

MATEMATICA COMPUTACIONAL: CONNOTACIONES CURRICULARES DESDE LA PERSPECTIVA DE LA COMPLEJIDAD EN INGENIERIA MECANICA

Mónica Beatriz Dádamo, Laboratorio Multidisciplinar de Ciencias Básicas.
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario,
Zeballos 1341, 2000 Rosario, Argentina, mbdadamo@gmail.com

Resumen— Los problemas de la Ingeniería actual demandan de la participación de profesionales de diversas disciplinas.

Debido a la enorme rapidez y capacidad de procesamiento de cálculo, emerge la denominada Matemática computacional (MC). La integración del computador en el aula de ingeniería debería orbitar alrededor de cuatro modos: como herramienta comunicacional, como herramienta didáctica, como herramienta integrada al ámbito profesional y como instrumento matemático.

Este trabajo revisó el rol de la MC en la formación de grado de alumnos avanzados de la carrera de Ingeniería Mecánica de nuestra casa de estudios.

La investigación aplicada fue del tipo hermenéutico-dialéctico. Se encuestaron a estudiantes avanzados y docentes de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica Nacional sede Rosario correspondientes a ciclos lectivos 2014-2015-2016.

Se concluyó que el modelo educativo vigente no propicia en los actores institucionales el fortalecimiento de la autonomía con la herramienta computacional. Prevalecen cegueras disciplinarias que impiden abordar la complejidad en la formación superior como una propuesta organizacional.

Palabras clave— *matemática computacional, complejidad, transdisciplina.*

1. Introducción

Desde nuestro rol de docentes, históricamente diferentes visiones sobre la Educación Matemática nos ha planteado la necesidad de reflexionar sobre los desarrollos teóricos y metodológicos, el surgimiento de la informática y su incumbencia, tanto en lo curricular como en lo científico, lo tecnológico y lo ingenieril.

Los problemas de la Ingeniería actual demandan de la participación de profesionales de diversas disciplinas. Así surge el concepto de la Complejidad, como un marco común para la formación, que nos reta a un replanteo epistemológico y que lleva una organización diferente del conocimiento. Podemos imaginar al pensamiento complejo como una herramienta conceptual, que nos habilita a percibir otra realidad; ejemplos: el cambio de paradigma energético, cambios de materiales, el impacto ecológico, el desarrollo urbano. La Complejidad está en relación directa con la superación de las

ciencias clásicas y permite desarrollar estrategias inter y transdisciplinarias, que conllevan nuevas miradas sobre la naturaleza, la sociedad [1] [2].

La formación de profesionales para participar en equipos de trabajo transdisciplinarios se lo asocia en el imaginario a una etapa de posgrado, pero el verdadero desafío pedagógico es preparar a los alumnos del grado con esta concepción [3]. No se trata de cambiar los objetivos de los contenidos disciplinarios vigentes sino prever incluir en el área de matemática, como mínimo, los procesos de discretización y de aleatoriedad; y en general, hacer hincapié en los modos, tiempos y actores participantes que deben estar presentes en los desarrollos curriculares de ingeniería [4].

Por otra parte, gracias al avance de la informática, los medios de cálculo han evolucionado tanto, que han cambiado la forma de pensar las Matemáticas. La enorme rapidez y capacidad de procesamiento de cálculo obliga a nuevas abstracciones conceptuales. Emerge la denominada Matemática computacional (MC), que permite construir nuevos modelos matemáticos abstractos, que dejan de ser espacio-tiempo continuo para ser espacio-tiempo discreto [5].

La MC permite el manejo de grandes volúmenes de datos, facilita la identificación de problemáticas transdisciplinarias y puede especificar metas en conjunto, discutir modos de representación de resultados, desarrollar formas de análisis crítico para encontrar nuevos paradigmas de pensamiento.

¿Cuál es el rol de las nuevas tecnologías de la información y comunicación (NTICs) en los procesos formativos en educación matemática?

¿Cómo se interrelacionan la informática con la Matemática y las Ciencias Básicas para resolver problemas ingenieriles?

Las NTICs han cambiado los vínculos que establecemos con las formas de conocer, impactan en las actividades académicas vinculadas a la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas. En este sentido, Armella [6] distinguió el uso de la computadora como herramienta y como instrumento. Siguiendo su planteo, en este trabajo se propuso que la integración del computador en el aula de ingeniería orbite alrededor de cuatro modos: 1) como herramienta comunicacional/sustitutiva (almacenamiento, traslado y acceso de información), 2) como herramienta didáctica/aumento (utilización de programas armados, facilitador de presentación, representación y manipulación), 3) como herramienta de modificación/integrada al ámbito profesional (vinculada específicamente a la disciplina) y 4) como herramienta de restitución/instrumento matemático (para generar modelos innovadores, para avanzar sobre la arquitectura de los problemas).

Este trabajo se planteó como objetivo revisar el rol de las matemáticas en la formación de grado a través de una encuesta a estudiantes avanzados y docentes de Ingeniería. En simultáneo, se analizó la normativa vigente en la universidad y los distintos paradigmas de la enseñanza Matemática.

2. Materiales y Métodos

Dentro del marco del pensamiento complejo se construyen alternativas para incluir la MC en la enseñanza de las matemáticas para el ingeniero mecánico (IM) en conjunto con los conceptos introductorios de la complejidad y acorde a la naturaleza de la estructura a estudiar, el método de investigación aplicado fue del tipo hermenéutico-

dialéctico tendiente a indagar la valoración del plan curricular de formación en matemáticas.

Este trabajo fue parte de mi tesis de Magister en Educación, recientemente aprobada, titulada “Multidisciplinariedad en Educación en Ingeniería: Cambios metodológicos para el abordaje de la complejidad mediante la Matemática Computación”, que ha tenido como objetivo principal desarrollar innovaciones didácticas para el trabajo áulico y como objetivo colateral permitió reflexionar sobre la problemática curricular.

Participaron en el trabajo 85 estudiantes avanzados y 24 docentes de la carrera de IM de la Universidad Tecnológica Nacional sede Rosario correspondientes a los ciclos lectivos 2014-2015-2016.

En este trabajo se definió estudiante avanzado a todo alumno que al momento de la encuesta haya cursado Cálculo Avanzado (CA) o asignaturas superiores de la carrera de IM (3°, 4° y 5° año).

La muestra de alumnos representó el 71% del total de estudiantes avanzados de los tres años. Los docentes representaron el 54% de los titulares de las cátedras.

Los estudiantes y alumnos participaron respondiendo una encuesta instrumentada con un cuestionario preestructurado. Las distintas respuestas otorgadas a las preguntas fueron posteriormente comparadas y contrastadas.

3. Resultados

Inicialmente se consultó a los alumnos sobre el estado de aprobación de cada una de las asignaturas que conformaban el ciclo avanzado del plan de estudios de la carrera. En las materias de 3° año, se observó que la asignatura CA fue la menos aprobada (38,9%) y/o regularizada (8,3%); similar situación con Mediciones y Ensayos Industriales (Figura 1).

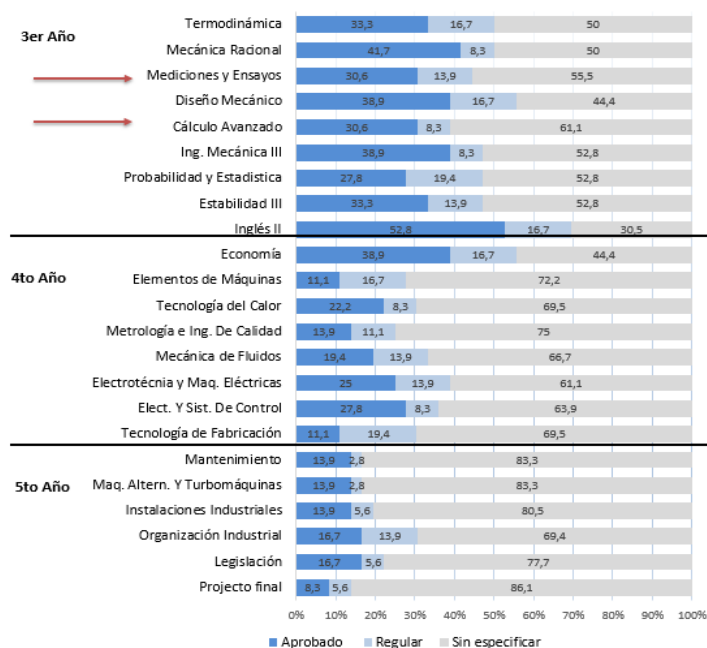


Figura 1. Estado de aprobación de materias en el ciclo superior de IM
Fuente: elaboración propia

Observando las correlatividades del Plan de Estudios vigente en IM, una posible explicación para lo observado sería que, al no haber materias que las soliciten en niveles posteriores, no conforman la urgencia de materias para aprobar; sólo la requiere Proyecto Final. Revisando las correlatividades de quien fuera la antecesora histórica de CA, la asignatura Análisis Matemático III (AM III) tenía que estar aprobada para poder rendir Mecánica de los Fluidos (MF); esta última asignatura sigue siendo una materia clave en las correlatividades de varias otras superiores (Maquinarias Alternativas, Instalaciones Industriales).

Se deduce entonces que las actuales correlatividades de la asignatura CA son más reducidas que los amplios vínculos curriculares que esta asignatura puede establecer. Se perdió el valor epistemológico de la red vincular. La Normativa sigue este razonamiento y no pretende modificar contenidos sino la indagación hermenéutica sobre lo que facilita y lo que falta para que la asignatura CA pueda cumplir su rol integrador (Figura 2).

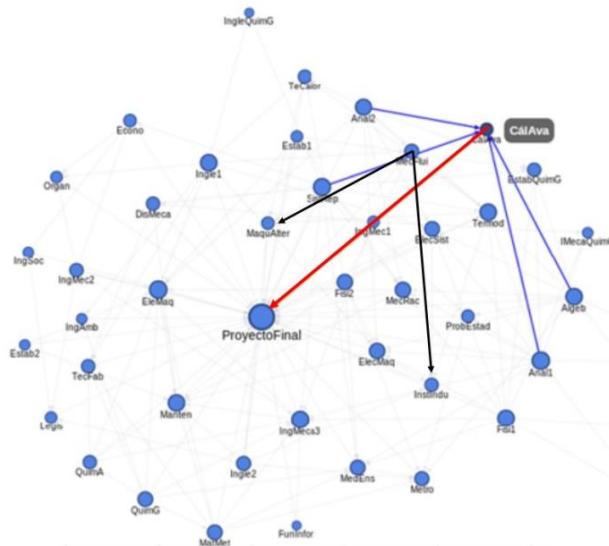


Figura 2. Correlatividades: Valor epistemológico de la red vincular
Fuente: elaboración propia

Se les consultó a los alumnos avanzados sobre los cambios que produce la tecnología, el 52,8% ve la tecnología como una herramienta didáctica (permite comprender mejor los temas y posibilitar un mayor aprendizaje). Para un 36% la tecnología representa una herramienta facilitadora (agiliza la resolución de problemas y simplifica el cálculo). En muy pocos casos la tecnología ha generado una reorganización en el conocimiento del alumno (Figura 3).

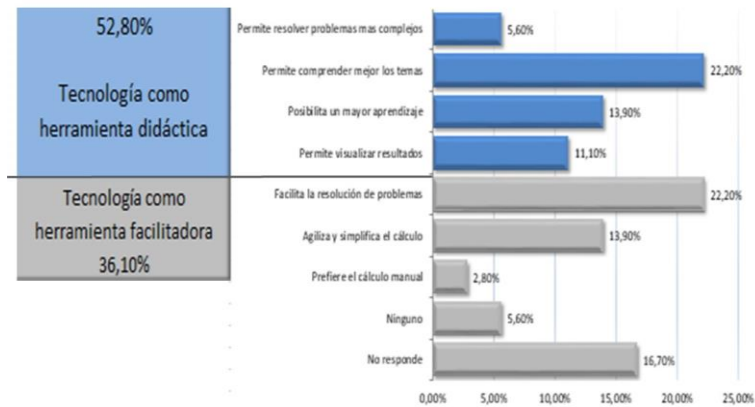


Figura 3. Cambios introducidos por las nuevas tecnologías en el aprendizaje de la asignatura CA
Fuente: elaboración propia

El conocimiento tecnológico computacional, que es esencialmente interdisciplinario y pragmático, no pareciera tender hacia una praxis concreta para la resolución de problemas ingenieriles complejos. Que el 16,7% no haya respondido la pregunta plantea el interrogante de si los alumnos consideran que efectivamente no aporta el uso de la tecnología en las asignaturas, o simplemente no responden porque no tienen contra qué comparar. No olvidemos que estos alumnos son de una generación que no vivió la ausencia de tecnología en la materia.

Las dificultades en el cursado fueron, fundamentalmente, de tipo operacional-procedimental: los alumnos hicieron referencia a los inconvenientes con el manejo del software empleado para el desarrollo de los distintos temas y a las insuficientes horas de práctica en la computadora. Esto aparece como una preocupación constante y radica en la cantidad y complejidad los comandos. Otros indican que el problema es el lenguaje, y que no tener experiencia complica el uso del software, porque el ingreso de datos es estricto, faltándoles habilidades en los conceptos de análisis numéricos, simbólicos y programación.

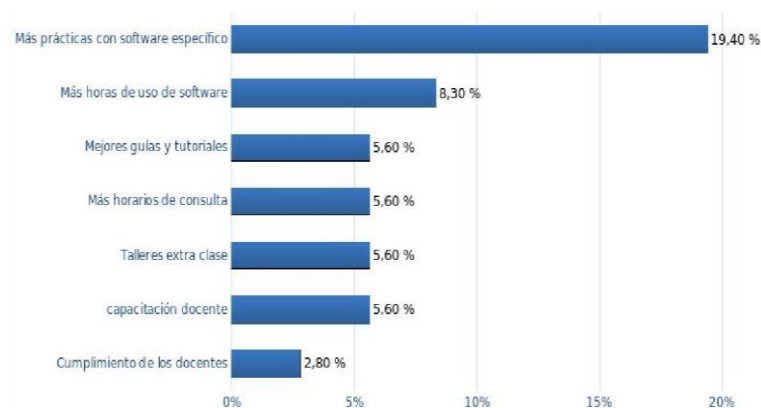


Figura 4. Sugerencias de los estudiantes del nivel avanzado de I. M. para mejorar el aprendizaje en Ciencias Básicas
Fuente: elaboración propia

Para mejorar el aprendizaje en Ciencias Básicas los alumnos sugirieron principalmente contar con más práctica ingenieril utilizando software específicos (44%), que arrastra a plantear tener más horas de Laboratorio que les posibilite más práctica en la computadora y por ende, la resolución de una mayor cantidad de ejercicios prácticos.

Además, indican la importancia de contar con más tutoriales para aprender a usar los programas computacionales de forma más fluida. Surgen propuestas relacionadas con la necesidad de más horarios de consulta y talleres extra clase para aprender programas específicos. Un 8,4% reclama a los docentes cambios en las prácticas, sugieren que deberían ser capacitados para incorporar nuevas metodologías de enseñanza y así mejorar la calidad educativa (Figura 4).

Se detectó que el 100% de los alumnos avanzados dispone de computadora, y el 77.8% responde que cuenta con conocimientos de computación. No obstante, al indagar puntualmente sobre esos conocimientos, sorprendió constatar que, según las respuestas brindadas, los alumnos confunden conocimientos de programación con conocimientos de computación (Figura 5).

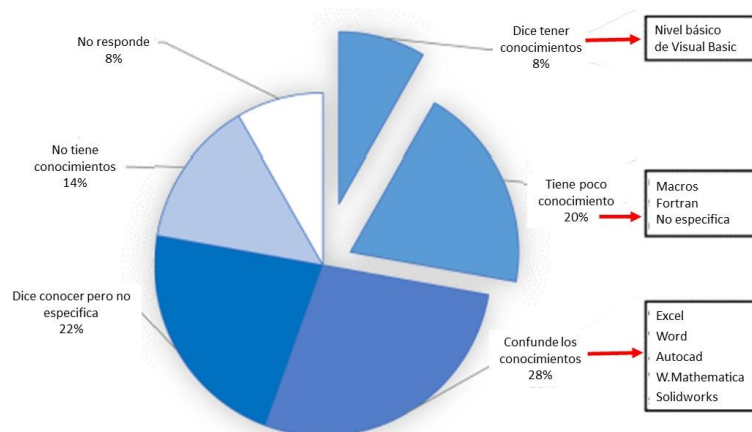


Figura 5. Conocimientos de computación o de programación de los alumnos del ciclo superior de IM
Fuente: elaboración propia

El 50% de los que dijeron tener conocimientos de programación, mencionaron programas tales como Excel, Word, Autocad, Wolfram Mathematica, Solidworks. Todos estos son programas de aplicación -algunos con programación macro de alto nivel- pero no específicamente de programación. Al indagar sobre cuál es la materia en la que desarrollaron conocimientos de programación, el 78.6% de los alumnos indicó desarrollarlos en Fundamentos de Informática; en tanto, el 17,9% declaró que lo desarrolló en CA. El 25% de los alumnos expuso que adquirió conocimientos de programación en otro establecimiento (institutos privados, escuela, etc.) o investigando por su propia cuenta. Los resultados obtenidos parecen indicar que se refieren a conocimientos de computación en general y no a programación específicamente.

Se consultó a los docentes de qué manera usaban las herramientas computacionales. La mayoría asignó un uso sustitutivo y/o didáctico, lo que pone en evidencia que la incorporación de la herramienta computacional no ha sido percibida como una transformación de los procesos de enseñanza-aprendizaje; sólo un 20% del total de docentes le da un uso de restitución a estas herramientas, creando actividades que serían imposibles sin su utilización. El 22% de los docentes del nivel avanzado emplean la herramienta informática como una herramienta sustitutiva directa a través de la introducción de mejoras funcionales en el desarrollo de la asignatura; sólo el 11% de ellos reveló que emplea alguna herramienta como modificación, dando significado a las actividades de aprendizaje que incluyen horas informáticas o bien modificando la experiencia (Figura 6). Observando la gráfica, predomina una visión utilitarista de las

computadoras, en sintonía con las líneas de los modelos de reproducción conservadores clásicos.

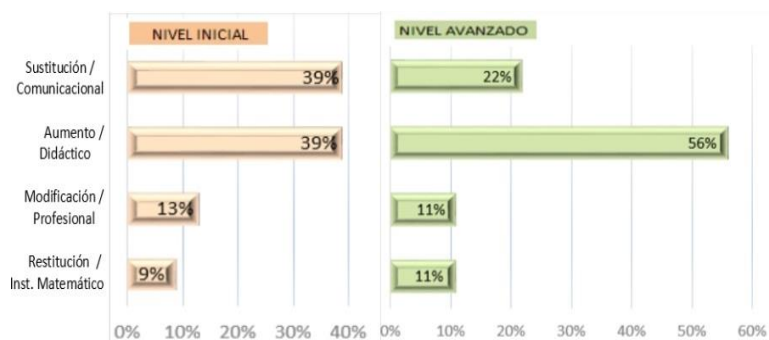


Figura 6. Uso que los docentes dan a las herramientas computacionales
Fuente: elaboración propia

Se consultó a los docentes sobre las estrategias didácticas con software matemático que utilizaban para que los alumnos vinculen los conceptos matemáticos con los contenidos de otras asignaturas. Uno de cada tres docentes expresó que no diseñó ninguna estrategia con ese fin. Otros (22%) nombraron la aplicación de softwares como herramienta de cálculo soporte en la implementación de trabajos prácticos (Figura 7). Se infiere entonces que predomina una visión disciplinar, en donde la computadora adquiere un carácter fundamentalmente instrumental. Se reclama la necesidad de mayor vinculación con docentes de otras cátedras del nivel inicial para coordinar los contenidos, a fin de evitar la superposición de los mismos; y también se demandan vínculos con docentes del ciclo superior, en el afán de mejorar la formación del estudiante de ingeniería.

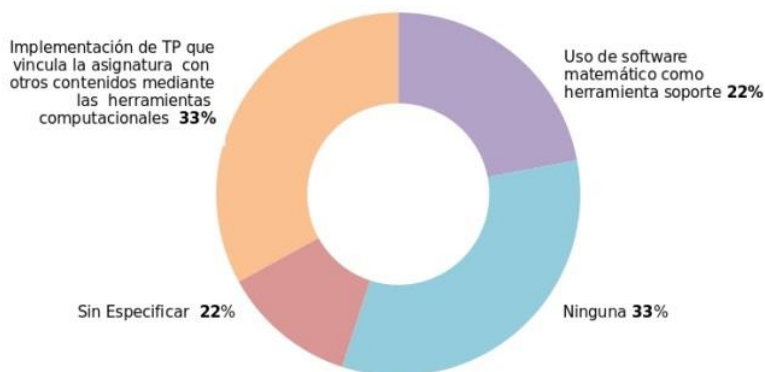


Figura 7. Estrategias didácticas con software matemático que aplican los docentes para vincular los conceptos matemáticos con los contenidos de otras asignaturas.
Fuente: elaboración propia

Cuando se les consultó a los docentes sobre potenciales cambios en la correlatividad de las asignaturas del plan de estudios de la carrera de IM, la mayoría refirió que no se deben hacer cambios.

Se sugirió que la asignatura Ingeniería y Sociedad, que se dicta en el primer año, no requiera de correlatividad para poder cursar materias del próximo nivel.

Otra materia que complica cursar el tercer año de IM es Fundamentos de Informática, que se dicta en segundo año, porque su no aprobación induce a que los alumnos deserten e impide el cursado de las materias del próximo año.

También se consultó a los docentes si las materias de primero, segundo y tercer año de la carrera podrían haber aportado más a la formación del IM. Algunos de ellos afirmaron no encontrar problemas, justificando que la formación del nivel inicial es suficiente para el entendimiento de las asignaturas del nivel superior de la carrera.

Otros docentes sugirieron considerar que las materias básicas (Física, Matemática) orienten con ejemplos de aplicación a temas específicamente mecánicos.

Y otros propusieron el desarrollo de temas referidos a física y electricidad, así como reforzar los conocimientos básicos en temas como Óptica y Calor, para mejorar el desarrollo del dictado de Mecánica de Fluidos, su comprensión y entendimiento.

3.1 Facilitadores para el cambio metodológico

De la reinterpretación de las encuestas han surgido facilitadores y grandes condicionantes para la realización de posibles cambios metodológicos a nivel transdisciplinario, que expone variantes al modelo de enseñanza tradicional, caracterizada por la escasa y ocasional presencia de actividades planificadas con las NTICs en el contexto de la formación de IM [7] (Tabla 1).

Tabla 1. Matriz de facilitadores.

Condición	Facilitadores	Condicionantes
Cuerpo docente capacitado y comprometido para superar las fronteras entre modelos de enseñanza disciplinarios y modelos transdisciplinarios.	<ul style="list-style-type: none"> - Trabajo en equipo - Promoción y generación de proyectos sobre los nuevos modos de construir conocimiento con herramientas computacionales. - Ámbitos de evaluación crítica y discusión sobre el tratamiento de los contenidos y correlatividades incorporando la herramienta computacional. - Creación de foros virtuales para comunicar experiencias y resultados. - Trasponer las fronteras del aula tradicional. 	<ul style="list-style-type: none"> - Educación tecnológica utilizando las NTICs en IM - Fronteras entre el ciclo de formación básico y el superior para revalorizar el entramado tecno-científico y romper con la idea de Ingeniería / Tecnología como ciencia aplicada. - Nuevas capacidades y perfiles docentes. Nueva actitud y dedicación en las tareas docentes. - Romper con las clases tradicionales expositivas.
Incorporación de la informática como Instrumento Matemático	<ul style="list-style-type: none"> - Incorporar la perspectiva de la matemática computacional en las asignaturas básicas con actividades complementarias y concurrentes. - Investigación educativa relacionada con la utilización de la herramienta computacional para evaluar acciones y resultados. - Nuevos perfiles docentes que gestionen la utilización de la herramienta computacional en los procesos de aprendizaje 	Nuevos escenarios de trabajo y producción para la innovación educativa.

Fuente: elaboración propia

4. Conclusiones

En sintonía con la experiencia presentada, puede decirse que el marco normativo y curricular vigente en la carrera de IM en UTN Regional Rosario está inserto en un contexto educacional, disciplinar, local y global. Creemos que es necesario revisar críticamente los contenidos y las correlatividades de las firmas de la carrera de IM.

Este trabajo demostró que el modelo educativo vigente no propicia el fortalecimiento de los actores institucionales de la autonomía con la herramienta computacional. Se advirtió que subyace una visión instrumental procedimental que sólo utiliza las computadoras como herramientas y no como un instrumento matemático.

En el contexto analizado prevalecen cegueras disciplinarias que impiden abordar la complejidad en la formación superior como una propuesta organizacional.

En esta experiencia no fue evidente un interés preciso en la MC como un aporte en abordaje de problemáticas complejas que hacen a la IM.

Teniendo en consideración que el ingeniero debería integrarse en equipos de trabajo que resuelvan de forma innovadora los problemas con las nuevas tecnologías [8]; en este estudio se advirtió la ausencia de una educación tecnológica para la enseñanza de tecnologías específicas de la carrera de IM en nuestra Universidad, desde una perspectiva transdisciplinaria en un espacio posible de la MC.

5. Referencias

- [1] MORIN, E. (2002). *Los siete saberes necesarios a la educación del futuro*. Caracas: IESALC/UNESCO
- [2] MORIN, E. (2005). *Complejidad restringida, complejidad general*. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/3883/Complejidad%20restringida%20complejidad%20general.pdf> (Consultado el 12/15/2017)
- [3] NICOLESCU, B. (1996). *La Transdisciplinarietà Manifesto*. Mónaco: Ediciones Du Rocher. Disponible en: <http://www.ceuarkos.com/manifiesto.pdf> (Consultado 11/15/2017)
- [4] CARRERAS, E., CANAVELLI, J., GAITAN, M. (2008). *Actualizar el currículo de matemática. Una necesidad perentoria en las ingenierías*. Trabajo presentado en V Encuentro y II Latinoamericano “La Universidad como objeto de investigación”. Buenos Aires. Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires.
- [5] KNUTH, D. (1974). Computer Science and its relation to mathematics. *The American Mathematical Monthly* 81:323-343
- [6] ARMELLA, L.M. (2010). *Instrumentos Matemáticos Computacionales. Incorporación de Nuevas Tecnologías al Currículo de Matemáticas de la Educación Media de Colombia*. México (DF): CINVESTAV-IPN.
- [7] GARCÍA DE CERETTO, J., GIACOBBE, M. (2009). *Nuevos desafíos en investigación. Teorías, métodos, técnicas e instrumentos*. Rosario (Argentina): Homo sapiens Ediciones.
- [8] MÉNDEZ, D. (2007). Nuevos retos en la formación del Ingeniero. *Revista Ciencias de la Educación*. Venezuela, 1(30):223-231.