diseño de un sistema  
fotovoltaico de dos ejes*

Luis Pablo Razo Infante, **Irwin A. Díaz Díaz** y Eric Campos Cantón,<sup>1</sup>

En México se producen 259 TWh; aproximadamente el 77 % de la energía generada proviene de la quema de combustibles fósiles (fuentes de energía no renovable) generando un gran impacto en la contaminación ambiental. En este trabajo se presenta el diseño de un seguidor solar de dos ejes para un panel fotovoltaico de 265 W. Para lo anterior, se realiza una comparativa entre la energía que puede generarse respecto las cifras del gasto en kWh proporcionadas por Comisión Federal de Electricidad. El diseño propuesto se basa en un seguidor de tipo poste porque permite tener un giro este-oeste (proporciona el seguimiento solar por día) y una inclinación norte-sur (propicia un seguimiento solar anual). Por lo tanto, se tiene un porcentaje de eficiencia entre el 28 y el 40 % con respecto de la captación solar con paneles fijos. El

<sup>1</sup>IPICYT, División de Matemáticas Aplicadas, Camino a la Presa de San José 2055, Lomas 4ta Secc, CP 78216, San Luis Potosí, SLP.

seguidor cuenta con un mecanismo que posee un movimiento de este a oeste en  $180^\circ$  y una elevación de  $45^\circ$  para determinar de manera teórica el movimiento que debe seguir. Además, se calcula la generación posible con un panel fotovoltaico considerando un seguimiento solar de 8 horas y una irradiación de  $1000\text{W}/\text{m}^2$ .

*Capítulo 27*

*Sistemas  
cristalográficos basados  
en caos*

## **Bahia Betzavet Cassal Quiroga, <sup>1</sup>**

En este trabajo se presenta la utilidad de los sistemas dinámicos caóticos para la generación de sistemas criptográficos, basados en la relación que existe entre las características que debe de tener un algoritmo criptográfico y propiedades de los sistemas caóticos. También presentamos como los sistemas dinámicos caóticos pueden ser aplicados para construir algoritmos que generen secuencias pseudo aleatorias criptográficamente seguras, las cuales son utilizadas en cifrados en flujo. Este tipo de cifrado consiste en la operación bit a bit entre el mensaje a cifrar y la secuencia pseudo aleatoria. A su vez, este tipo de sistemas dinámicos, pueden ser utilizados para la construcción de algoritmos que generen cajas de sustitución útiles para cifrados en bloques. En este caso la principal componente de estos algoritmos son las cajas de sustitución las cuales, a diferencia de los

<sup>1</sup>IPICYT, División de Matemáticas Aplicadas, Camino a la Presa de San José 2055, Lomas 4ta Secc, CP 78216, San Luis Potosí, SLP.

cifrados en flujo, son utilizadas para reemplazar en bloques de  $n$  bits el mensaje a cifrar.