

# Contribuciones a la Transformación de la Docencia Universitaria

El Proyecto Innova Cesal en la Universidad de Costa Rica

Javier Trejos Zelaya  
Editor



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



innova**CESAL**



Proyecto cofinanciado  
por la Unión Europea



UNIVERSIDAD VERACRUZANA

Proyecto coordinado por  
la Universidad Veracruzana,  
México

# Contribuciones a la Transformación de la Docencia Universitaria

El Proyecto Innova Cesal en la  
Universidad de Costa Rica

Javier Trejos Zelaya  
*Editor*



# Contribuciones a la Transformación de la Docencia Universitaria

## Proyecto Innova Cesal en la Universidad de Costa Rica

---

Javier Trejos Zelaya, *Editor*



Proyecto cofinanciado  
por la Unión Europea



Universidad Veracruzana

Proyecto coordinado  
por la Universidad Veracruzana,  
México



«La presente publicación ha sido elaborada con la asistencia de la Unión Europea. El contenido de la misma es responsabilidad exclusiva de los autores y en ningún caso refleja los puntos de vista de la Unión Europea».



Esta obra está bajo la licencia de Reconocimiento-No comercial – Sin trabajos derivados 2.5 de Creative Commons. Puede copiarla, distribuirla y comunicarla públicamente, siempre que indique su autor y la cita bibliográfica; no la utilice para fines comerciales; y no haga con ella obra derivada.

**Editorial de la Universidad de Costa Rica**  
Código Postal 2060  
Ciudad Universitaria Rodrigo Facio  
San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica

378

T Trejos Zelaya, Javier, 1961--

Contribuciones a la Transformación / Javier Trejos Zelaya.

--ed.- San José, C.R. : Editorial de la Universidad de  
Costa Rica

2012.

viii, 320 p.

ISBN FALTA

1. PENSAMIENTO COMPLEJO. 2. USO DE TIC

I. Título

SIBDI, UCR



**Editorial de la Universidad de Costa Rica**  
*SIBDI*

Código Postal 2060  
Ciudad Universitaria Rodrigo Facio  
San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica

---

## Contenido

<b>1 Introducción – El proyecto INNOVA–CESAL</b>	
<i>Javier Trejos</i> .....	1

---

### Parte I. Desarrollo del Pensamiento Complejo

---

<b>2 Estrategia de Intervención en Procesos de Aprendizaje. Incorporación de Estrategias Docentes y TIC en el Aula: Introducción a la Historia</b>	
<i>Francisco Enríquez Solano, Jorge Barrientos Valverde</i> .....	7

<b>3 Estrategia para Promover una Mayor Humanización en el Proceso Enseñanza–Aprendizaje en la Formación de Administradores</b>	
<i>Isabel Cristina Arroyo Venegas</i> .....	15

<b>4 La fotografía como Herramienta para la Sensibilización Artística. Estrategia para el Desarrollo del Pensamiento Complejo</b>	
<i>Xiomara Zúñiga Salas</i> .....	39

<b>5 Estrategias para el Desarrollo de Competencias y Pensamiento Complejo en el Aula: Grupo de Ingeniería. Experiencia en el Curso IS-1009 Sistemas en Tiempo Discreto</b>	
<i>Ismael Mazón González</i> .....	67

<b>6 La Articulación Pensamiento Complejo, Docencia e Investigación en el Internado Rotatorio en Salud Familiar y Comunitaria</b>	
<i>Gabriela Murillo Sancho</i> .....	75
<b>7 Fomento del Pensamiento Complejo para el Desarrollo de Competencias Profesionales en un Curso de Estadística Actuarial</b>	
<i>Javier Trejos Zelaya</i> .....	99
<b>8 Propuesta para la Enseñanza del Cálculo Utilizando las TIC como Recurso Didáctico en el Curso MA-1210</b>	
<i>Yendry Arguedas Flatts, Marvin Coto Jiménez, Javier Trejos Zelaya</i> .....	119
<hr/>	
<b>Parte II. Uso de las TIC en el Aula</b>	
<hr/>	
<b>9 Incorporación de TIC en el Aula: Historia Local</b>	
<i>Francisco Enríquez Solano</i> .....	145
<b>10 Uso de Tecnologías de Información y Comunicación en Cursos de Matemática: Estadística Actuarial</b>	
<i>Javier Trejos Zelaya</i> .....	149
<b>11 Uso de Tecnologías de Información y Comunicación en Cursos de Matemática: Cálculo Diferencial e Integral</b>	
<i>Marvin Coto Jiménez, Javier Trejos Zelaya, Yendry Arguedas Flatts</i> .....	153
<hr/>	
<b>Parte III. Vinculación Docencia–Investigación</b>	
<hr/>	
<b>12 La Vinculación de la Docencia con la Investigación por Medio del Uso de la Fotografía en un Curso de Historia Local</b>	
<i>Francisco Enríquez Solano</i> .....	161
<b>13 Estrategia para Promover la Investigación y la Innovación en el Proceso Enseñanza–Aprendizaje en la Formación de Administradores</b>	
<i>Isabel Cristina Arroyo Venegas</i> .....	167

<b>14 Estrategia para Fortalecer Procesos de Investigación Académica en el Aula</b>	
<i>Xiomara Zúñiga Salas</i> .....	185
<b>15 Propuesta de Desarrollo de Habilidades Básicas de Investigación</b>	
<i>Ismael Mazón González</i> .....	203
<b>16 Desarrollo de Competencias por Medio de Elementos de Investigación: Experiencia en un Laboratorio de Química Industrial</b>	
<i>Francisco Javier Quesada E.</i> .....	209
<b>17 Introducción de Elementos de Investigación en un Curso de Estadística Actuarial</b>	
<i>Javier Trejos Zelaya</i> .....	227
<hr/>	
<b>Parte IV. Evaluación de los Aprendizajes</b>	
<hr/>	
<b>18 Evaluación de la Estrategia Educativa del Vínculo Innovación–Docencia–Investigación en la Asignatura de Historia Local y el Uso de la Fotografía</b>	
<i>Francisco Enríquez Solano</i> .....	237
<b>19 Estrategia para la Implementación de Prácticas Alternativas de Evaluación</b>	
<i>Xiomara Zúñiga Salas</i> .....	247
<b>20 Aproximación a la Evaluación de Competencias en un Laboratorio de Química Industrial</b>	
<i>Francisco Javier Quesada E.</i> .....	263
<b>21 El Internado Rotatorio en Salud Familiar y Comunitaria, su Evaluación desde Competencias</b>	
<i>Gabriela Murillo Sancho</i> .....	273

**22 Evaluación en Diversas Experiencias Educativas en  
Matemática**

*Javier Trejos Zelaya, Yendry Arguedas Flatts, Marvin Coto Jiménez* . . . . . 289

---

**Parte V. Formación de Formadores**

---

**23 Docencia Universitaria en el Siglo XXI — Universidad de  
Costa Rica**

*Libia Herrero Uribe, Eleonora Badilla Saxe* . . . . . 311

**Indice Alfabético** . . . . . 319

## Estrategias para el Desarrollo de Competencias y Pensamiento Complejo en el Aula: Grupo de Ingeniería. Experiencia en el Curso IS-1009 Sistemas en Tiempo Discreto

Ismael Mazón González

Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica.  
E-Mail: imazon@cu.ucr.ac.cr

**Resumen.** En este curso se desarrollan actividades que procuran desarrollar en los estudiantes habilidades de trabajo en grupo, aprendizaje por si mismos y presentación oral de resultados. Los estudiantes deben integrar conceptos previos de cursos de control automático, matemáticas, análisis de sistemas y programación a los nuevos conceptos de sistemas muestreados adquiridos en este curso. En las prácticas que los estudiantes desarrollan en clase trabajan en grupo. Deben hacer suposiciones, ajustar parámetros y aplicar sus propios criterios para resolver problemas de análisis y diseño de sistemas de control en tiempo discreto. Los estudiantes resuelven un problema en clase durante media hora a cuarenta y cinco minutos. Una vez resuelto un estudiante pasa a resolver el problema en la pizarra. Cada problema intenta ser una experiencia que integre conceptos vistos en esa lección y en lecciones anteriores. La solución del problema puede incluir conceptos estudiado en cursos anteriores. Resulta importante considerar que los desafíos contextuales se convierten en una tarea para las universidades, de tal forma que la educación superior responda a las exigencias de su pertinencia, para ello se requiere otorgar alta importancia al aprendizaje por si mismos y con apoyo de sus pares (6x4, UEALC, 2005) Por otra parte, y en coherencia con el curso objeto de estudio, dentro de los enfoques investigativos Gros nos indica que “el enfoque participativo está centrado en el análisis de las prácticas de los participantes (profesores, estudiantes, etc)” (2007, p.9) Características generales del curso.

**Palabras clave:** aprendizaje; grupos de estudio; control automático.

### 5.1 Contexto

El problema identificado es que se quiere ayudar al desarrollo de habilidades de aprendizaje en grupo y exposición oral de resultados como parte de las actividades del curso. El curso intervenido es IE-1009 *Sistemas en Tiempo Discreto* en el I

ciclo 2010. Se trata de un curso semestral de 16 semanas, de quinto año de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

## 5.2 Introducción

La experiencia se realizó en el curso IE-1009 *Sistemas en Tiempo Discreto* de la Universidad de Costa. El curso consta de 16 semanas y se imparte todos los semestres. Se inscribieron 31 estudiantes y finalizaron el curso 27 estudiantes. Aprobaron el curso 26 estudiantes. Los estudiantes de este curso son de quinto año de la carrera de Ingeniería Eléctrica en la Universidad de Costa Rica. El curso se fundamenta en conceptos adquiridos en varios cursos previos (Matemática Superior, Control Automático, Análisis de Sistemas, Modelado de Sistemas, Laboratorio de Control Automático). En este curso se incorporan nuevos conceptos de muestreo, control muestreado, diseño de controladores digitales, ajuste de controladores y simulación de sistemas en tiempo discreto.

Los estudiantes de este curso son alumnos avanzados de la carrera, que ya poseen competencias para elaborar informes de investigación y que están iniciando su trabajo de investigación de fin de carrera. No obstante es importante continuar enfatizando la necesidad de potenciar la competencia del trabajo en grupo y la presentación de resultados de sus trabajos de investigación. Las actividades del curso son:

- Clases magistrales.
- Solución en grupo de problemas en el aula.
- Tareas (10).
- Trabajos de investigación (3).
- Exámenes parciales (3).

Como parte de las actividades del curso se desea desarrollar experiencias que **les permitan a los estudiantes integrar las competencias previas al curso a las nuevas competencias de una manera progresiva a lo largo del curso.**

### 5.3 Marcos de Referencia

#### 5.3.1 Estrategia de mediación (ejemplos resueltos, demostraciones, ayudas, apoyos, entre otros)

##### *Descripción de la estrategia.*

El profesor expone magistralmente un conjunto de temas. Esta exposición se realiza en el pizarrón en forma tradicional.

Los estudiantes cuentan con la materia impresa y una bibliografía de referencia desde el principio del curso de modo que tienen a mano el material visto a lo largo del curso, el que se verá y referencias en las que puede ampliar la materia.

El profesor presenta un problema escogido que puede incluir conceptos de cursos anteriores y que complementa la materia vista en esta lección con materia previamente vista en el curso.

Los estudiantes forman grupos de no más de cuatro estudiantes por grupo y resuelven el problema durante aproximadamente media hora a cuarenta y cinco minutos.

Los problemas incluyen cálculos, dibujos y criterios propios.

Un estudiante de uno de los grupos expone en la pizarra la solución. Se les pide que expongan con claridad la solución y los demás estudiantes comentan y critican la solución. Si algún estudiante de otro grupo tiene una solución diferente o un método de solución diferente se le motiva a exponerlo.

El profesor actúa como un guía en todo momento, propiciando la discusión y diálogo. Interviene con propuestas en caso necesario, sin embargo la iniciativa la deben tener los estudiantes.

##### *Explicación de la estrategia.*

Se pretende reforzar el conocimiento en los temas de curso mediante un trabajo sistemática y guiado del profesor a los estudiantes. Este trabajo se realiza en el aula. Los estudiantes trabajan en grupo en problemas, escogidos por el profesor, que integran la materia que ha sido impartida previamente, en esa misma clase y en clases anteriores. Los estudiantes tienen el material de clase impreso.

El propósito es que los estudiantes potencien la competencia del trabajo en grupo, de forma que puedan aclarar sus propias dudas en su propio lenguaje, que el profesor actúe como un guía a lo largo de la solución del problema. También se propicia la competencia de exponer en público los resultados, defenderlos y discutirlos y, con base en este proceso, que aprendan satisfactoriamente la materia en cuestión.

*Aprendizajes que se promueven por el uso de este tipo de estrategias.*

- Conocimientos en los temas abordados en el curso, su integración con la temática general y su aplicación a casos particulares de problemas de ingeniería.
- Potencia la competencia de trabajo en grupo.
- Potenciar la competencia de exposición oral, defensa de resultados y diálogo en público.

*Recomendaciones para su uso.*

- Escoger correctamente los problemas a resolverlos de modo que sean experiencias que les permitan a los estudiantes comprender ampliamente la temática vista y que se involucren en el proceso de aprendizaje.
- Motivar a dejar de lado el trabajo individual y que comprendan que el trabajo en grupo es una forma de autoayuda.
- Motivar a los estudiantes a la discusión en público de los resultados obtenidos.
- Llevar el control de los estudiantes que han presentado oralmente los resultados y eliminar la posibilidad de que sean siempre las mismas personas quienes exponen.
- Motivar a los estudiantes tímidos a superar su limitación.

*Limitaciones que presenta.*

- El tiempo es una limitación importante. Debe haber un equilibrio en el tiempo dedicado a la solución de un problema y la necesidad de cubrir apropiadamente la temática del curso. Deben ser experiencias de media hora, máximo cuarenta y cinco minutos, para cursos de cinco horas por semana.
- Hay estudiantes que les da “terror” exponer en público. Debe plantearse una estrategia para ellos con el fin de que superen esta limitación. La mejor forma es impedir la burla, la discusión acalorada y generar un ambiente en el que todos puedan hablar sin limitaciones.

**Experiencia en el curso *Sistemas en Tiempo Discreto IE-1009*.  
Licenciatura en Ingeniería Eléctrica.  
Universidad de Costa Rica.**

Se plantea el siguiente problema: Sobre un sistema con un modelo conocido de la forma:

$$y(k) + 0.6y(k - 1) = u(k - 1) + 0.5u(k - 2)$$

donde  $y(k)$ ,  $u(k)$  son la salida y la entrada en el instante  $k$ , respectivamente. Se aplica una Secuencia pseudo aleatoria binaria de largo 7 y se toman 10 muestras entrada salida. A partir de estas muestras se desea identificar los parámetros de dicho sistema considerando un modelo propuesto de la forma:

$$y(k) + ay(k - 1) = b_0u(k - 1) + b_1u(k - 2)$$

mediante el método de mínimos cuadrados recursivo y luego mediante el método de mínimos cuadrados fuera de línea.

### 5.3.2 Estrategia de diseño y elaboración de proyectos

A lo largo del curso se desarrollan tres proyectos de investigación cuya complejidad va avanzando conforme avanza el curso. El propósito es que los estudiantes resuelvan problemas de control en tiempo discreto haciendo un trabajo de investigación que involucra pruebas, simulaciones, presentación de informe y discusión oral de los resultados.

#### *Descripción de la estrategia.*

Se presenta un problema a resolver que implica completar varias fases.

- El problema es planteado por el profesor y discutido con los estudiantes. Se da un plazo de cuatro semanas para concluir dicho trabajo.
- El problema es abierto, puede ser resuelto mediante diferentes abordajes y los estudiantes deben hacer suposiciones, que deben justificar, sobre la escogencia de algunos parámetros y suposiciones de operación del sistema.
- Debido a que los estudiantes pueden deben decidir, con criterio, sobre el valor de algunos parámetros las soluciones no son únicas.
- Los estudiantes se organizan en grupos de no más de cuatro por grupo y abordan la investigación en grupo.
- Los estudiantes deben hacer una investigación en diferentes fuentes bibliográficas, con el fin de hacer el planteamiento teórico de la solución del problema.
- Una vez hecho el planteamiento teórico deben hacer simulaciones utilizando Simulink® (herramienta de simulación de procesos).

- Deben evaluar y discutir sobre los resultados obtenidos. Estos deben coincidir con lo esperado teórica y empíricamente.
- Una vez solucionado el problema deben elaborar un informe. Este informe deben hacerlo individualmente (no en grupo) y debe tener las siguientes secciones: Introducción, objetivos generales y específicos, planteamiento del problema y metodología de solución, resultados obtenidos y su discusión, conclusiones y recomendaciones, bibliografía.
- Un miembro del grupo debe exponer ante la clase y durante quince minutos los resultados obtenidos por su grupo.

*Explicación de la estrategia.*

Se pretende reforzar el conocimiento en los temas de curso mediante un trabajo sistemático realizado por el estudiante. Este trabajo se realiza fuera del aula. Los estudiantes trabajan en grupo en un problema de investigación, escogidos por el profesor, que integra la materia que ha sido impartida previamente a lo largo del curso y de cursos anteriores. Los estudiantes deben hacer una investigación en diferentes fuentes bibliográficas, deben hacer el planteamiento teórico de la solución del problema, hacer simulaciones y tomar decisiones con base en el resultado obtenido y previo al estudio experimental. El propósito es que los estudiantes potencien la competencia del trabajo en grupo, de forma que puedan aclarar sus propias dudas en su propio lenguaje, que ellos mismos sean sus propios en grupo sean sus propios guías y que interioricen la materia estudiada. También se propicia la competencia de exponer en público los resultados, defenderlos y discutirlos y presentarlos en forma escrita tal y como se acostumbra en un informe de investigación.

*Aprendizajes que se promueven por el uso de este tipo de estrategias.*

- Conocimientos en los temas abordados en el curso, su integración con la temática general y su aplicación a casos particulares de problemas de ingeniería.
- Potencia la competencia de trabajo en grupo y presentación escrita de los resultados de la investigación.
- Potenciar la competencia de exposición oral, defensa de resultados y diálogo en público.

*Recomendaciones para su uso.*

- Escoger correctamente los problemas a resolver por los estudiantes de modo que sean experiencias que les permitan comprender ampliamente la temática vista y que se involucren en el proceso de aprendizaje.

- Motivar a dejar de lado el trabajo individual y que comprendan que el trabajo en grupo es una forma de autoayuda.
- Motivar a los estudiantes a la discusión en público de los resultados obtenidos y a su presentación escrita.
- Impedir las malas prácticas en las que, por ejemplo una persona resuelve el problema de todos sin; o copias entre otros. Deben motivarse los aspectos éticos y de ejercicio profesional para evitar estas situaciones.

*Limitaciones que presenta.*

- El tiempo es una limitación importante. Debe haber un equilibrio en el tiempo dedicado a la solución de un problema y la necesidad de cubrir apropiadamente la temática del curso. Deben ser experiencias con resultados que puedan completarse en cuatro semanas e impedir que alguna fase de la solución del problema impida continuar con el resto de las fases.
- Los estudiantes deben tener claro que una parte importante de la solución del problema es su presentación por escrito y su presentación oral.

**Experiencia en el curso *Sistemas en Tiempo Discreto* IE-1009.  
Licenciatura en Ingeniería Eléctrica.  
Universidad de Costa Rica.**

Se plantea el siguiente problema:

Ajuste de controladores PID discretos.

Se presenta un proceso con una curva de reacción del tipo:

$$H(s) = \frac{Ke^{-s\theta}}{(1 + \tau s)} = \frac{Y(s)}{U(s)},$$

$Y(s)$  es la transformada de Laplace de la salida

$U(s)$  es la transformada de Laplace de la entrada.

Los parámetros de la planta ( $K, \theta, \tau$ ) pueden variar con respecto al tiempo

Se pide ajustar un controlador PID discreto de forma que la integral del valor absoluto del error sea mínima. Deben escoger apropiadamente el período de muestreo y hacer las simulaciones correspondientes variando los parámetros de la planta pero dejando fijos los parámetros del controlador.

Se les pide hacer un estudio sobre los temas que se están investigando a nivel mundial en controladores PID digitales.

## 5.4 Resultados Obtenidos

Durante el primer semestre del 2010 matricularon el curso 32 estudiantes y aprobaron el curso 26 estudiantes (81.25). De los estudiantes que no aprobaron el

curso, uno nunca asistió, 3 asistieron solo a un 25% de curso (no volvieron luego del primer mes), uno asistió a alrededor de la mitad del curso y uno hizo todos los exámenes parciales (con muy bajo promedio) pero no completó el resto de las actividades del curso. La evolución de los estudiantes a lo largo del curso en cuanto a trabajo en grupo y presentación de resultados fue positiva. Al principio les costaba formar los grupos y había una preferencia por el trabajo individual, conforme avanzó el semestre la disposición al trabajo en grupo fue más inmediata. Así mismo las presentaciones orales al principio del curso se limitaban a resolver el problema sin dar mucha explicación y conforme el curso avanzó los estudiantes fueron logrando un mejor desenvolvimiento.

## Referencias

1. 6x4 UEALC (2005) *Primer Seminario Internacional de Seguimiento*. Memoria. Cartagena, Colombia.
2. Celis, J.; Gómez, V. (s.f.). “Factores de innovación curricular y académica en la educación superior”. Recuperado el 01 de agosto de 2008, de <http://www.rieoei.org/deloslectores/773Gomez.PDF>
3. Docentes proyecto Mecesus ULA0201 (2007) “Documento base para la reforma curricular de las carreras profesionales de la Universidad de Los Lagos”. Recuperado el 01 de agosto de 2008, de: [http://www.cedus.cl/files/Documento%20Base%20Reforma%20Curricular%20con%20bib\[1\].pdf](http://www.cedus.cl/files/Documento%20Base%20Reforma%20Curricular%20con%20bib[1].pdf)
4. Escotet, M.A.; Goñi, I.J.; Vila, A. (2007) *Modelo de Innovación de la Educación Superior*. Ediciones Mensajero, S.A.U., España.
5. Gurutze, M.; Velasco, E.; Zamanillo, I. (2006) “Evolución de los modelos sobre el proceso de innovación: desde el modelo lineal hasta los sistemas de innovación”. Recuperado el 10 de julio de 2008, de: [http://dialnet.unirioja.es/servlet/fichero\\_articulo?codigo=2499438&orden=0](http://dialnet.unirioja.es/servlet/fichero_articulo?codigo=2499438&orden=0)
6. Healey, M.; Jenkins, A.; Zeter, R. (2007) “Linking teaching and research in disciplines and departments”. Recuperado el 14 de junio de 2010 de: [www.heacademy.ac.uk/.../LinkingTeachingAndResearch\\_April07.pdf](http://www.heacademy.ac.uk/.../LinkingTeachingAndResearch_April07.pdf)
7. Sancho, G. M. (2008) “Innovación curricular en la Universidad: enfoques y gestión”, *Congreso Nacional de Gestión Curricular en la Educación Universitaria*, CONAGECU, San José: 1–25.
8. Nieto, L.M. (2002) “La dimensión ambiental como elemento de la innovación curricular”. Recuperado el 01 de agosto de 2008, de: <http://ambiental.uaslp.mx/docs/LMNC-PP-0210-InnovEducAmb.pdf>
9. Salvat, B.G. (2007) “Tendencias actuales de la Investigación en Docencia Universitaria”, *Revista d'Educació Superior en Farmàcia* 1: 1–13.
10. Zabalza, M.A. (2003) “Currículo Universitario Innovador. ¿Nuevos planes de estudio en moldes y costumbres viejas?”. Recuperado el 01 de agosto de 2008, de: <http://www.upv.es/europa/doc/Articulo%20Zabalza.pdf>