

## **QUEHACER DOCENTE. ARTICULACIÓN DE ASIGNATURAS DE LA MACROFACULTAD UFRO-UBB-UTAL EN RELACIÓN A LOS BALANES DE MATERIA Y ENERGÍA.**

Gerson Valenzuela G., Universidad de La Frontera, gerson.valenzuela@ufrontera.cl

Héctor Quinteros L., Universidad de Talca, hquinteros@utalcal.cl

Jorge Saavedra M., Universidad del Bío-Bío, jsaavedra@ubiobio.cl

Mara Cea L. Universidad de La Frontera, mara.cea@ufrontera.cl

Marybel Ramiro. Universidad de La Frontera, marybel.ramiro@ufrontera.cl

### **RESUMEN**

En este trabajo se muestran los resultados del proyecto “Articulación del quehacer docente en la formación de estudiantes de ingeniería de procesos en contenidos relevantes de ciencias de la ingeniería de la MacroFacultad. Aplicación a contenidos de Balance de Materia y Energía” del Fondo de Desarrollo Educacional (FDE) de la MacroFacultad UFRO-UBB-UTAL de Ingeniería 2030. El objetivo del proyecto es promover la reflexión entre académicos respecto al efecto de sus metodologías de enseñanza, instrumentos de evaluación y uso de tecnologías (TIC) en el aprendizaje de sus alumnos. El proyecto congrega tres académicos y tres asignaturas (una por cada académico). Las asignaturas tienen en común los Balances de Materia y Energía como parte de sus contenidos. La metodología contempla: caracterizar a los académicos, caracterizar a los alumnos y articular los planes de las tres asignaturas con el fin de diseñar una evaluación que se aplique a los alumnos. Los resultados de la evaluación se analizan a la luz de la caracterización de académicos y alumnos, generando de esta forma datos que sirvan a la reflexión académica acerca del quehacer docente e incentivar la adopción de innovaciones educacionales. Los resultados a la fecha muestran que las tres asignaturas coinciden en la *aplicación de los principios de balances de materia y energía en sistemas de estado estacionario*. Al margen de esto, se han detectado diferencias claras en las habilidades del pensamiento en que los contenidos de las asignaturas se enseñan a los alumnos de la UBB y la UFRO. UTALCA muestra algunas similitudes a la UFRO, pero integra mayor habilidad del pensamiento debido a que la asignatura se imparte en un nivel avanzado de la malla curricular respecto a UFRO y UBB.

**PALABRAS CLAVES:** Ingeniería 2030, Reflexión, Metodologías de enseñanza, Articulación de asignatura, Instrumentos de evaluación, TIC.

### **INTRODUCCIÓN**

Mediante el plan estratégico Nueva Ingeniería para el 2030, Chile se suma a la tendencia mundial que busca evolucionar la educación en ingeniería. Existe un consenso de que la ingeniería requerida es distinta a la hoy existente en varios aspectos, uno de los cuales es el proceso formativo de profesionales. La MacroFacultad formada por la Universidad de La Frontera (UFRO), Universidad de Talca (UTAL) y Universidad del Bío-Bío (UBB) son instituciones activas en este plan de evolución y perfeccionamiento del modelo educacional en ingenierías [SYM 2012, CORFO 2013].

Para actualizar los procesos formativos es necesario que los académicos generen o se adhieran a innovaciones educacionales para alinearse con las metodologías de aprendizaje de las nuevas generaciones [Huerta *et al.* 2005], sin embargo, las metodologías de enseñanza y aprendizaje adquiridas por los académicos de ingeniería nacen de su propia formación profesional sin contar con apoyos pedagógicos o formación en pedagogía. Es por ello que la evolución y perfeccionamiento del modelo educacional es un objetivo que requiere de la reflexión entre académicos. Hoy, con la creación de la MacroFacultad es posible extender esta

reflexión entre académicos de distintas universidades, pese a ello, son pocas o nulas las instancias en que los académicos de ingeniería pueden discutir, bajo una mirada autocrítica basada en resultados, el efecto que tienen las metodologías de enseñanza usadas en la formación de los alumnos. En el reciente Primer Congreso de Innovación, tecnología y aprendizaje en educación superior (INTEA) se presentaron casos de innovaciones educacionales que se están llevando a cabo hoy en Chile, donde distintos investigadores han mostrado que al aplicar metodologías activas en conjunto con el uso pedagógico de las tecnologías para la información y comunicación (TIC) se disminuyen las tasas de reprobación y se potencia el desarrollo de competencias genéricas de los alumnos [INTEA 2016]. En esta instancia, la MacroFacultad de ingeniería (UFRO - UBB - UTAL) no tuvo participación, lo que deja en evidencia la necesidad de espacios e instancias de reflexión entre los académicos en torno a este importante tema.

El presente trabajo muestra resultados del proyecto “Articulación del quehacer docente en la formación de estudiantes de ingeniería de procesos en contenidos relevantes de ciencias de la ingeniería de la MacroFacultad. Aplicación a contenidos de Balance de Materia y Energía, cuyo objetivo es promover la reflexión entre académicos de la MacroFacultad. Se espera que este trabajo sirva de iniciativa para articular distintas asignaturas entre los programas de ingeniería de la MacroFacultad, reflexionando en este proceso sobre la enseñanza y las innovaciones que se puedan crear, adoptar y aplicar.

## **DESARROLLO**

En la Fig. 1 se muestra un esquema del proyecto, con elementos que se describen a seguir.

### **Objetivo**

El principal objetivo es promover una instancia de reflexión entre académicos de la MacroFacultad reconociendo que el puente para que los académicos desarrollen o adopten innovaciones educacionales es la reflexión [Mauri 2016]. Por este motivo el proyecto involucra a tres académicos y sus cursos:

- Dr. Héctor Quinteros, Procesos Industriales II, Universidad de Talca.
- Dr. Jorge Saavedra, Balance de Materia y Energía, Universidad del Bío-Bío.
- Dr. Gerson Valenzuela, Balance de Materia y Energía, Universidad de La Frontera.

Otros importantes actores involucrados en el proyecto son Sra. Marybel Ramiro y Dra. Mara Cea. Sra. Marybel Ramiro es directora de Coordinación de Desarrollo Curricular de la Universidad de La Frontera, quién actúa como apoyo técnico aportado por el Nodo de Formación UFRO. Dra. Mara Cea es académica de la Universidad de La Frontera, actualmente cursa el diplomado en docencia universitaria “Avanzando hacia Buenas Prácticas Docentes” de la misma casa de estudios.

### **Metodología**

La metodología del proyecto se focaliza en investigar tres aspectos que, a modo de hipótesis, influyen en el quehacer universitario:

- Articulación de los programas de asignatura de los cursos.
- Caracterización de los académicos.
- Caracterización de los alumnos.

### Articulación.

Para los fines de este proyecto, la articulación de los planes de asignatura se refiere al proceso de comparación de los programas de los tres cursos distinguiendo elementos comunes tales como: resultados esperados de aprendizaje, contenidos, metodologías y evaluaciones. El resultado de este ejercicio de articulación es una evaluación (por ejemplo, una prueba) que contiene el contenido común de las asignaturas, supeditado a los resultados esperados de aprendizaje de los cursos lo que define la complejidad de la evaluación según la taxonomía de Bloom y sus actualizaciones [Bloom 1956, Anderson 2001]. Esta evaluación es rendida voluntariamente por alumnos sin que afecte en ninguna medida sus calificaciones formales.

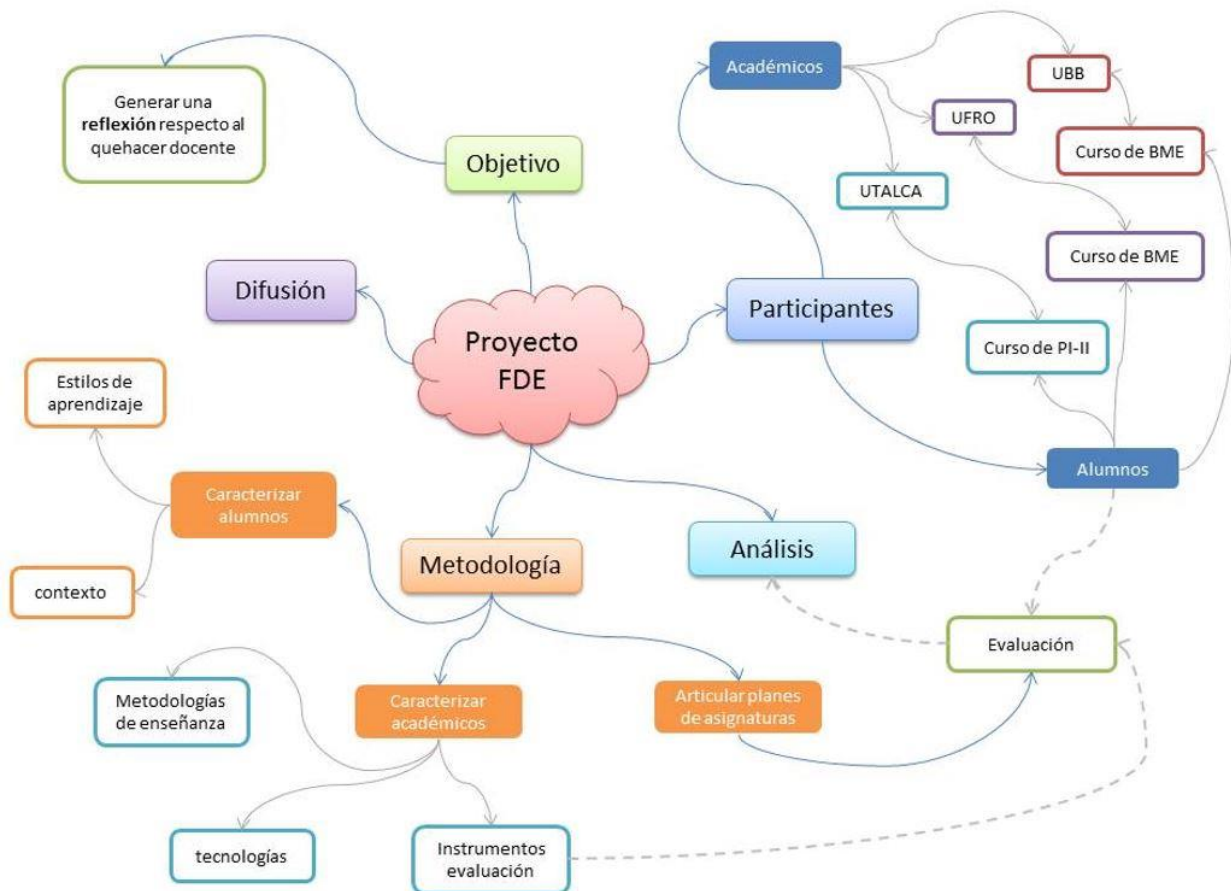


Figura N° 1. Esquema (mapa mental) general del proyecto. En un estilo de mapa mental el esquema muestra los principales elementos del proyecto y sus relaciones. Objetivo, Participantes, Metodología, Análisis y Difusión.

### Caracterización de los académicos.

Se busca identificar el uso de innovaciones educacionales por parte de los académicos. Para ello se investigan tres dimensiones del quehacer docente:

- Metodologías usadas por los académicos en aula.
- Tecnologías usadas por los académicos (TIC)
- Instrumentos de evaluación y calificación utilizados por los académicos.

Estas dimensiones son investigadas por medio de dos instrumentos: cuestionario de evaluación docente dirigido a los alumnos participantes, cuestionario de autoevaluación docente dirigido a cada académico. Un elemento especialmente importante en esta caracterización son los instrumentos de calificación utilizados por los académicos. Los alumnos rendirán una evaluación que luego será calificada. El proyecto busca identificar el efecto que podría tener el instrumento de calificación en los resultados de las evaluaciones. Para ello, se permitirá que cada académico califique las evaluaciones según la forma que normalmente utiliza. En una segunda instancia, se espera calificar las evaluaciones conforme a un instrumento de calificación diseñado con apoyo de la Dirección de Pregrado de la Universidad de La Frontera. Los resultados de las evaluaciones serán posteriormente analizados a la luz de las metodologías, TIC e instrumentos de calificación utilizado por los académicos.

### Caracterización de los alumnos.

En principio los alumnos son caracterizados según su estilo de aprendizaje. Para este fin se aplicará un test adecuado, por ejemplo el CHEAE.

### Análisis

En este proceso se comparan los resultados de las evaluaciones rendidas por los alumnos, los que serán analizados en función de las variables presentadas anteriormente.

## RESULTADOS

A la fecha se presentan resultados parciales del proyecto dado que éste se ha visto retrasado por motivos que escapan al alcance de los autores de este proyecto. En la Fig. 2 se muestra una línea de tiempo del proyecto. Desde el envío del proyecto a la aprobación final del mismo han pasado tres meses. La resolución del proyecto estaba planeada para la segunda quincena de abril de 2016. El proyecto formalmente inició el 28 de junio.

#### Avance del proyecto

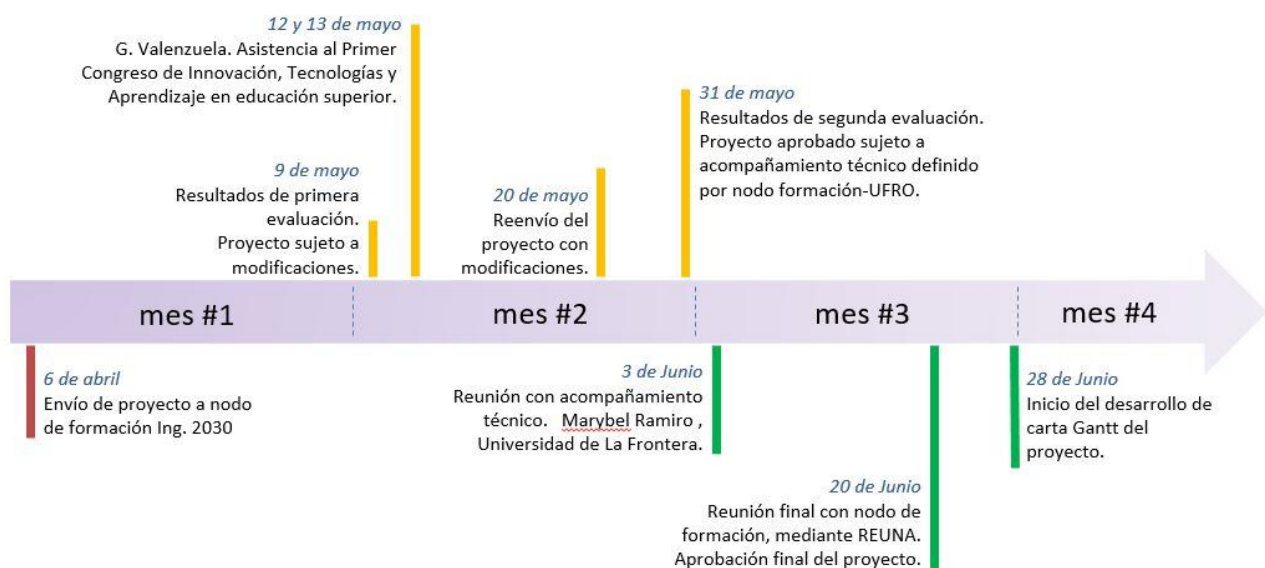


Figura N° 2. Línea de tiempo donde se exponen los hitos del proyecto previo al inicio oficial del mismo.

### Articulación de los planes de asignatura.

Los programas de asignatura de los tres académicos participantes de este proyecto son comparados en base a resultados esperados de aprendizaje y contenidos. Algunos datos generales de las asignaturas son dadas en la Tabla 1.

Tabla N°1. Datos de las asignaturas. Todas las carreras mencionadas son *civiles*.

	UFRO Balances de Materia y Energía	UBB Balance de Materia y Energía	UTALCA Equipos y procesos industriales II
Carrera	Ingeniería en Biotecnología Ingeniería Industrial m/Bioprosos. Ingeniería Ambiental.	Ingeniería Química	Ingeniería Industrial
N° alumnos	26	20	35
SCT	6	6	6
	4 hrs intra-aula 6 hrs extra-aula	6 hrs intra-aula 8 hrs extra-aula	4 hrs intra-aula 6 hrs extra-aula
Semestre	6° semestre	4° semestre	8° semestre
Pre-requisito	Termodinámica química	Termodinámica química	-Electricidad y magnetismo -Equipos y procesos industriales I
Académico	Gerson Valenzuela G,	Jorge Saavedra M.	Héctor Quinteros L.
Universidad de formación del académico	Ingeniero Químico Universidad de Concepción	Ingeniero Químico Universidad de Concepción	Ingeniero Químico Universidad de Concepción

De esta tabla queda en manifiesto diferencias en:

- Carreras a las que se dirigen las asignaturas.
- Semestre en que se imparte

Por otro lado hay algunas similitudes en:

- Pre-requisitos (UFRO-UBB)
- Horas intra y extra aula (UTALCA-UFRO)

Hay similitudes en las tres asignaturas en:

- Créditos SCT.
- Universidad de formación y título profesional del académico a cargo de la asignatura.

El contexto general es que las asignaturas difieren entre sí con algunas coincidencias aisladas entre pares. Sólo hay coincidencia a nivel de créditos SCT y universidad de formación del docente a cargo.

En Tabla 2 se presentan los resultados esperados de aprendizaje de las asignaturas tal y como se describe en sus programas. Los verbos de estos resultados son descriptores de la habilidad de pensamiento que se espera para los contenidos. Solo centrándose en los verbos listados, las asignaturas se pueden comparar en la taxonomía de Bloom y en la revisada por Anderson.

Tabla N°2. Resultados esperados de aprendizaje de las tres asignaturas.

UFRO	UBB	UTALCA
<p><b>1.-Interpretar</b> los procesos industriales en los cuales se observan fenómenos de transporte.</p> <p><b>2.-Describir</b> la ecuación general de balance de materia y la ecuación general de balance de energía en estado estacionario</p> <p><b>3.-Aplicar</b> balances de materia y energía en estado estacionario en procesos industriales.</p> <p><b>4.-Comunicar</b> en forma efectiva los resultados obtenidos individualmente y en los trabajos grupales.</p>	<p><b>1.-Aplica</b> los principios y conceptos fundamentales involucrados en la conservación de la materia para la realización de balances.</p> <p><b>2.-Formula</b> Balances de Materia en equipos y unidades de proceso no reaccionantes para la industria de procesos químicos y bioquímicos.</p> <p><b>3.-Formula</b> Balances de Materia en equipos y unidades de proceso reaccionantes para la industria de procesos químicos y bioquímicos</p> <p><b>4.-Modela</b> procesos de la industria química y bioquímica, resolviendo balances de materia y energía acoplados.</p>	<p><b>1.-Aplica</b> de manera sistemática balances de materia y energía para procesos compuestos con uno o más componentes unitarios.</p> <p><b>2.-Interpreta</b> conjuntos de datos tanto tabulados como correlacionados para obtener resultados valiosos de modelos de balance de energía.</p> <p><b>3.- Modela</b> sistemas reactivos simples de manera singular y el conjunto con otros equipos, haciendo uso de herramientas de software para programar sus propios modelos.</p> <p><b>4.-Comprende</b> planos de plantas y procesos, diagramas de instrumentos y sistemas de control simples.</p>

En Tabla 3 y Tabla 4 se muestran las comparaciones. De la asignatura de Procesos y Equipos industriales II se omitieron los resultados de aprendizaje 3 y 4 en el análisis ya que estos se relacionan con contenidos de Cinética de Reacciones y Control de Procesos. Bajo la taxonomía original de Bloom, las asignaturas comparten la “aplicación” como habilidad del pensamiento. La asignatura de UFRO presenta un sesgo hacia una habilidad de menor de pensamiento (comprensión), contrario a UBB con un sesgo hacia una habilidad de mayor pensamiento (síntesis). En comparación la asignatura de UTALCA se situaría en un nivel intermedio a las otras dos.

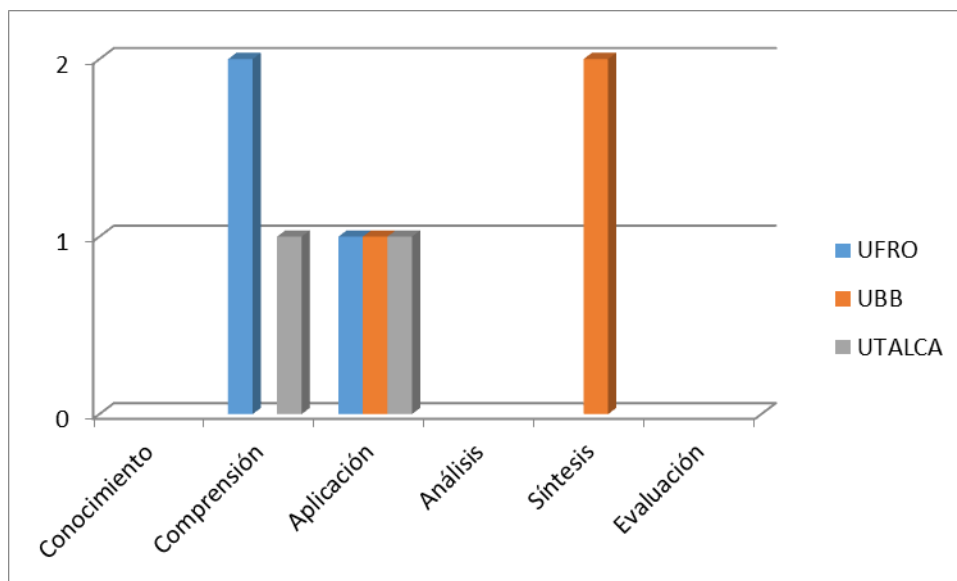


Figura N° 3. Comparación del verbo de resultados de aprendizaje según taxonomía de Bloom de 1957. Menor nivel de aprendizaje: Conocimiento. Mayor nivel de aprendizaje: Evaluación. En la ordenada se sitúa el número de resultados de aprendizaje que cae en cada categoría.

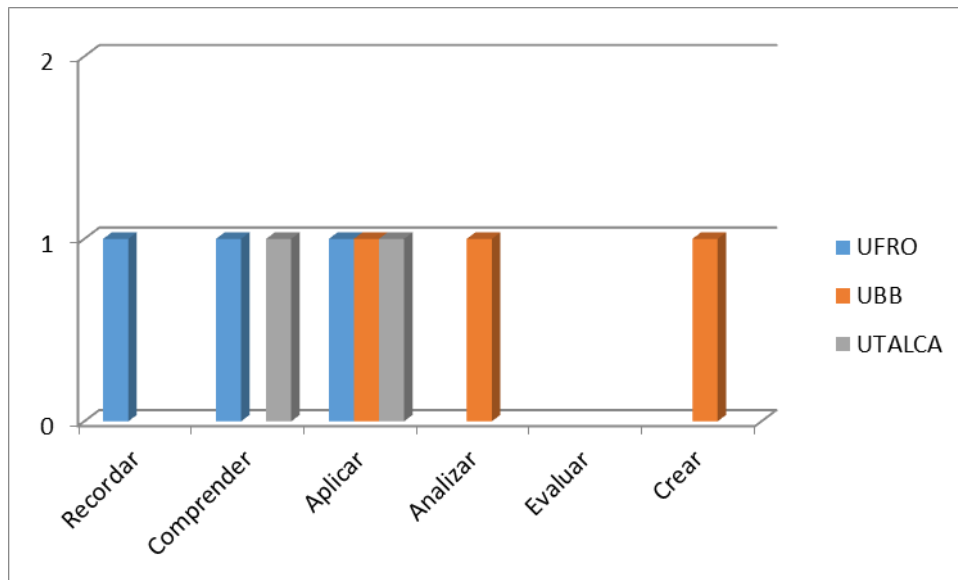


Figura N° 4. Comparación del verbo de resultados de aprendizaje según taxonomía de Anderson de 2001. . Menor nivel de aprendizaje: Recordar. Mayor nivel de aprendizaje: Crear. En la ordenada si sitúa el número de resultados de aprendizaje que cae en cada categoría.

Los sesgos a determinadas habilidades de pensamiento se pierden al comparar las asignaturas en base a la taxonomía actualizada de Anderson. En este caso las asignaturas muestran solo un resultado de aprendizaje por categoría. Es claro que la asignatura UBB busca desarrollar una mayor habilidad del pensamiento del contenido en relación a la UFRO, quedando UTALCA entre ambas, similar a UFRO. Sin embargo las tres asignaturas coinciden en la categoría del “aplicar”.

Al observar los contenidos de la categoría de “aplicar” en los resultados de aprendizaje de las tres asignaturas y sus contenidos por unidad (no mostrados en este informe por espacio), se detecta que la aplicación corresponde a *los principios de conservación de masa y de energía*. El contexto es similar en los tres casos: una o más unidades de proceso con y sin reacciones químicas. UBB y UTALCA incluyen en estos contenidos análisis de grados de libertad del problema de balance de materia y energía y estado no estacionario. Estos dos contenidos no son abordados por la asignatura UFRO, aunque se ha constatado con los académicos UBB y UTALCA que estos son contenidos vistos pero sin evaluación (o formativa si se aplica).

### Resultados esperados

En la medida que este proyecto continúa su avance se esperan resultados tales como:

- Generación de una evaluación que sea común entre las asignaturas UBB-UFRO-UTALCA. Este es el paso a seguir de detectar resultados de aprendizaje y contenidos comunes en las asignaturas.
- Estilo de aprendizaje de los alumnos participantes del proyecto.
- Caracterización de los docentes mediante cuestionarios de evaluación y autoevaluación.
- Resultados de la evaluación rendida por los alumnos.
- Análisis de resultados.

## **CONCLUSIONES**

Hasta el desarrollo de este informe se ha detectado que las asignaturas Balances de Materia y Energía (UFRO), Balances de Materia y Energía (UBB) y Equipos y Procesos industriales II (UTALCA) comparten entre si la habilidad del pensamiento de “aplicar” los principios básicos de balances de materia y energía. Al margen de esto, la comparación de los programas de asignatura muestran que el Ingeniero Químico UBB debería disponer de una gran habilidad creativa y de síntesis en relación a los contenidos de balances de materia y energía; los ingenieros UFRO (Ambientales, en Biotecnología, Industriales c/m Biotecnología) deberían disponer de una habilidad de comprensión de procesos industriales y de aplicación de balances de materia y energía en estos procesos; y el ingeniero industrial UTALCA debería disponer de una habilidad similar a los ingenieros UFRO, pero con un sesgo hacia la creación/síntesis dada por contenidos de cinética de reacciones y control de procesos que abordan en la asignatura Equipos y Procesos industriales II.

## **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece a la MacroFacultad de Ing2030 (UFRO-UBB-UTAL) por su apoyo económico mediante el Fondo de Desarrollo Educacional del proyecto “Articulación del quehacer docente en la formación de estudiantes de ingeniería de procesos en contenidos relevantes de ciencias de la ingeniería de la MacroFacultad. Aplicación a contenidos de Balance de Materia y Energía”.

## **REFERENCIAS**

Anderson, L. W. and Krathwohl, D. R., et al (Eds..) (2001) *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom’s Taxonomy of Educational Objectives*. Allyn & Bacon. Boston, MA (Pearson Education Group)

Bloom, B.S. and Krathwohl, D. R. (1956) *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals*, by a committee of college and university examiners. Handbook I: Cognitive Domain. NY, NY: Longmans, Green.

Corfo (2013). Bases técnicas concurso “PLAN ESTRATÉGICO – NUEVA INGENIERÍA PARA EL 2030”. <http://www.corfo.cl/programas-y-concursos/programas/implementacion-del-plan-estrategico--nueva-ingenieria-para-el-2030> Visitado el 26-06-2016.

INTEA (2016). Información obtenida de asistencia a conferencias, presentaciones y mesas temáticas del Primer Congreso de Innovación, tecnología y aprendizaje en educación superior (INTEA). Universidad de Santiago de Chile, 12 y 13 de mayo de 2016.

Jesús Huerta Amezola, Irma Susana Pérez García, Gabriela Guadalupe Carrillo Núñez. (2005). Referentes conceptuales para la enseñanza centrada en el aprendizaje. *Revista de Educación y Desarrollo* 4: 36-44. [http://www.cucs.udg.mx/revistas/edu\\_desarrollo/anteriores/4/004\\_RED\\_completa.pdf](http://www.cucs.udg.mx/revistas/edu_desarrollo/anteriores/4/004_RED_completa.pdf). Visitado el 17-05-2016.



Mauri M. (2016). Conferencia inaugural. Primer Congreso de Innovación, Tecnología y Aprendizaje en educación superior. Universidad de Santiago de Chile, 12-13 de mayo.

Novoa, R. (2016). Bienvenida SOCHEDI 2016, Revista Nuestra Muestra. 1(1), 1–12.

SYN (2012). SYN Iniciativa Ingeniería 2030. Informe N°1: Factores y Tendencias Claves de la Ingeniería a Nivel Internacional. [https://www.u-cursos.cl/uchile/2014/0/ING2030/1/material\\_docente/objeto/921532](https://www.u-cursos.cl/uchile/2014/0/ING2030/1/material_docente/objeto/921532) Visitado el 26-06-2016.