

# Evaluación desde un modelo orientado por competencias

Tema: Modelo C-A&M de Evaluación de Competencias

Relator: Héctor Vargas

Escuela de Ingeniería Eléctrica - PUCV

VICERRECTORÍA  
ACADÉMICA



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
VALPARAÍSO



Desarrollo  
Docente PUCV



# Contenido

1. Introducción
2. Conceptualización EBC
3. Metodología de Evaluación
4. Ejemplos de aplicación
5. Contribución
6. Conclusiones



# Introducción

- El sistema de educación basado en competencias (EBC) sustenta gran parte de los modelos educativos de las instituciones de educación superior chilena y del mundo.
- Aunque este modelo de enseñanza lleva tiempo en el sistema de educación superior, aún es difícil para los docentes contestar a la pregunta: *¿cómo evalúa la contribución a las competencias del perfil de egreso en el curso que usted imparte?*.
- A continuación, se describe una propuesta de modelo de evaluación sistemático de competencias para cursos EBC.



# Conceptualización EBC

## Definición de Competencia

*Es la capacidad de responder a demandas complejas y llevar a cabo tareas diversas de forma adecuada. Supone una combinación de conocimientos, habilidades prácticas, motivación, valores éticos, actitudes, emociones y otros componentes sociales y de comportamiento que se movilizan conjuntamente para lograr una acción eficaz (OCDE, 2019).*



# Conceptualización EBC

## Definición de Competencia

*Es la capacidad de responder a demandas complejas y llevar a cabo tareas diversas de forma adecuada. Supone una combinación de **conocimientos**, habilidades prácticas, motivación, valores éticos, actitudes, emociones y otros componentes sociales y de comportamiento que se movilizan conjuntamente para lograr una acción eficaz (OCDE, 2019).*



# Conceptualización EBC

## Definición de Competencia

*Es la capacidad de responder a demandas complejas y llevar a cabo tareas diversas de forma adecuada. Supone una combinación de **conocimientos**, **habilidades prácticas**, motivación, valores éticos, actitudes, emociones y otros componentes sociales y de comportamiento que se movilizan conjuntamente para lograr una acción eficaz (OCDE, 2019).*



# Conceptualización EBC

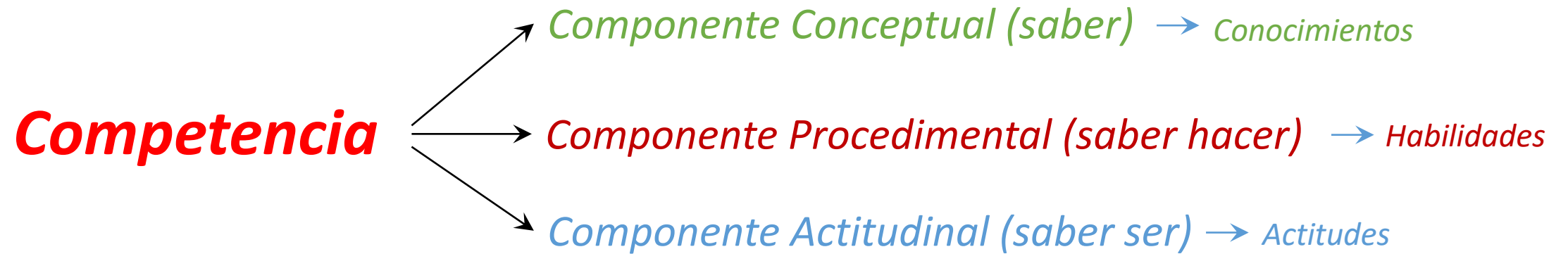
## Definición de Competencia

*Es la capacidad de responder a demandas complejas y llevar a cabo tareas diversas de forma adecuada. Supone una combinación de conocimientos, habilidades prácticas, motivación, valores éticos, actitudes, emociones y otros componentes sociales y de comportamiento que se movilizan conjuntamente para lograr una acción eficaz (OCDE, 2019).*



# Conceptualización EBC

## Partes de una Competencia



Conocimientos

**C**

+

Habilidades

**H**

+

Actitudes

**A**



# Conceptualización EBC

Ejemplo:



# Conceptualización EBC

Ejemplo:

*¿Es Competente?*





# Conceptualización EBC

¿Cuándo obtenemos la **licencia de conducir**?

## Competencia

**C1:** Conducir el auto en la ciudad, según las normas del tránsito.



## Resultados de Aprendizaje

**RA1.1:** Comprende las normas del tránsito, las funciones básicas de un automóvil y sus partes.

**RA1.2:** Conduce, retrocede y estaciona correctamente un automóvil.

**RA1.3:** Es respetuoso con las normas del tránsito, peatones y otros conductores.

## Herramientas de Evaluación

**HE1:** Examen Teórico

**HE2:** Psicotécnico

**HE3:** Médico

**HE4:** Examen Práctico

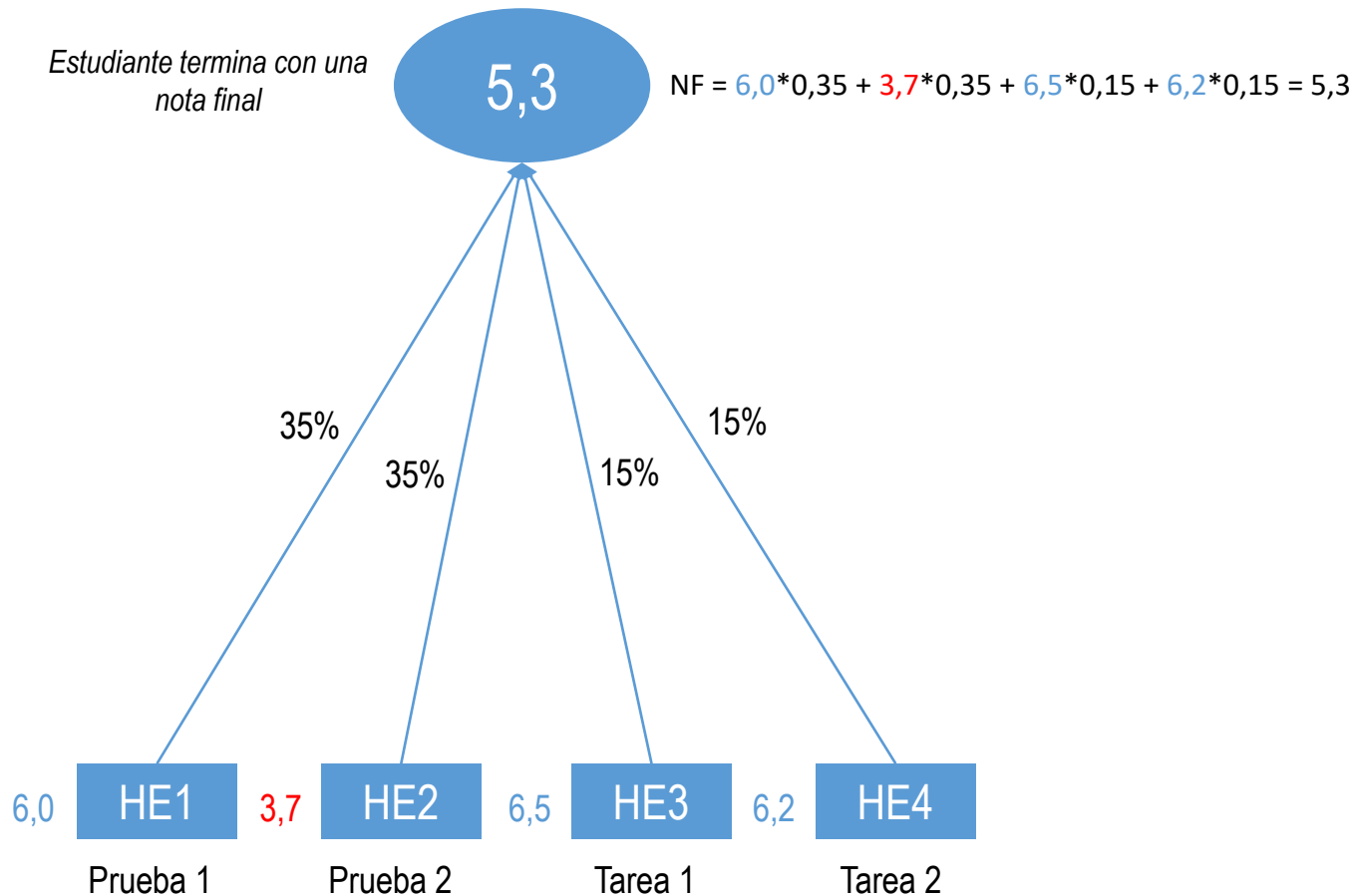
- Oficialmente se aplican estas 4 herramientas de evaluación.
- *Tiene la condición que cada RA debe aprobarse por separado y no como el resultado de una suma ponderada.*



# Conceptualización EBC

## Situación actual (evaluación clásica en educación)

### Evaluación tradicional



*¿Puedo conocer el logro del estudiante en el marco del modelo de enseñanza basado en competencias?*



De la manera actual, claramente no.



# Modelo sistemático de Evaluación de Competencias en cursos



# Metodología de Evaluación

## Modelo de Evaluación de Competencias C-A&M

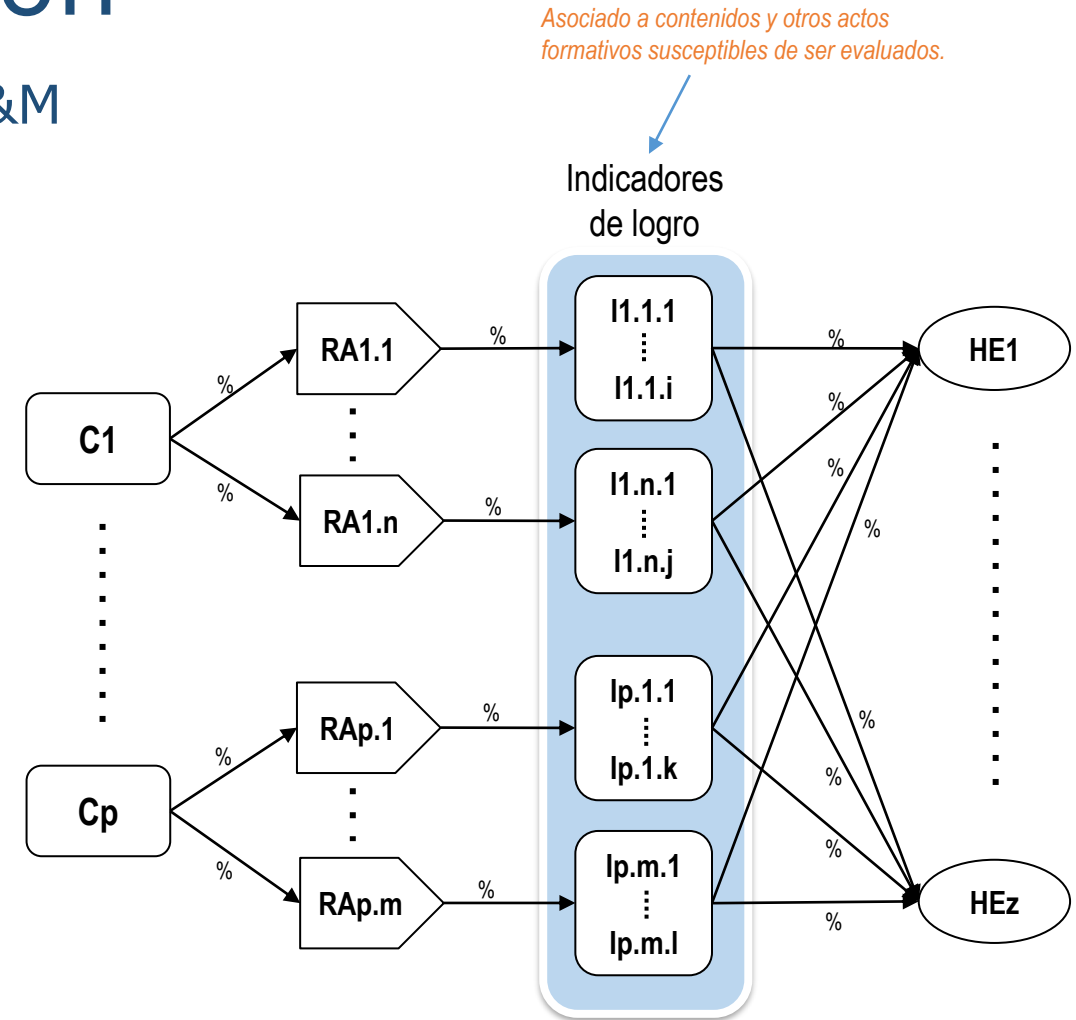
El modelo C-A&M de evaluación (en inglés, *Competency Assessment and Monitoring*) define los siguientes elementos y sus relaciones:

- **C**ompetencia (**C**)
- **R**esultado de **A**prendizaje (**RA**)
- **I**ndicador de logro (**I**)
- **H**erramienta de **E**valuación (**HE**)

La metodología propone evaluar numéricamente los *Resultados de Aprendizaje* y las *Competencias*.

**Nota:** Se puede asociar la calificación numérica a una *descripción cualitativa* del logro:

- *Logrado* (5,5 - 7,0)
- *Medianamente Logrado* (4,0 - 5,4)
- *No Logrado* (1,0 - 3,9)



Cada elemento del modelo aporta hacia el logro de la competencia (ponderaciones asociados a las flechas).



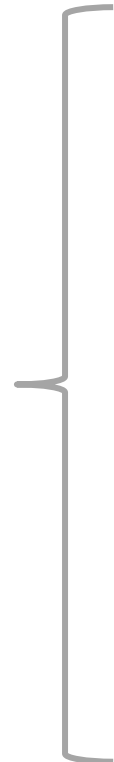
# Metodología de Evaluación

## Tabla de Indicadores

Se definen indicadores en dos niveles: **Criterio de Evaluación (CE)** e **Indicador de Evaluación (IE)**.

- **Criterio de evaluación:** Corresponde a una medición de aprendizaje de nivel inferior a un RA y superior a un aprendizaje específico.
- **Indicador de evaluación:** Corresponde a la medición directa de un nivel de *conocimiento*, *habilidad* o *actitud* desarrollada.

HE



RA	Criterio de evaluación		%	Indicador de evaluación		%
RA1	CE1	Descripción		IE1	Descripción	
	CEn	Descripción		IE1	Descripción	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
RA <sub>n</sub>	CE1	Descripción		IE1	Descripción	
	CEn	Descripción		IE1	Descripción	

*!!! Importante para conectar correctamente una HE con los RA que ésta evalúa !!!*



# Metodología de Evaluación

## Ejemplo de uso de Tabla de Indicadores

Ejemplo: HE1 (curso "Modelado y Simulación de Sistemas Dinámicos")

Tabla de indicadores HE1

RA	Criterio de Evaluación	%	Indicador de Evaluación	%	Pregunta
RA11.1	CE1	20	IE1	10	4
			IE2	10	5
	CE2	20	IE3	5	1
			IE4	15	1
			IE5	10	1
	CE3	60	IE6	10	1
			IE7	40	2, 3
		100		100	

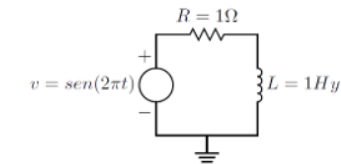
EIE375: Modelado y Simulación de Sistemas Dinámicos  
Prueba 1 (IS2023)



Nombre:

Rut:

**Enunciado:** Considere el circuito RL de la figura, donde la resistencia  $R = 1 \Omega$  y la inductancia  $L = 1 H$  están afectas a la alimentación de una fuente de tensión  $v = \sin(2\pi t)$ .



En base a este sistema básico, responda a las preguntas que se plantean en los próximos apartados:

**Pregunta 1: (40 puntos)**

- Plantee las ecuaciones que describen la dinámica del modelo.
- Identifique las variables del modelo y clasifíquelas en parámetros, variables de estado y variables algebraicas.
- Asigne la causalidad computacional del modelo obtenido.

**Pregunta 2: (30 puntos)**

- Obtenga el valor de la corriente en el circuito hasta el segundo 1, considerando un paso de integración de un cuarto de segundo. Explícite los cálculos realizados en su respuesta.

**Pregunta 3: (10 puntos)**

Sabiendo que la solución analítica de la corriente en el circuito RL es:

$$i(t) = \frac{1}{1+4\pi^2} \cdot (2\pi e^{-t} + \sin(2\pi t) - 2\pi \cos(2\pi t))$$

- Obtenga el error existente entre la solución analítica y la solución numérica obtenida en la pregunta 2. Utilice una tabla para proporcionar la respuesta.

**Pregunta 4: (10 puntos)**

- Pregunta conceptual.

**Pregunta 5: (10 puntos)**

- Pregunta conceptual.



# Ejemplos de aplicación en contexto académico



# Ingeniería Civil Electrónica

## PLAN DE ESTUDIO

SER  
PUCV



### 01 SEMESTRE

Fundamentos de Matemáticas para Ingeniería  
Introducción a la Ingeniería Eléctrica y Electrónica  
Introducción a la Física  
Desarrollo Integral y Comunicación para Ingeniería  
Antropología Cristiana

### 02 SEMESTRE

Álgebra Lineal  
Cálculo Diferencial e Integral  
Física Mecánica  
Fundamentos de Química

### 03 SEMESTRE

Ecuaciones Diferenciales  
Cálculo en Varias Variables  
Física General: Ondas y Termodinámica  
Estadística y Probabilidades para Ingeniería  
Programación  
Formación Fundamental 1

### 04 SEMESTRE

Señales y Sistemas  
Laboratorio de Mediciones  
Electromagnetismo  
Teoría de Circuitos 1  
Programación Numérica

### 05 SEMESTRE

Análisis y Procesamiento de Señales  
Sistemas Digitales  
Modelado y Simulación de Sistemas Dinámicos  
Teoría de Circuitos 2  
Inglés 1  
Formación Fundamental 2

### 06 SEMESTRE

Control Automático  
Estructura de Computadores  
Circuitos Electrónicos  
Fundamentos de Máquinas Eléctricas  
Ética Cristiana  
Inglés 2

### 07 SEMESTRE

Laboratorio de Control  
Circuitos Electrónicos 2  
Electrónica de Potencia  
Programación 2  
Inglés 3  
Formación Fundamental 3

### 08 SEMESTRE

Automatización Industrial  
Laboratorio de Sistemas Electrónicos  
Aplicaciones de Conversión Electrónica  
Telecomunicaciones y Protocolos  
Innovación y Emprendimiento  
Inglés 4

### 09 SEMESTRE

Ingeniería Económica y Formulación de Proyectos  
Redes de Computadores  
Gestión y Administración  
Optativo 1  
Optativo 2

### 10 SEMESTRE

Seminario de Proyectos  
Legislación, Normativa Social, Laboral y Ambiental  
Optativo 3  
Optativo 4

### 11 SEMESTRE

Proyecto de Titulación



## Ejemplo 1: EIE-267 “Electromagnetismo”

# Ejemplo 1: EIE-267 “Electromagnetismo”



## Contenidos

UNIDAD 1: Fundamentos de análisis vectorial	}	electroestática
UNIDAD 2: Campo electrostático		
UNIDAD 3: Conductores y corriente eléctrica	}	ley de Gauss, capacitancia y conductores
UNIDAD 4: Materiales dieléctricos		
UNIDAD 5: El campo magnético estable	}	magnetismo, ley de Ampere y ley de Faraday
UNIDAD 6: Fuerzas magnéticas y materiales magnéticos		
UNIDAD 7: Inducción magnética e inductancia mutua		
UNIDAD 8: Las ecuaciones de maxwell		

## Competencias

**C09:** Integra conocimientos de ciencias básicas y ciencias de la ingeniería para identificar, analizar y resolver problemas de la disciplina.

## Resultados de Aprendizaje

**RA09.1:** Aplica metodologías de análisis para la resolución de problemas de electroestática utilizando apropiadamente la física y la matemática.

**RA09.2:** Aplica metodologías de análisis para la resolución de problemas de ley de Gauss, capacitancia y conductores utilizando apropiadamente la física y la matemática.

**RA09.3:** Aplica metodologías de análisis para la resolución de problemas de magnetismo, ley de Ampere y ley de Faraday utilizando apropiadamente la física y la matemática.

## Evaluación tradicional del curso

(HE1) Prueba cátedra 1 (25%).  
(HE2) Prueba cátedra 2 (35%).  
(HE3) Prueba cátedra 3 (40%).

$$NP = HE1*0,25 + HE2*0,35 + HE3*0,4$$

Donde NP es la nota de presentación a examen. Luego:

$$NF = NP*0,6 + NE*0,4$$

Donde NE es la nota del examen y NF es la nota final del curso.

## Evaluación de competencias

La competencia se evalúa desde las calificaciones de los RA:

Cs	%	RAs	Contenidos	Herramientas de Evaluación
C09	25%	RA09.1	Unidades 1-2	Prueba de cátedra HE1
	35%	RA09.2	Unidades 3-4-5	Prueba de cátedra HE2
	40%	RA09.3	Unidades 6-7-8	Prueba de cátedra HE3

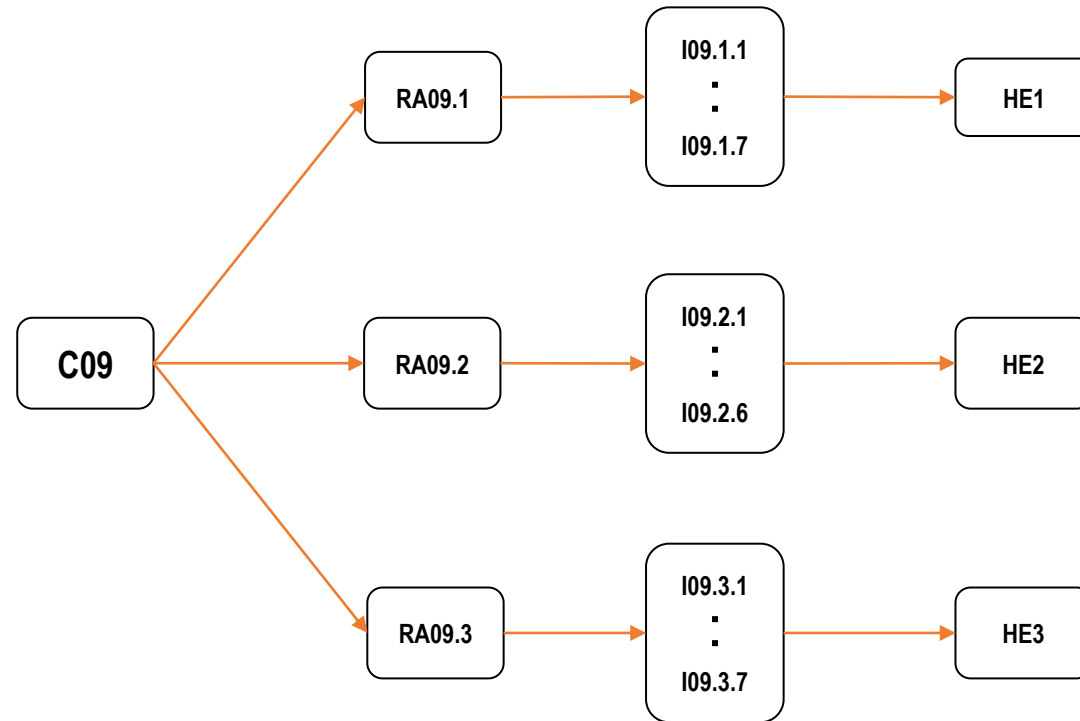
$$C09 = RA9.1*0,25 + RA9.2*0,35 + RA9.3*0,4$$

*En este ejemplo, la evaluación del curso coincide con la evaluación de la competencia (se contribuye a solo una competencia del perfil) !!!*

# Ejemplo 1: EIE-267 “Electromagnetismo”



## Grafo del modelo EBC



# Ejemplo 1: EIE-267 “Electromagnetismo”

## Indicadores



HE1

RA	Criterio de Evaluación		%	Indicador de Evaluación		%
RA09.1	CE1	Analiza escenarios de fenómenos físicos relacionados a Cargas Eléctricas, Campo Eléctrico, Ley de Coulomb y Ley de Gauss.	25	IE1	Interpreta comportamiento de fenómenos físicos relacionados a Cargas Eléctricas	10
				IE2	Interpreta comportamiento de fenómenos físicos relacionados a Campo Electrico	5
				IE3	Interpreta comportamiento de fenómenos físicos relacionados a Ley de Coulomb	5
				IE4	Interpreta comportamiento de fenómenos físicos relacionados a Ley de Gauss	5
	CE2	Resuelve ejercicios relacionados a Cargas Eléctricas, Campo Eléctrico, Ley de Coulomb y Ley de Gauss.	75	IE5	Determina los parámetros físicos relacionados a Campo Electrico	25
				IE6	Determina los parámetros físicos relacionados a Ley de Coulomb	25
				IE7	Determina los parámetros físicos relacionados a Ley de Gauss	25
						100

HE2

RA	Criterio de Evaluación		%	Indicador de Evaluación		%
RA09.2	CE1	Analiza escenarios de fenomenos físicos relacionados a Potencial Eléctrico, Diferencia de Potencial y Conductores.	25	IE1	Interpreta comportamiento de fenómenos físicos relacionados a Potencial Eléctrico	15
				IE2	Interpreta comportamiento de fenómenos físicos relacionados a Diferencia de Potencial	5
				IE3	Interpreta comportamiento de fenómenos físicos relacionados a Conductores	5
	CE2	Resuelve ejercicios relacionados a Capacitores, Resistores y Conductores	75	IE4	Determina los parámetros físicos relacionados al Capacitor	25
				IE5	Determina los parámetros físicos relacionados al Resistor	25
				IE6	Determina los parámetros físicos relacionados al Conductor	25
						100

HE3

RA	Criterio de Evaluación		%	Indicador de Evaluación		%
RA09.3	CE1	Analiza escenarios de fenomenos físicos relacionados Ley de Ampere, Ley de Biot-Savart, Ley de Faraday-Lenz y Fuerza de Lorentz.	25	IE1	Interpreta comportamiento de fenómenos físicos relacionados a la Ley de Ampere.	5
				IE2	Interpreta comportamiento de fenómenos físicos relacionados a la Ley de Biot-Savart.	5
				IE3	Interpreta comportamiento de fenómenos físicos relacionados a la Fuerza de Lorentz.	5
				IE4	Interpreta comportamiento de fenómenos físicos relacionados a la Ley de Faraday - Lenz.	10
	CE2	Resuelve ejercicios relacionados a conductores, circuitos magnéticos y espiras. Utilizando las leyes magnéticas.	75	IE5	Determina los parámetros físicos relacionados a un Conductor.	25
				IE6	Determina los parámetros físicos relacionados a un Circuito Magnético.	25
				IE7	Determina los parámetros físicos relacionados a una Espira.	25
						100



## Ejemplo 2: EIE-315 “Control Automático”

# Ejemplo 2: EIE-315 “Control Automático”



## Contenidos

UNIDAD 1: Introducción al control automático	}	Análisis de sistemas de control
UNIDAD 2: Análisis de la respuesta temporal		
UNIDAD 3: Estabilidad en sistemas de control (Tiempo)		
UNIDAD 4: Estabilidad en sistemas de control (Frecuencia)		
UNIDAD 5: Diseño de controladores convencionales	}	Diseño de sistemas de control
UNIDAD 6: Control en el espacio de estados		

## Competencias

**C09:** Integra conocimientos de ciencias básicas y ciencias de la ingeniería para identificar, analizar y resolver problemas de la disciplina.

**C11:** Modela y simula procesos de su especialidad para representar su comportamiento, optimizar sus parámetros y mejorar la calidad de su funcionamiento.

## Resultados de Aprendizaje

**RA09.1:** Aplica metodologías de análisis de sistemas de control para la solución de problemas de la especialidad utilizando apropiadamente la física y la matemática.

**RA09.2:** Aplica metodologías de diseño de sistemas de control para la solución de problemas de la especialidad utilizando apropiadamente la física y la matemática.

**RA11.1:** Modela y simula sistemas de control para analizar su comportamiento utilizando apropiadamente herramientas de software.

**RA11.2:** Modela y simula sistemas de control para diseñar controladores adecuados al desempeño esperado de un sistema de control utilizando apropiadamente herramientas de software.

## Evaluación tradicional del curso

- (HE1) Prueba cátedra. (35%)
- (HE2) Prueba cátedra. (35%)
- (HE3) Tarea de Ayudantía. (15%)
- (HE4) Tarea de Ayudantía. (15%)

$$NP = HE1*0,35 + HE2*0,35 + HE3*0,15 + HE4*0,15$$

Donde NP es la nota de presentación a examen. Luego:

$$NF = NP*0,6 + NE*0,4$$

Donde NE es la nota del examen y NF es la nota final del curso.

## Evaluación de competencias

Las competencias se evalúan desde las calificaciones de los RA:

Cs	%	RAs	Contenidos	Herramientas de Evaluación
C09	50%	RA09.1	Unidades 1-2-3-4	Prueba de cátedra HE1
	50%	RA09.2	Unidades 5-6	Prueba de cátedra HE2
C11	50%	RA11.1	Unidades 1-2-3-4	Tarea usando simuladores HE3
	50%	RA11.2	Unidades 5-6	Tarea usando simuladores HE4

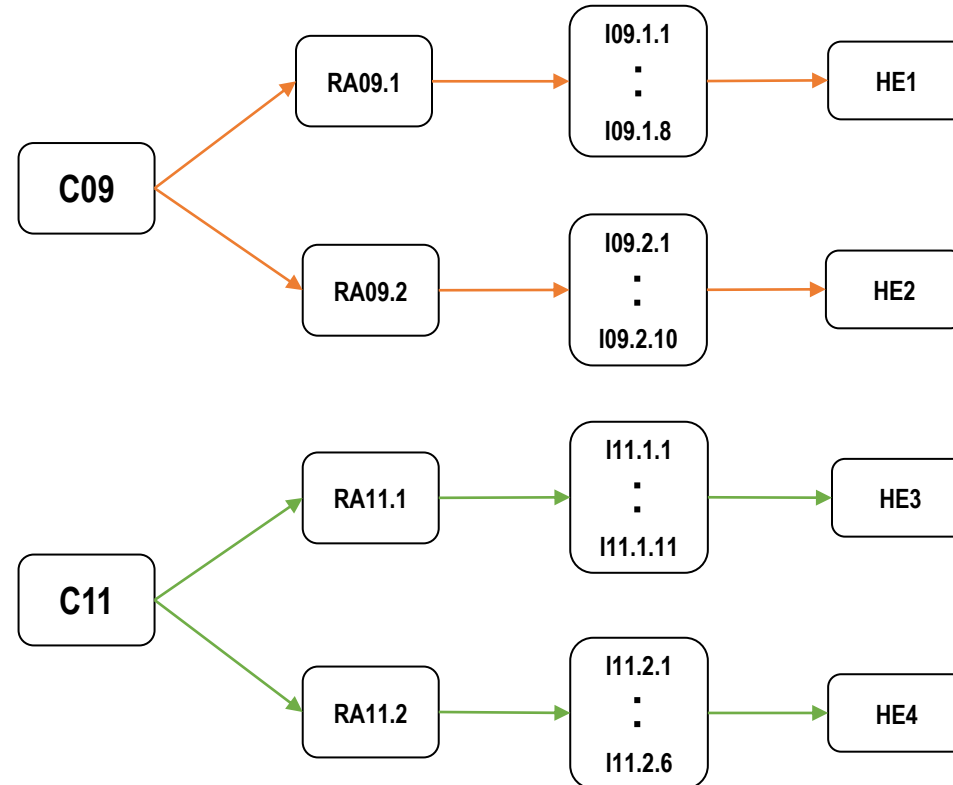
$$C09 = RA9.1*0.5 + RA9.2*0.5$$

$$C11 = RA11.1*0.5 + RA11.2*0.5$$

# Ejemplo 2: EIE-315 “Control Automático”



## Grafo del modelo EBC



# Ejemplo 2: EIE-315 “Control Automático”



## Indicadores

HE1

RA	Criterio de Evaluación		%	Indicador de Evaluación		%
RA09.1	CE1	Analiza la respuesta transitoria y estacionaria de un sistema de control	20	IE1	Determina las especificaciones de la respuesta transiente de un sistema de control	10
				IE2	Determina el error en estado estable de un sistema de control	10
	CE2	Analiza la estabilidad de un sistema de control usando LGR, Bode y Nyquist	50	IE3	Determina el lugar geométrico de las raíces de un sistema de control	30
				IE4	Determina el margen de fase y margen de ganancia de un sistema de control	20
	CE3	Interpreta y valida resultados obtenidos del análisis de sistemas de control desde los indicadores de cálculo	30	IE5	Interpreta la respuesta transiente de un sistema de control	5
				IE6	Interpreta la respuesta en estado estable de un sistema de control	5
				IE7	Interpreta la estabilidad de un sistema de control usando la técnica LGR	10
				IE8	Interpreta la estabilidad de un sistema de control usando diagramas de Bode	10
						100

HE2

RA	Criterio de Evaluación		%	Indicador de Evaluación		%
RA09.2	CE1	Diseña controladores convencionales de forma analítica	70	IE1	Analiza error en estado estable para definir estructura PID	8
				IE2	Analiza deficiencia angular para definir estructura PID	12
				IE3	Diseña controladores PID (obtención de parámetros)	15
				IE4	Analiza controlabilidad y observabilidad	8
				IE5	Determina correctamente la ecuación característica deseada	12
				IE6	Diseña reguladores de estado	15
	CE2	Valida el desempeño de un controlador	30	IE7	La ecuación característica contiene los polos deseados	10
				IE8	Argumenta sobre el efecto de polos y ceros restantes	5
				IE9	Los autovalores finales cumplen con la ecuación característica deseada	10
				IE10	Argumenta sobre el efecto de las ganancias de realimentación	5
						100

# Ejemplo 2: EIE-315 “Control Automático”



## Indicadores

HE3

RA	Criterio de Evaluación		%	Indicador de Evaluación		%
RA11.1	CE1	Analiza la respuesta transitoria y estacionaria de un sistema de control	20	IE1	Determina las especificaciones de la respuesta transiente de un sistema de control	15
				IE2	Determina el error en estado estable de un sistema de control	5
	CE2	Analiza la estabilidad de un sistema de control usando LGR, Bode y Nyquist	30	IE3	Determina el lugar geométrico de las raíces de un sistema de control	10
				IE4	Determina el margen de fase y margen de ganancia de un sistema de control	10
				IE5	Determina el pico de resonancia y el ancho de banda de un sistema de control	10
	CE3	Simula el comportamiento dinámico del sistema de control	25	IE6	Simula sistemas de control en el dominio temporal (respuesta transitoria-estacionaria y LGR) para propósitos de análisis	15
				IE7	Simula sistemas de control en el dominio frecuencial (bode y/o nyquist) para propósitos de análisis	10
	CE4	Analiza y valida los resultados analíticos de un sistema de control a partir de las gráficas de simulación.	25	IE8	Interpreta la respuesta transiente de un sistema de control a partir de las gráficas simuladas	5
				IE9	Interpreta la respuesta en estado estable de un sistema de control a partir de las gráficas simuladas	5
				IE10	Interpreta la estabilidad de un sistema de control usando la técnica LGR a partir de las gráficas simuladas	10
				IE11	Interpreta la estabilidad de un sistema de control usando diagramas de Bode y/o Nyquist a partir de las gráficas simuladas	5
						100

HE4

RA	Criterio de Evaluación		%	Indicador de Evaluación		%
RA11.2	CE1	Diseña y valida controladores convencionales de forma analítica	50	IE1	Analiza el error en estado estable y define la estructura de un controlador PID	10
				IE2	Diseña controladores PID y valida de forma analítica	15
				IE3	Analiza observabilidad, controlabilidad y encuentra la ecuación característica deseada	10
				IE4	Diseña reguladores de estados y valida de forma analítica	15
	CE2	Simula y valida el desempeño del diseño de un controlador mediante el uso de herramientas de simulación	50	IE5	Comprueba el diseño de un controlador PID mediante herramientas de simulación	25
				IE6	Comprueba el diseño de un regulador de estado mediante herramientas de simulación	25
						100



## Ejemplo 3: EIE-341 “Laboratorio de Control”

# Ejemplo 3: EIE-341 “Laboratorio de Control”



## Contenidos

- PRÁCTICA 1: Modelado e Identificación
- PRÁCTICA 2: Respuesta Temporal y Estabilidad
- PRÁCTICA 3: Análisis y diseño de controladores I
- PRÁCTICA 4: Análisis y diseño de controladores II

## Competencias

- C03:** Comunica de manera clara y coherente sus ideas a través del castellano, su lengua materna, en un contexto académico.
- C10:** Desarrolla la capacidad de conducir y diseñar experimentos para analizar y generar resultados referidos a las áreas vinculadas con la Ingeniería Electrónica.
- C11:** Modela y simula procesos de su especialidad para representar su comportamiento, optimizar sus parámetros y mejorar la calidad de su funcionamiento.

## Resultados de Aprendizaje

- RA03.1:** Desarrolla informes de resultados con una estructura adecuada, utilizando vocabulario técnico atinente a la temática tratada.
- RA03.2:** Desarrolla informes técnicos cuya redacción y uso de la gramática presenta niveles de calidad apropiado.
- RA10.1:** Diseña y ejecuta experimentos prácticos con el propósito de recolectar datos empíricos para su uso en la identificación de modelos matemáticos.
- RA10.2:** Diseña y ejecuta experimentos prácticos con el propósito de recolectar datos empíricos para su uso en el ajuste y validación de controladores.
- RA11.1:** Modela y simula sistemas de control para analizar su comportamiento utilizando apropiadamente herramientas de software.
- RA11.2:** Modela y simula sistemas de control para diseñar controladores adecuados al desempeño esperado de un sistema de control utilizando apropiadamente herramientas de software.

## Evaluación tradicional del curso

(HE1-4) Informes de cada práctica. (25% cada informe)

$$NP = (HE1 + HE2 + HE3 + HE4) * 0,25$$

Donde NP es la nota de presentación a examen. Luego:

$$NF = NP * 0,6 + NE * 0,4$$

Donde NE es la nota del examen y NF es la nota final del curso.

## Evaluación de competencias

Las competencias se evalúan desde las calificaciones de los RA:

Cs	%	RAs	Contenidos	Herramientas de Evaluación
C03	33%	RA03.1	Prácticas 1-4	Informes HE1 a HE4
	67%	RA03.2	Prácticas 1-4	Informes HE1 a HE4
C10	25%	RA10.1	Prácticas 1	Informes HE1
	75%	RA10.2	Prácticas 2-4	Informes HE2 a HE4
C11	25%	RA11.1	Prácticas 1	Informes HE1
	75%	RA11.2	Prácticas 2-4	Informes HE2 a HE4

$$C03 = RA03.1 * 0.33 + RA03.2 * 0.67$$

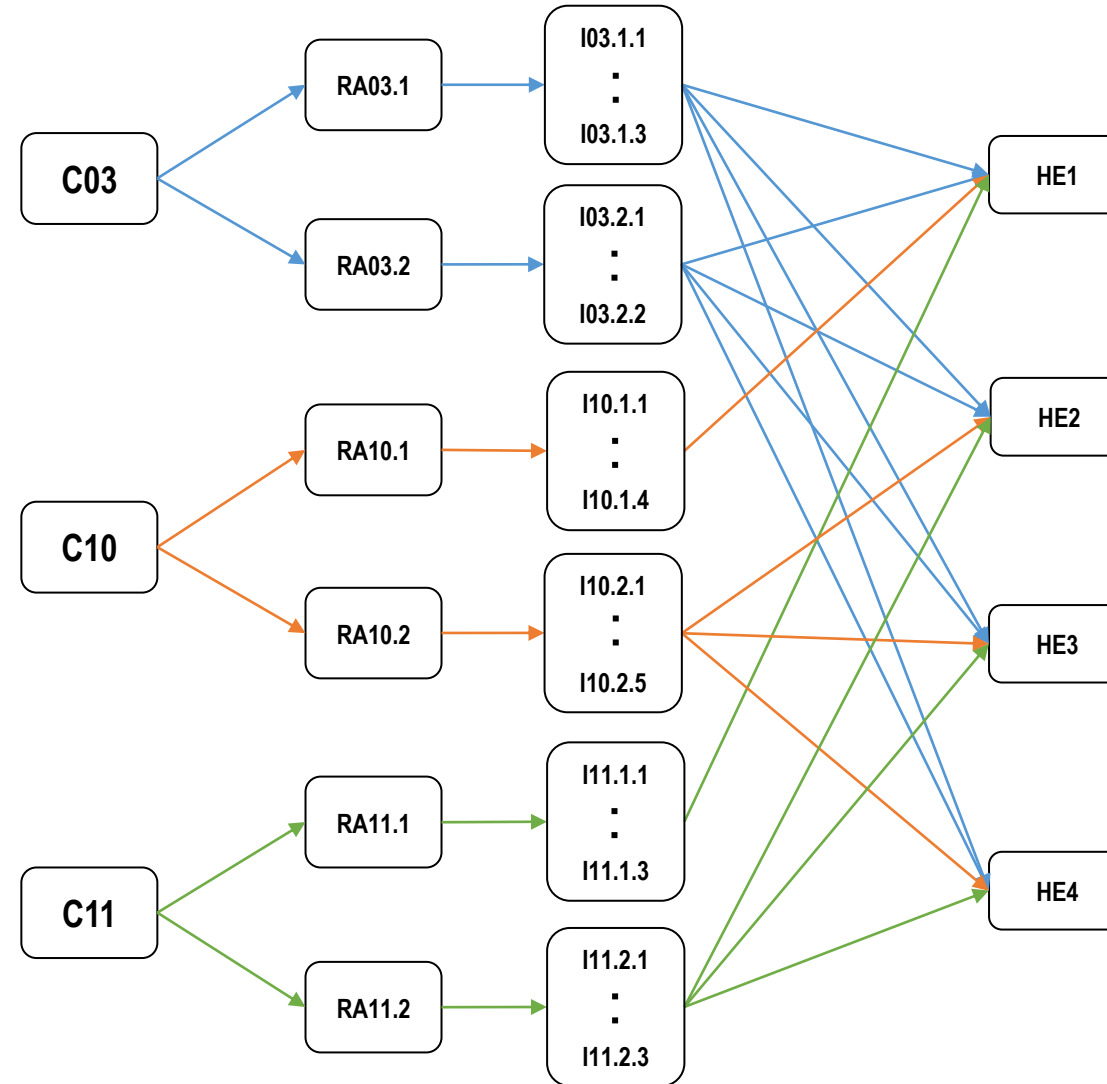
$$C10 = RA10.1 * 0.25 + RA10.2 * 0.75$$

$$C11 = RA11.1 * 0.25 + RA11.2 * 0.75$$

# Ejemplo 3: EIE-341 “Laboratorio de Control”



## Grafo del modelo EBC



# Ejemplo 3: EIE-341 “Laboratorio de Control”



## Indicadores

HE1

RA	Criterio de Evaluación		%	Indicador de Evaluación	%
RA3.1	CE1	Formato y estructura de informe	10	IE1 Presenta los elementos teóricos aplicados	4,0
				IE2 Presenta la estructuración de secciones según formato propuesto	3,0
				IE3 Presenta la inclusión de figuras, tablas y ecuaciones según formato	3,0
RA3.2	CE2	Redacción y Ortografía	20	IE4 Presenta ideas concisas y claramente explicadas, usando un vocabulario técnico apropiado	10
				IE5 No presenta faltas de ortografía	10
RA10.1	CE3	Ejecuta y diseña experimentos para la identificación y validación de modelos de procesos	40	IE6 Realiza y documenta correctamente cálculos analíticos.	10
				IE7 Realiza y documenta correctamente diseño de experimentos.	10
				IE8 Realiza y documenta correctamente la obtención y validación de modelos.	10
				IE9 Realiza y documenta correctamente el análisis y comparación de resultados.	10
RA11.1	CE4	Modela y simula con el propósito de identificar modelos de procesos	30	IE10 Hace un correcto uso de simuladores para desplegar y ejecutar simulaciones	10
				IE11 Hace un correcto uso de simuladores para obtener graficas de señales	10
				IE12 Hace un correcto uso de simuladores para documentar resultados obtenidos de simulaciones	10
					100

HE2

RA	Criterio de Evaluación		%	Indicador de Evaluación	%
RA03.1	CE1	Formato y estructura de informe	10	IE1 Presenta los elementos teóricos aplicados	4,0
				IE2 Presenta la estructuración de secciones según formato propuesto	3,0
				IE3 Presenta la inclusión de figuras, tablas y ecuaciones según formato	3,0
RA03.2	CE2	Redacción y Ortografía	20	IE4 Presenta ideas concisas y claramente explicadas, usando un vocabulario técnico	10
				IE5 No presenta faltas de ortografía	10
RA10.2	CE3	Ejecuta y diseña experimentos para el diseño y validación de controladores	40	IE6 Realiza y documenta cálculos analíticos.	8
				IE7 Realiza y documenta el diseño de experimentos.	8
				IE8 Realiza y documenta la obtención y validación de desempeños.	8
				IE9 Realiza y documenta la obtención y validación de controladores.	8
				IE10 Realiza y documenta el análisis y comparación de resultados.	8
RA11.2	CE4	Modela y simula con el propósito de diseñar y validar sistemas de control	30	IE11 Hace un correcto uso de simuladores para desplegar y ejecutar simulaciones	10
				IE12 Hace un correcto uso de simuladores para obtener graficas de señales	10
				IE13 Hace un correcto uso de simuladores para documentar resultados obtenidos de si	10
					100

# Ejemplo 3: EIE-341 “Laboratorio de Control”



## Indicadores

HE3

RA	Criterio de Evaluación	%	Indicador de Evaluación	%
RA03.1	CE1 Formato y estructura de informe	10	IE1 Presenta los elementos teóricos aplicados	4,0
			IE2 Presenta la estructuración de secciones según formato propuesto	3,0
			IE3 Presenta la inclusión de figuras, tablas y ecuaciones según formato	3,0
RA03.2	CE2 Redacción y Ortografía	20	IE4 Presenta ideas concisas y claramente explicadas, usando un vocabulario técnico	10
			IE5 No presenta faltas de ortografía	10
RA10.2	CE3 Ejecuta y diseña experimentos para el diseño y validación de controladores	40	IE6 Realiza y documenta cálculos analíticos.	8
			IE7 Realiza y documenta el diseño de experimentos.	8
			IE8 Realiza y documenta la obtención y validación de desempeños.	8
			IE9 Realiza y documenta la obtención y validación de controladores.	8
			IE10 Realiza y documenta el análisis y comparación de resultados.	8
RA11.2	CE4 Modela y simula con el propósito de diseñar y validar sistemas de control	30	IE11 Hace un correcto uso de simuladores para desplegar y ejecutar simulaciones	10
			IE12 Hace un correcto uso de simuladores para obtener graficas de señales	10
			IE13 Hace un correcto uso de simuladores para documentar resultados obtenidos de si	10
				100

HE4

RA	Criterio de Evaluación	%	Indicador de Evaluación	%
RA03.1	CE1 Formato y estructura de informe	10	IE1 Presenta los elementos teóricos aplicados	4,0
			IE2 Presenta la estructuración de secciones según formato propuesto	3,0
			IE3 Presenta la inclusión de figuras, tablas y ecuaciones según formato	3,0
RA03.2	CE2 Redacción y Ortografía	20	IE4 Presenta ideas concisas y claramente explicadas, usando un vocabulario técnico	10
			IE5 No presenta faltas de ortografía	10
RA10.2	CE3 Ejecuta y diseña experimentos para el diseño y validación de controladores	40	IE6 Realiza y documenta cálculos analíticos.	8
			IE7 Realiza y documenta el diseño de experimentos.	8
			IE8 Realiza y documenta la obtención y validación de desempeños.	8
			IE9 Realiza y documenta la obtención y validación de controladores.	8
			IE10 Realiza y documenta el análisis y comparación de resultados.	8
RA11.2	CE4 Modela y simula con el propósito de diseñar y validar sistemas de control	30	IE11 Hace un correcto uso de simuladores para desplegar y ejecutar simulaciones	10
			IE12 Hace un correcto uso de simuladores para obtener graficas de señales	10
			IE13 Hace un correcto uso de simuladores para documentar resultados obtenidos de si	10
				100

# Ejemplo 3: EIE-341 “Laboratorio de Control”



## Rúbrica de evaluación para HE1

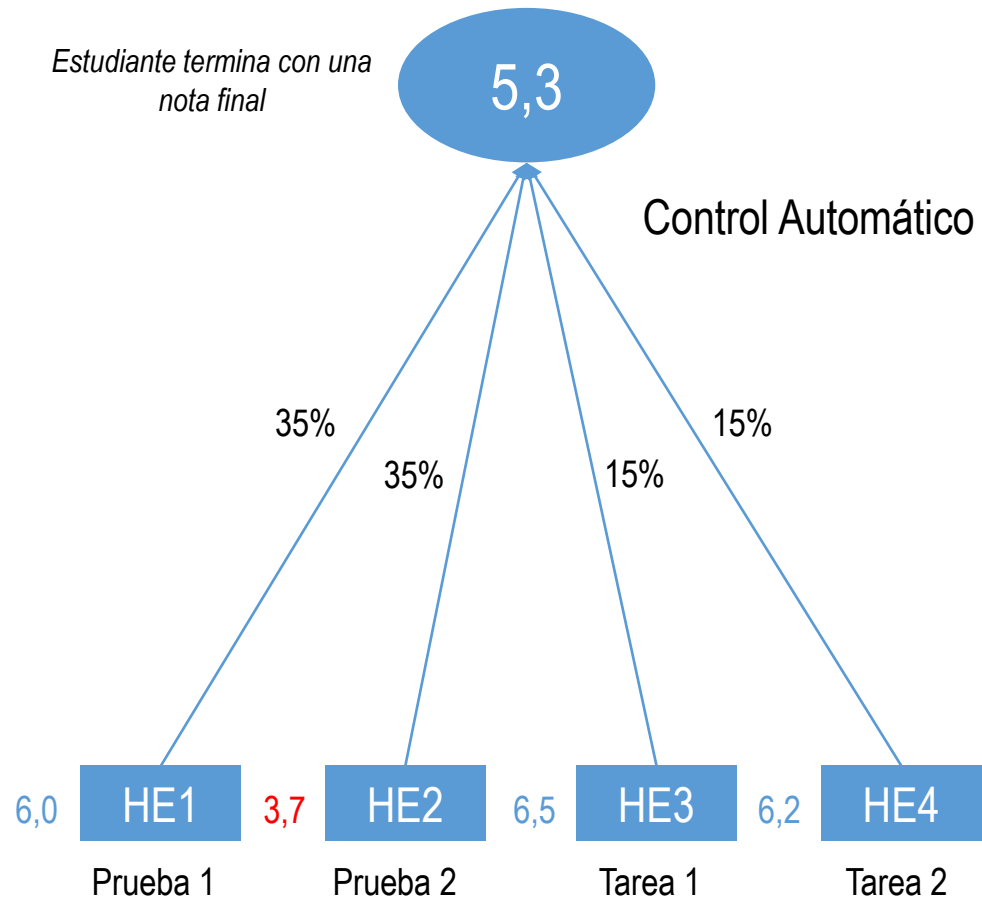
RA	Criterio de Evaluación	%	Indicador de Evaluación	%	
RA3.1	CE1	10	IE1	Presenta los elementos teóricos aplicados	4,0
			IE2	Presenta la estructuración de secciones según formato propuesto	3,0
			IE3	Presenta la inclusión de figuras, tablas y ecuaciones según formato	3,0
RA3.2	CE2	20	IE4	Presenta ideas concisas y claramente explicadas, usando un vocabulario técnico apropiado	10
			IE5	No presenta faltas de ortografía	10
RA10.1	CE3	40	IE6	Realiza y documenta correctamente cálculos analíticos.	10
			IE7	Realiza y documenta correctamente diseño de experimentos.	10
			IE8	Realiza y documenta correctamente la obtención y validación de modelos.	10
			IE9	Realiza y documenta correctamente el análisis y comparación de resultados.	10
RA11.1	CE4	30	IE10	Hace un correcto uso de simuladores para desplegar y ejecutar simulaciones	10
			IE11	Hace un correcto uso de simuladores para obtener graficas de señales	10
			IE12	Hace un correcto uso de simuladores para documentar resultados obtenidos de simulaciones	10
				<b>100</b>	

Dimensión	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente	Insuficiente
Formato y estructura de informe	Presenta correctamente el IE1: <b>(4 Puntos)</b>	Cumple en un 75% respecto a lo esperado (3 pts).	Cumple en un 50% respecto a lo esperado (2 pts).	Cumple en un 25% respecto a lo esperado (1 pts).	Cumple en un 0% respecto a lo esperado (0 pts).
	Presenta correctamente el IE2: <b>(3 Puntos)</b>	Cumple en un 75% respecto a lo esperado (2,25 pts).	Cumple en un 50% respecto a lo esperado (1,5 pts).	Cumple en un 25% respecto a lo esperado (0,75 pts).	Cumple en un 0% respecto a lo esperado (0 pts).
	Presenta correctamente el IE3: <b>(3 Puntos)</b>	Cumple en un 75% respecto a lo esperado (2,25 pts).	Cumple en un 50% respecto a lo esperado (1,5 pts).	Cumple en un 25% respecto a lo esperado (0,75 pts).	Cumple en un 0% respecto a lo esperado (0 pts).
Redacción y ortografía	Presenta correctamente el IE4: <b>(10 Puntos)</b>	Cumple en un 75% respecto a lo esperado (7,5 pts).	Cumple en un 50% respecto a lo esperado (5 pts).	Cumple en un 25% respecto a lo esperado (2,5 pts).	Cumple en un 0% respecto a lo esperado (0 pts).
	Presenta correctamente el IE5: <b>(10 Puntos)</b>	Cumple en un 75% respecto a lo esperado (7,5 pts).	Cumple en un 50% respecto a lo esperado (5 pts).	Cumple en un 25% respecto a lo esperado (2,5 pts).	Cumple en un 0% respecto a lo esperado (0 pts).
Ejecuta y diseña experimentos para la identificación y validación de modelos de procesos	Realiza correctamente el IE6: <b>(10 Puntos)</b>	Cumple en un 75% respecto a lo esperado (7,5 pts).	Cumple en un 50% respecto a lo esperado (5 pts).	Cumple en un 25% respecto a lo esperado (2,5 pts).	Cumple en un 0% respecto a lo esperado (0 pts).
	Realiza correctamente el IE7: <b>(10 Puntos)</b>	Cumple en un 75% respecto a lo esperado (7,5 pts).	Cumple en un 50% respecto a lo esperado (5 pts).	Cumple en un 25% respecto a lo esperado (2,5 pts).	Cumple en un 0% respecto a lo esperado (0 pts).
	Realiza correctamente el IE8: <b>(10 Puntos)</b>	Cumple en un 75% respecto a lo esperado (7,5 pts).	Cumple en un 50% respecto a lo esperado (5 pts).	Cumple en un 25% respecto a lo esperado (2,5 pts).	Cumple en un 0% respecto a lo esperado (0 pts).
	Realiza correctamente el IE9: <b>(10 Puntos)</b>	Cumple en un 75% respecto a lo esperado (7,5 pts).	Cumple en un 50% respecto a lo esperado (5 pts).	Cumple en un 25% respecto a lo esperado (2,5 pts).	Cumple en un 0% respecto a lo esperado (0 pts).
Modela y simula con el propósito de identificar modelos de procesos	Realiza correctamente el IE10: <b>(10 Puntos)</b>	Cumple en un 75% respecto a lo esperado (7,5 pts).	Cumple en un 50% respecto a lo esperado (5 pts).	Cumple en un 25% respecto a lo esperado (2,5 pts).	Cumple en un 0% respecto a lo esperado (0 pts).
	Realiza correctamente el IE11: <b>(10 Puntos)</b>	Cumple en un 75% respecto a lo esperado (7,5 pts).	Cumple en un 50% respecto a lo esperado (5 pts).	Cumple en un 25% respecto a lo esperado (2,5 pts).	Cumple en un 0% respecto a lo esperado (0 pts).
	Realiza correctamente el IE12: <b>(10 Puntos)</b>	Cumple en un 75% respecto a lo esperado (7,5 pts).	Cumple en un 50% respecto a lo esperado (5 pts).	Cumple en un 25% respecto a lo esperado (2,5 pts).	Cumple en un 0% respecto a lo esperado (0 pts).



# Contribución principal

## Evaluación tradicional



*¿Puedo conocer el logro del estudiante en el marco del modelo de enseñanza basado en competencias?*

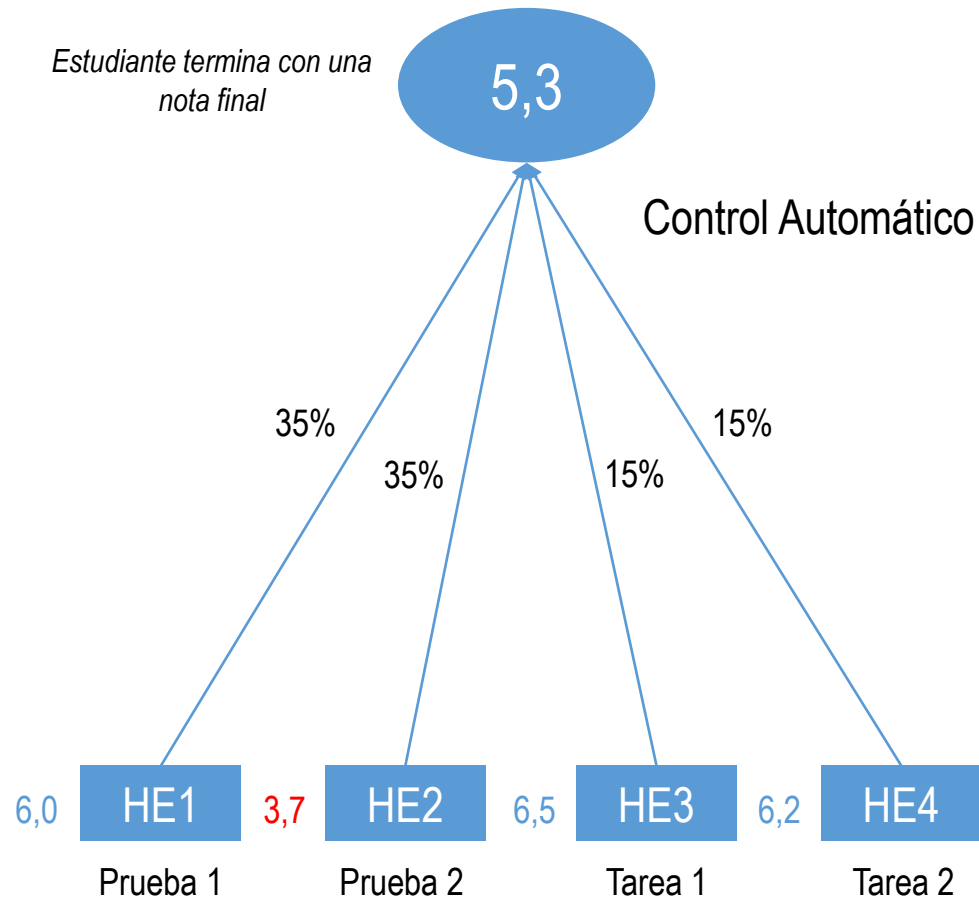


De la manera actual, claramente no.

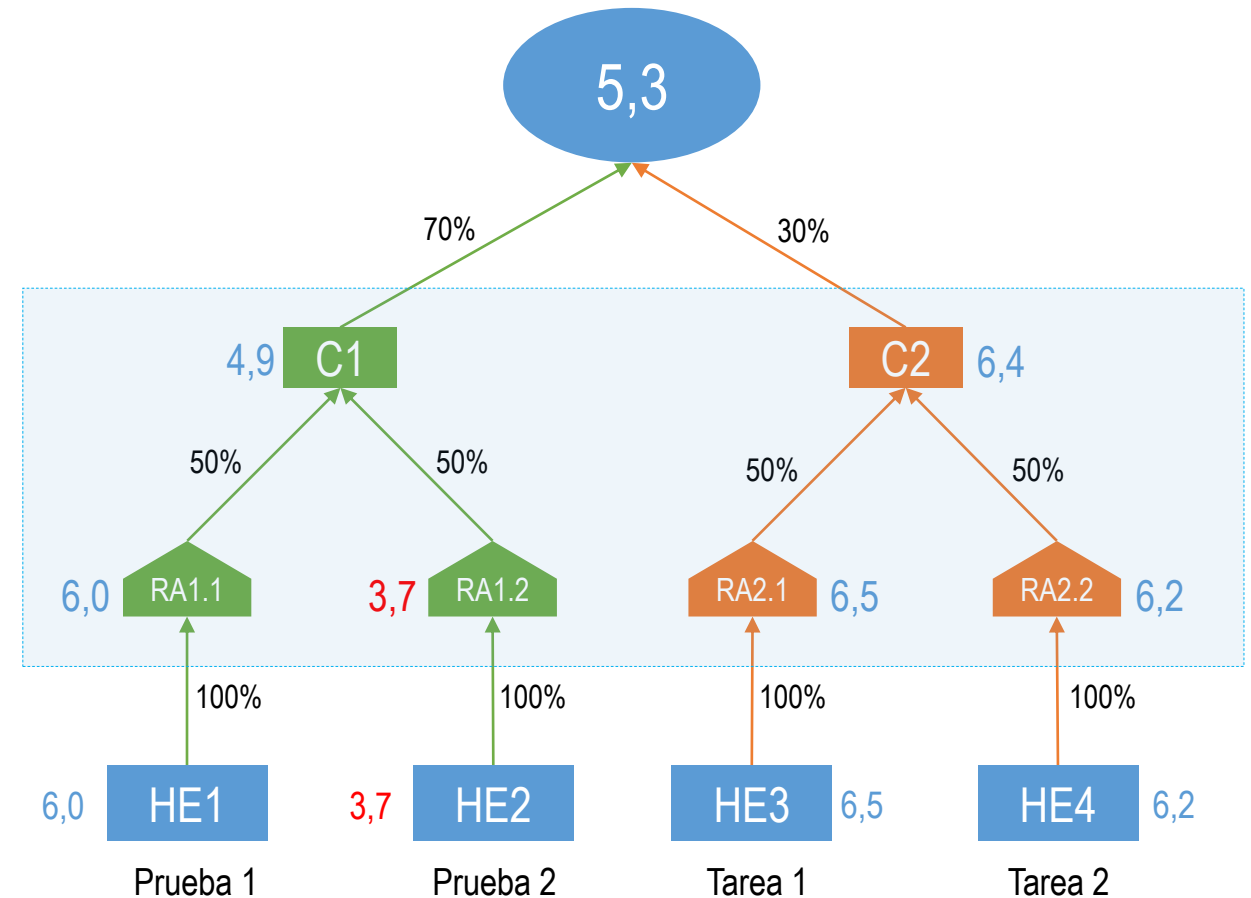
# Contribución principal



## Evaluación tradicional



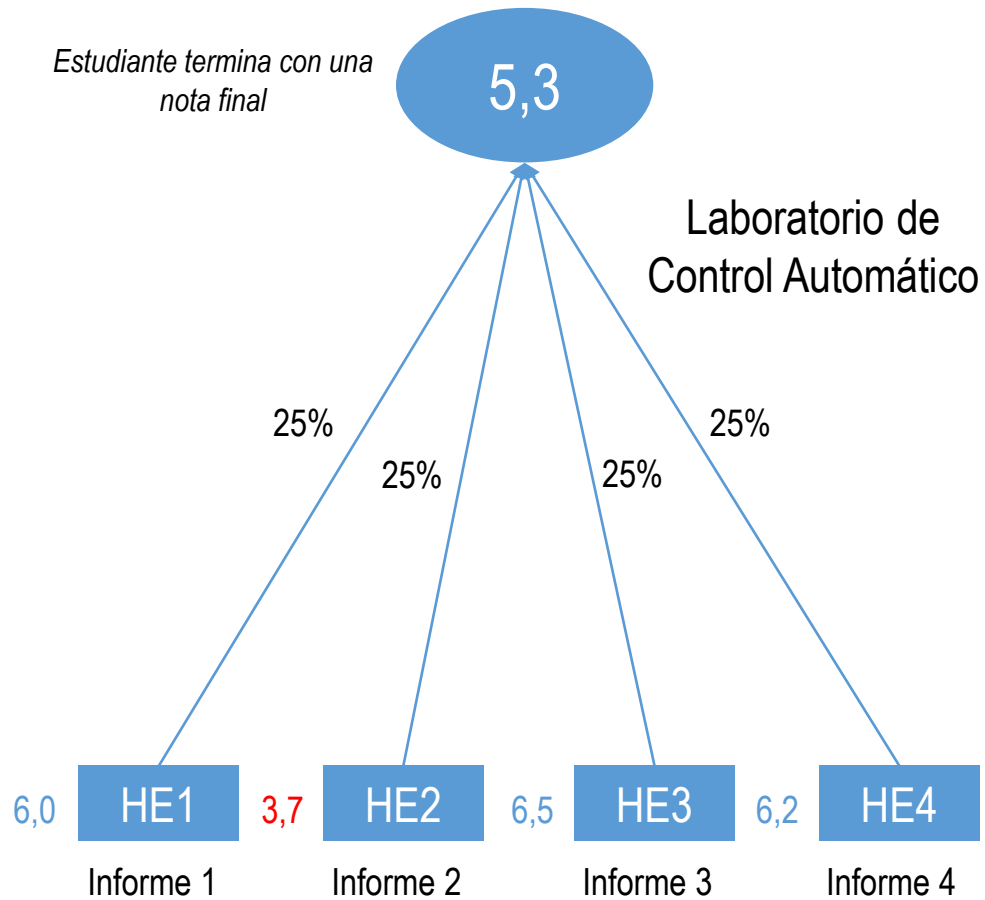
## Evaluación EBC



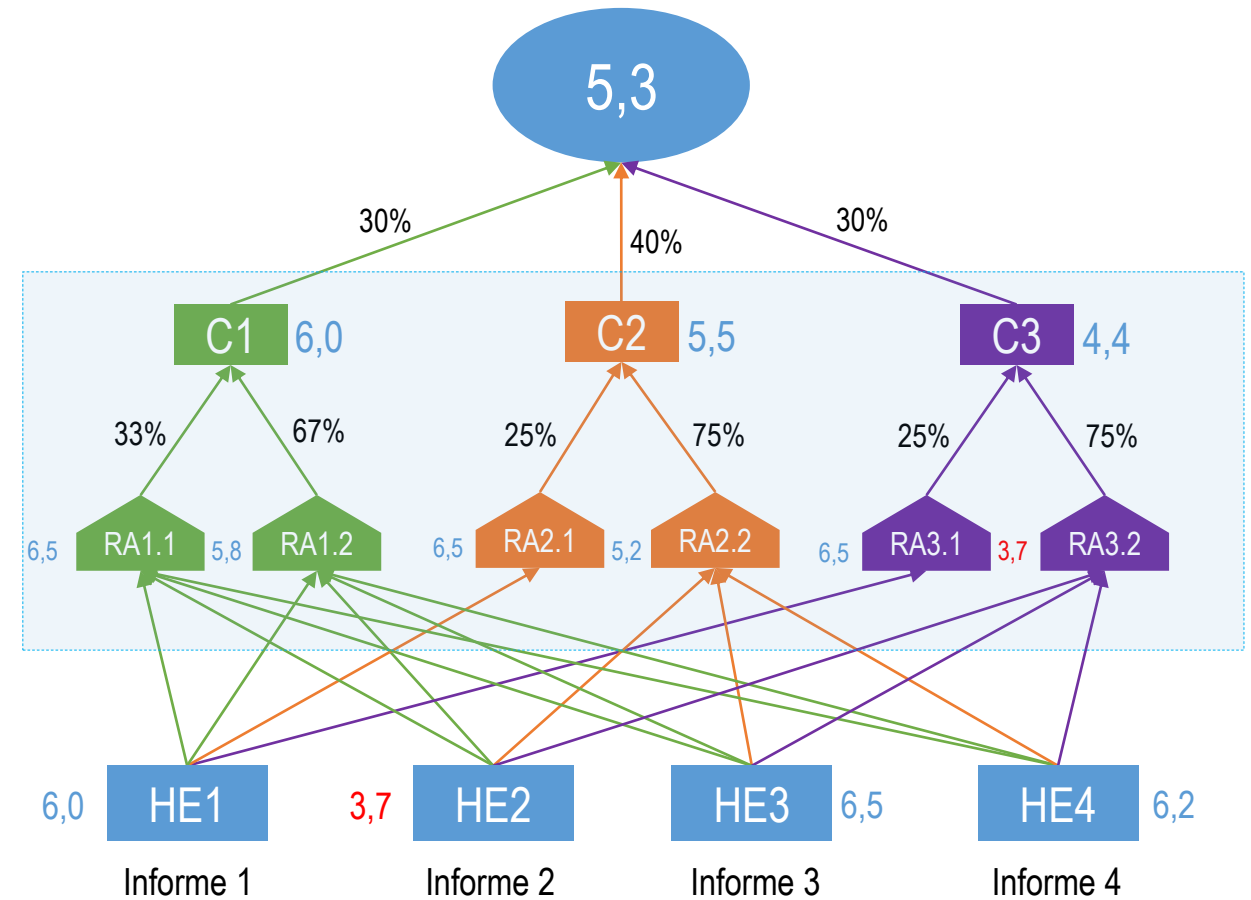
# Contribución principal



## Evaluación tradicional



## Evaluación EBC





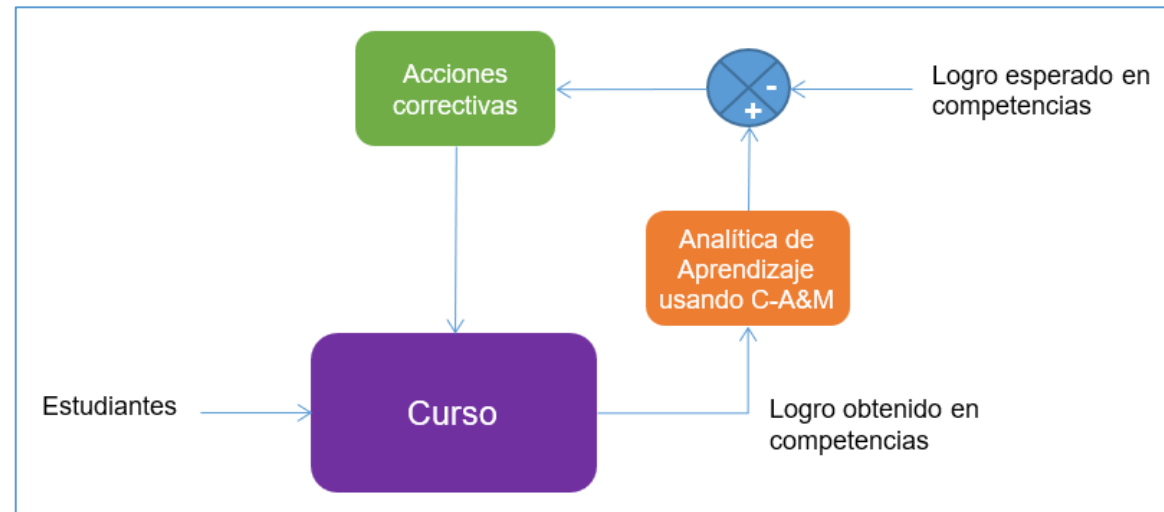
# Contribución principal

## Ejemplo de “Registro de Calificaciones”

EVALUACIÓN TRADICIONAL							EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS									
#	Rut	HE1	HE2	HE3	HE4	NOTA	RA03.1	RA03.2	RA10.1	RA10.2	R11.1	R11.2	C03	C10	C11	
1	19039502-2	6,6	3,7	5,7	4,9	5,2	5,9	4,8	7,0	4,0	7,0	5,5	5,1	4,8	5,9	5,2
2	19471183-2	6,6	3,7	5,7	4,9	5,2	5,9	4,8	7,0	4,0	7,0	5,5	5,1	4,8	5,9	5,2
3	19489707-3	6,7	5,5	6,4	5,8	6,1	6,3	6,6	7,0	6,0	7,0	5,0	6,5	6,3	5,5	6,1
4	20773897-2	6,1	4,3	6,0	6,3	5,7	4,0	5,5	7,0	6,0	5,5	5,5	5,0	6,3	5,5	5,7
5	20654829-0	4,0	2,8	4,9	3,4	3,8	2,5	4,8	2,5	3,0	5,5	4,5	4,0	2,9	4,8	3,8
6	20883444-4	4,0	2,8	4,9	3,4	3,8	2,5	4,8	2,5	3,0	5,5	4,5	4,0	2,9	4,8	3,8
7	20013010-3	6,1	4,3	6,0	6,3	5,7	4,0	5,5	7,0	6,0	5,5	5,5	5,0	6,3	5,5	5,7
8	20729153-6	6,7	5,5	6,4	5,8	6,1	6,3	6,6	7,0	6,0	7,0	5,0	6,5	6,3	5,5	6,1



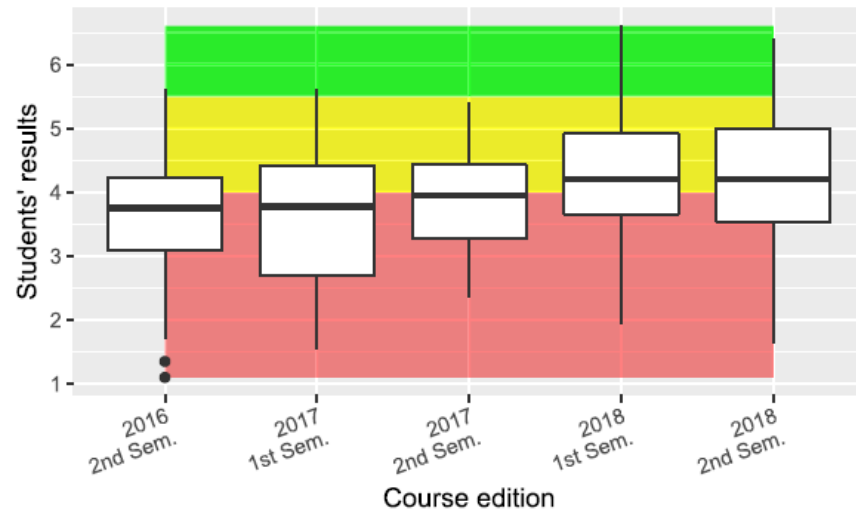
Mejora continua



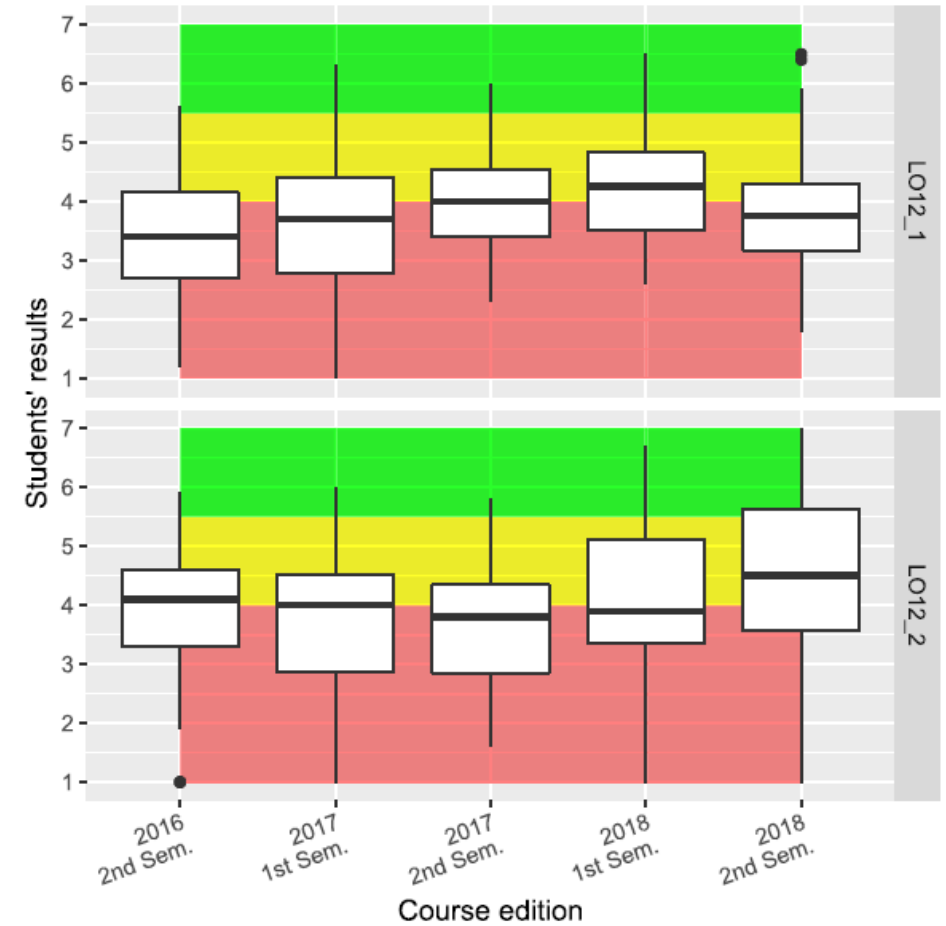
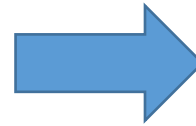


# Contribución principal

Mejora continua



**FIGURE 8.** Students' results for  $C_{12}$ .



**FIGURE 9.** Students' results for  $LO_{12\_1}$  and  $LO_{12\_2}$ .



# Beneficios del modelo

- Docentes entienden y aplican el modelo de forma directa
- La evidencia de la evaluación de competencias se relaciona con las propias evaluaciones del curso
- Ayuda a ordenar el diseño macro-curricular EBC
- Se puede realizar analítica de aprendizaje y mejora continua
- Se puede implementar retroalimentación automática de evaluaciones (informes de logro)

# Publicaciones



H. Vargas, R. Heradio, J. Chacon, L. De La Torre, G. Farias, D. Galan, S. Dormido. Automated assessment and monitoring support for competency-based courses. IEEE Access, Vol. 7, pp. 41043-41051, 2019.

L. Marin, H. Vargas, R. Heradio, L. de La Torre, J.M. Díaz, S Dormido. Evidence-Based Control Engineering Education: Evaluating the LCSD Simulation Tool, IEEE Access, Vol. 8, pp. 170183-170194, 2020.

2019

Received February 18, 2019, accepted March 22, 2019, date of publication March 28, 2019, date of current version April 11, 2019.  
Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2019.2904160

IEEE Access  
Volume 7, Number 1, February 2019

## Automated Assessment and Monitoring Support for Competency-Based Courses

HECTOR VARGAS<sup>1</sup>, RUBEN HERADIO<sup>2</sup>, JESUS CHACON<sup>3</sup>, LUIS DE LA TORRE<sup>3,4</sup>, GONZALO FARIAS<sup>1</sup>, DANIEL GALAN<sup>3,4</sup>, AND SEBASTIAN DORMIDO<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>School of Electrical Engineering, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso 2576031, Chile  
<sup>2</sup>Department of Software and Systems Engineering, Universidad Nacional de Educación a Distancia, 28040 Madrid, Spain  
<sup>3</sup>Department of Computer Architecture and Automatic Control, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid, Spain  
<sup>4</sup>Department of Computer Science and Automatic Control, Universidad Nacional de Educación a Distancia, 28040 Madrid, Spain  
Corresponding author: Hector Vargas (hector.vargas@pucv.cl)

This work was supported in part by the Chilean Economic Development Agency (CORFO) under Project 14ENI2-26905, in part by the Spanish Ministry of Science, Innovation and Universities under Project DPI2016-77677-P, and in part by the Community of Madrid under Grant RoboCity2030-DIGI-CM P2018/NMT-4311.

**ABSTRACT** Competency-based education is becoming increasingly adopted by higher education institutions all over the world. This paper presents a framework that assists instructors in this pedagogical paradigm and its corresponding open-source implementation. The framework supports the formal definition of competency assessment models and the students' evaluation under these models. It also provides distinct learning analytics for identifying course shortcomings and validating corrective actions instructors have introduced in a course. Finally, this paper reports the benefits of applying our framework to an engineering course at the Pontifical Catholic University, Valparaíso, Chile for three years.

**INDEX TERMS** Competency-based education, course assessment, course monitoring, learning outcome.

### I. INTRODUCTION

Competency-Based Education (CBE) can be broadly defined as a pedagogical approach focused on the students' mastery about a given subject [1]-[3]. In CBE, students have to demonstrate their progress by validating their *competency*, which means that they prove to master the knowledge and skills required to overcome a particular course [4]. Thus, the assessment strategies acquire a key role in the correct implementation of CBE programs, especially, in courses where teachers usually have different assessment strategies. Nevertheless, the current literature reveals that still there is no uniformity (or standards) regarding how CBE programs should be structured and assessed [5].

With the aim of supporting CBE, this paper presents a framework that helps to (i) formally define assessment models for academic courses, (ii) compute students' competency achievement from these models, and (iii) monitor the course evolution over time, facilitating this way the course continuous improvement. Let us discuss briefly the tremendous impact that the competency-based paradigm has in higher education nowadays, the motivations of our work and also its principal contributions.

The associate editor coordinating the review of this manuscript and approving it for publication was Andrei Muller.

2169-3536 © 2019 IEEE. Translations and content mining are permitted for academic research only. Personal use is also permitted, but republication/redistribution requires IEEE permission. See [http://www.ieee.org/publications\\_standards/publications/rights/index.html](http://www.ieee.org/publications_standards/publications/rights/index.html) for more information.

VOLUME 7, 2019

41043

2020

Received September 2, 2020, accepted September 10, 2020, date of publication September 14, 2020, date of current version September 25, 2020.  
Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2020.3023380

IEEE Access  
Volume 8, Number 1, September 2020

## Evidence-Based Control Engineering Education: Evaluating the LCSD Simulation Tool

LORETO MARIN<sup>1</sup>, HECTOR VARGAS<sup>1</sup>, RUBEN HERADIO<sup>2</sup>, LUIS DE LA TORRE<sup>2</sup>, JOSE MANUEL DIAZ<sup>3,4</sup>, AND SEBASTIAN DORMIDO<sup>3,4</sup> (Member, IEEE)

<sup>1</sup>School of Electrical Engineering, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV), Valparaíso, Chile  
<sup>2</sup>School of Computer Science, Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), 28035 Madrid, Spain  
Corresponding author: Hector Vargas (hector.vargas@pucv.cl)

This work was supported in part by the Chilean Economic Development Agency (CORFO) under Project 14ENI2-26905, in part by the Spanish Ministry of Science, Innovation and Universities, under Project DPI2016-77677-P, and in part by the Community of Madrid, through the Research Network under Grant CAM RoboCity2030 S2013/MT-2748.

**ABSTRACT** The advance in control engineering education needs well-designed studies that validate what methods and tools work best. This paper addresses the lack of empirical evidence supporting innovations in control engineering education by proposing a methodology that works at different abstraction levels. Hence, innovations' impact on students' performance can be statistically analyzed either globally or locally by examining competencies or fine-grained indicators, respectively. The article reports the application of the methodology for evaluating an interactive simulation tool, named LCSD, on 101 students at the Pontifical Catholic University of Valparaíso in Chile. According to the experimental results, LCSD is an effective free alternative to enhance the student's skills on control system analysis for our automatic control course. Also, some improvements have been identified for future LCSD versions.

**INDEX TERMS** Control engineering education, simulation, interactive tools, evidence-based education.

### I. INTRODUCTION

Learning the fundamentals of automatic control requires acquiring a solid base on maths and physics to understand the theory thoroughly. Also, students need to learn how to interpret a variety of inter-related diagrams, whose trade-offs are crucial for the analysis and design of control systems [1]. For example, *time-response plots*, *pole-zero map*, *root locus*, and *frequency domain diagrams* (e.g., *Bode*, *Nyquist*, and *Nichols*). Unfortunately, students frequently struggle to link the control information these diagrams depict and to link it with theory [2] correctly.

Although several *Interactive Learning Tools* (ILT) have been proposed to boost students' understanding on these topics [2]-[15], their real effectiveness has not been validated in most cases. This problem has been pointed out by several authors [16]-[22], who claim that decision making on pedagogical interventions to enhance the students' academic performance should be supported by empirical evidence.

The paper seeks to overcome this problem by proposing a methodology for evaluating educational innovations in control engineering. The basic idea is to structure the assessment hierarchically, from competencies and learning outcomes to low-level measurement indicators. This way, the teaching innovation effectiveness can be examined at various abstraction levels.

The paper reports the application of the proposed methodology for evaluating an interactive simulation tool called *Linear Control System Design* (LCSD) [2], [3], which has been specifically designed for teaching the fundamentals of control engineering. LCSD is free<sup>1</sup> and is distributed as lightweight portable binaries for Microsoft Windows and Mac OS (not requiring the installation of additional software). We do not use LCSD as a replacement for actual laboratories but to prepare our students for the second semester, where they work with real hardware. Working with both simulations and actual labs also helps students to recognize that mathematical models are simplifications that do not always mimic hardware's behavior adequately.

The associate editor coordinating the review of this manuscript and approving it for publication was Afef Iqbal<sup>2</sup>.

<sup>1</sup><https://www2.unod.es/it/ta/LCSD/LCSD.html>

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License. For more information, see <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

VOLUME 8, 2020

170183

# Publicaciones

2022

H. Vargas, R. Heradio, M. Donoso, G. Farias, Teaching automation with Factory I/O under a competency-based curriculum, *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 82, N° 13, pp. 19221-19246, 2022.

H. Vargas, R. Heradio, G. Farias, Z. Lei, L. de la Torre. A Pragmatic Framework for Assessing Learning Outcomes in Competency-based Courses, *IEEE Transactions on Education*, Aceptado, 2023.

Multimedia Tools and Applications  
https://doi.org/10.1007/s11042-022-14047-9



### Teaching automation with Factory I/O under a competency-based curriculum

Hector Vargas<sup>1</sup> · Ruben Heradio<sup>2</sup>  · Matias Donoso<sup>1</sup> · Gonzalo Farias<sup>1</sup>

Received: 8 September 2021 / Revised: 13 May 2022 / Accepted: 6 October 2022  
© The Author(s) 2022

**Abstract**  
Some of the most critical competencies students need to acquire to become control engineers require performing practices under actual industrial conditions. This means that they must not only master the theoretical aspects of the discipline but also acquire skills and attitudes to face unpredictable real-world situations. Software tools such as Matlab/Simulink are widely used to train the design and validation of controllers, but they fail to provide real industrial contexts. Nowadays, there are 3D simulation tools that support recreating industrial environments to a remarkable extent, making them very attractive for university courses. Nevertheless, their application in engineering courses is scarce yet. This paper presents a methodological framework for seizing into competency-based courses one of these simulation tools, called Factory I/O. Our approach was evaluated in a master's course on Industrial PID Control at Pontifical Catholic University of Valparaíso (PUCV) in Chile. The evaluation comprised the qualitative analysis of students' grades over four consecutive course editions and the qualitative study of students' opinion on Factory I/O educational value. The objectives of our evaluation were (i) testing if Factory I/O helped students develop skills hard to practice in academic contexts, such as detecting faults or recognizing the importance of having well-defined operation protocols; (ii) validating our methodology for competency-based courses; and (iii) surveying our students about Matlab/Simulink and Factory I/O strengths/weaknesses to teach control engineering. According to the results, (a) Factory I/O complements Simulink by providing an adequate virtual environment to learn the aforementioned skills; and (b) our methodology supports courses' continuous improvement through the statistical analysis of students' achievements at different abstraction levels.

**Keywords** Control education · Educational technologies · 3D simulations · Competency-based education

All authors have contributed equally to this work.  
 Ruben Heradio  
rheradio@isi.uned.es

Extended author information available on the last page of the article.

Published online: 22 October 2022



2024

This article has been accepted for inclusion in a future issue of this journal. Content is final as presented, with the exception of pagination.

IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION

## A Pragmatic Framework for Assessing Learning Outcomes in Competency-Based Courses

Hector Vargas<sup>1</sup>, Ruben Heradio<sup>2</sup>, Gonzalo Farias<sup>2</sup>, Zhongcheng Lei<sup>3</sup>, Member, IEEE, and Luis de la Torre<sup>4</sup>

**Abstract—Contribution:** A competency assessment framework that enables learning analytics for course monitoring and continuous improvement. Our work fills the gap in systematic methods for competency assessment in higher education.  
**Background:** Many institutions are shifting toward competency-based education (CBE), thus encouraging their educators to start evaluating their students under this paradigm. Previous research shows that structured assessment models are fundamental in guiding educators toward this adoption.  
**Intended Outcomes:** An assessment model for CBE that is easy to adopt and use, while facilitating the application of learning analytics techniques.  
**Application Design:** The new framework considerably extends a prior model we proposed three years ago. Two engineering competency-based courses used the framework for assessment. Assessment rubrics were prepared and used for evaluating and collecting the students' data progressively, thus enabling the use of learning analytics for decision-making.  
**Findings:** Thanks to the model: 1) students received a detailed report of their achievements, including a thorough explanation and justification of the evaluation criteria and 2) instructors could improve the course and provide objective evidence of their actions to quality assurance agencies. As a result, the framework is presently being used in 15 courses taught at eight different university degrees at the Pontifical Catholic University of Valparaíso (PUCV).  
**Index Terms—**Assessment, competency, engineering education, learning outcome.

### I. INTRODUCTION

IN THE last years, academic institutions all over the world have declared their conversion toward a competency-based education (CBE) model [1], [2], [3], [4], [5]. In CBE, unlike traditional education, students must not only acquire the disciplinary theory (*knowledge*) but also the skills and attitudes

Manuscript received 4 July 2023; revised 6 November 2023; accepted 20 December 2023. This work was supported in part by the Chilean Ministry of Science under Project FONDECYT 1191188, and in part by the China Scholarship Council (CSC) under Grant 202106275005. This paper's open-access publishing was funded by the Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). (Corresponding author: Zhongcheng Lei.)  
Hector Vargas and Gonzalo Farias are with the School of Electrical Engineering, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso 2362804, Chile.  
Ruben Heradio is with the Department of Software and Systems Engineering, Universidad Nacional de Educación a Distancia, 28040 Madrid, Spain.  
Zhongcheng Lei is with the School of Electrical Engineering and Automation, Wuhan University, Wuhan 430072, China (e-mail: zhongcheng.lei@whu.edu.cn).  
Luis de la Torre is with the Department of Computer Science and Automatic Control, Universidad Nacional de Educación a Distancia, 28040 Madrid, Spain.  
Digital Object Identifier 10.1109/TE.2023.3347273

© 2024 The Authors. This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License. For more information, see <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



# Registro de propiedad intelectual



2023

En septiembre de 2023, se realiza el *registro de propiedad intelectual* del Modelo de Evaluación C-A&M en el *Departamento de Derechos Intelectuales del Ministerio de Cultura, Artes y el Patrimonio* del Gobierno de Chile.

**CERTIFICADO**

Nº: 2023-A-9850

Número dos mil veintitrés A - nueve mil ochocientos cincuenta. En Santiago, a las catorce horas y veintitrés minutos, del día cinco de septiembre de dos mil veintitrés, registro a nombre de PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO, persona jurídica, con domicilio en Chile, ciudad de Valparaíso, Avenida Brasil número dos mil novecientos cincuenta, comuna de Valparaíso, la propiedad de Obra Literaria (manual) titulada: C-A&M FRAMEWORK: MODELO SISTEMÁTICO DE EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS MANUAL TÉCNICO. Solicitó la inscripción, VANIA ISABEL BADILLA LARA, ingeniera comercial, con domicilio en Chile, ciudad de Valparaíso, Avenida Brasil número dos mil novecientos cincuenta, comuna de Valparaíso. Se hizo depósito legal y pagaron derechos correspondientes.

Fecha de Emisión: 06/09/2023 A: 05/09/2023



CLAUDIO PATRICIO OSSA ROJAS  
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE DERECHOS INTELECTUALES  
07 de septiembre de 2023 15:14:52

  
L732242023

Para verificar ingrese Nº del Código de Barra en verificación.dibam.cl.  
Emitido con Firma Electrónica Avanzada (Ley Nº19.799)

Tel: +56 2 2997 0345  
Maipo 360, Santiago, Chile  
propiedadintelectual.gob.cl

**GOBIERNO DE CHILE**