

DESARROLLO DE LAS COMPETENCIAS MATEMÁTICAS EN LA FORMACIÓN DEL
INGENIERO INDUSTRIAL

EFRAÍN IGNACIO MARTÍNEZ MENDOZA

UNIVERSIDAD EL BOSQUE

FACULTAD DE EDUCACIÓN

MAESTRIA EN DOCENCIA DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR

ABRIL 2015

DESARROLLO DE LAS COMPETENCIAS MATEMÁTICAS EN LA FORMACIÓN DEL
INGENIERO INDUSTRIAL

Estudio realizado en la facultad de Ingeniería de la Universidad Cooperativa de Colombia,
Sede Bogotá

EFRAÍN IGNACIO MARTÍNEZ MENDOZA

Trabajo de grado para optar el título de

Magíster en Docencia

Director:

MILTON MOLANO CAMARGO

UNIVERSIDAD EL BOSQUE

FACULTAD DE EDUCACIÓN

MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DIDÁCTICA

ABRIL 2015

Artículo 37

Ni la Universidad El Bosque, ni el jurado serán responsables de las ideas propuestas por los autores de este trabajo.

Acuerdo 017 del 14 de Diciembre de 1989.

AGRADECIMIENTOS

Al iniciar mis estudios de maestría en la Facultad de Educación de la Universidad el Bosque, volaron los recuerdos cuando fui alumno de la Concentración Escolar Gloria Gaitán B, caminando por largos pasillos con un cuaderno y un lápiz, lleno de ilusiones y un corazón palpitante emocionado por aprender. Es por ello que doy infinitas gracias a Dios, por la oportunidad de realizar un sueño desde la infancia, a María Magdalena que desde el Cielo me acompaña en cada uno de mis pasos, a mis hijas Luisa Fernanda y María Alejandra por todo su apoyo y comprensión, a mi querida Madre por sus oraciones, a mis maestros de la Facultad por sus enseñanzas, al doctor Francisco González por su colaboración, a mi director de tesis por su paciencia y persistencia, a mis estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Cooperativa de Colombia toda su contribución, y a cada una de las personas que creyeron en la realización de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	9
PROBLEMA	12
Antecedentes	12
Antecedentes Investigativos.	15
Descripción del Problema.	20
Enunciado del problema	23
Justificación.....	24
Objetivos.....	25
General.....	25
Específicos	25
MARCO REFERENCIAL	26
Competencias	26
Génesis del concepto	26
Antecedentes de las competencias en la política de calidad en Colombia	30
Competencias del ingeniero industrial (ICFES – ACOFI)	33
Matriz comparativa de las competencias del ingeniero industrial en los contextos local, nacional e internacional	36
Competencias cognitivas	39
Competencias laborales	41
Competencias valorativas	45
Competencias comunicativas.....	48
Competencias Matemáticas	49
MARCO CONTEXTUAL	62
Normativo.....	62
Institucional.....	63
MARCO METODOLÓGICO.....	67

Perspectiva Epistemológica	67
Método mixto	68
Etapas de la investigación.....	69
Instrumentos de recolección	83
Instrumentos del diseño didáctico (fases).....	85
ANÁLISIS	92
Análisis de la encuesta.....	92
Análisis de los instrumentos del diseño didáctico (fases).....	94
Análisis cualitativo	141
Análisis de la evaluación	157
PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	159
RESULTADOS	165
CONCLUSIONES	175
Referente al Objetivo General de la Investigación.....	175
Referentes a los Objetivos Específicos	176
Conclusiones Finales	178
Proyección de la investigación.....	182
BIBLIOGRAFÍA	183

LISTADO DE TABLAS

Tabla 01 – Matriz de competencias cognitivas	42
Tabla 02 – Matriz de competencias laborales.	46
Tabla 03 – Matriz de competencias valorativas	48
Tabla 04 – Matriz de competencias comunicativas.....	50
Tabla 05 – Etapas de la investigación.	70
Tabla 06 – Matriz Secuencias de Enseñanza.....	81
Tabla 07 – Problema del segundo taller.	88
Tabla 08 – Primer problema examen final.	91
Tabla 09 – Segundo problema del examen final	92
Tabla 10 – Prueba diagnóstica grupo experimental	96
Tabla 11 – Prueba diagnóstica grupo de control.	97
Tabla 12 - Matriz análisis prueba diagnóstica.	101
Tabla 13 – Taller 1 grupo experimental.	103
Tabla 14 – Taller 1 grupo de control.	104
Tabla 15 – Resultados taller 1 para los dos grupos.	105
Tabla 16 - Matriz análisis taller 1.....	108
Tabla 17 – Taller 2 grupo experimental.	110
Tabla 18 – Taller 2 grupo de control.	111
Tabla 19 – Resultados taller 2 para los dos grupos.	113
Tabla 20 - Matriz análisis taller 2.....	117
Tabla 21 – Taller 3 grupo experimental.	118
Tabla 22 – Taller 3 grupo de control.	119
Tabla 23 – Resultados taller 3 para los dos grupos.	121
Tabla 24 - Matriz análisis taller 3.....	124
Tabla 25 – Examen final grupo experimental.	130
Tabla 26 – Examen final grupo de control.	131

LISTADO DE GRÁFICAS

Gráfica 1 – Esquema estructura curricular evaluación matemáticas PISA	53
Gráfica 2 – Metodología Ingeniería Didáctica.	71
Gráfica 3 –Análisis Preliminar..	73
Gráfica 4 – Contenidos.	76
Gráfica 5 - Modelo Didáctico.	77
Gráfica 6 - Mapa observación clase.	81
Gráfica 7 - Desempeño taller 1.....	105
Gráfica 8 - Desempeño taller 2.....	113
Gráfica 9 - Desempeño taller 3.....	120

INTRODUCCIÓN

La evolución y creación de los conceptos matemáticos, han surgido de acuerdo con unas necesidades de la época en un contexto diferente al actual, creando una distancia significativa entre el saber sabio, saber enseñar y el objetivo de enseñanza como los define Yves Chevallard en su modelo de la transposición didáctica de los saberes en el año 1985. Chevallard reveló en un artículo publicado sobre la noción de distancia que se impartía en las escuelas francesas como retomó el concepto origen creado por M. Frechet en el campo de cálculo funcional que denominó matemáticas sabias para llevarlas al campo de la enseñanza escolar. De esta forma se crea una relación entre el objeto de enseñanza, por cuanto la enseñanza de un saber es siempre la realización de un proyecto social.

En síntesis, al contextualizar la enseñanza de las matemáticas en la actualidad, se plantea un cambio en el modelo de enseñanza tradicional en donde se privilegia la trasmisión de contenidos desligados de la realidad y en algunos casos se le da mayor importancia a la resolución de algorítmicos, por un modelo didáctico que permite investigar al interior del aula como de se desarrollan las competencias matemáticas a partir de la resolución de problemas utilizando para ello sistemas de ecuaciones lineales, en estudiantes de Ingeniería Industrial de primer semestre.

El objeto de estudio de este proyecto se fundamenta en la Ingeniería Didáctica, desarrollada por Michele Artigue a los inicios de los años ochenta surgiendo como respuesta a dos problemas: cómo atender la complejidad de la clase de metodologías de investigación y estudiar la relación entre la investigación y la acción sobre el sistema de enseñanza. Esta metodología será desarrollada a mediano plazo con el objeto de establecer las dificultades que se le podrían presentar a un estudiante de primer semestre de ingeniería al resolver un problema.

Lo anterior se hará a través del diseño de un modelo didáctico en donde se aplique la ingeniería didáctica, partiendo de un diagnóstico, el diseño de unos instrumentos denominados talleres, la aplicación y la evaluación en cuatro momentos denominados fases.

El trabajo de investigación se ha estructurado en cinco capítulos con el propósito de establecer las pautas generales que orientan el desarrollo de las competencias matemáticas, por ello, en el primer capítulo se plantea el problema, a partir de unos antecedentes, una justificación y unos objetivos que impulsan la búsqueda de unos referentes teóricos, planteados en el segundo capítulo. En esta parte se iniciará con la génesis del concepto de competencia, tomando como referentes los aportes de filósofos como: Sócrates, Parménides, Platón, Aristóteles. Otros autores como Chomsky, Gallego, Glaser, Bogoya y Bruno D'Amore, así como las nociones definidas en los contextos internacional, nacional y local. En el tercer capítulo se desarrollará el marco metodológico, iniciando con una perspectiva epistemológica, unas etapas del proceso y unos instrumentos aplicados en cada una de ellas. El cuarto capítulo corresponde al análisis

del proceso desarrollado en cada una de las fases del tercer capítulo, para la realización del análisis cuantitativo y la prueba de hipótesis se utilizará el programa estadístico SPSS. En cuanto al análisis cualitativo se utilizará el programa ATLAS.ti. En el quinto capítulo se plantearán los resultados hallados en los análisis con respecto a los objetivos propuestos en el primer capítulo. Finalmente, se plantean unas conclusiones del trabajo de investigación.

Este trabajo sirve de referencia para futuras investigaciones que conlleven al mejoramiento de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, en torno a una situación problema como eje fundamental para el desarrollo de competencias matemáticas.

PROBLEMA

Antecedentes

En la reunión nacional de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería ACOFI, realizada en la ciudad de Santa Marta en septiembre del año 2011, con el tema ‘Acciones y cambios de las facultades de Ingeniería’, se presentaron las investigaciones que durante varios años las instituciones universitarias adscritas a ACOFI han realizado con referencia a las dificultades en los procesos de enseñanza –aprendizaje en competencias matemáticas– de los estudiantes que ingresan a los diferentes programas, dando a conocer las siguientes situaciones problémicas:

- Los aspirantes de secundaria llegan con vacíos en pensamientos matemáticos.
- Altos niveles de deserción en los primeros semestres.
- Pese a que en algunas universidades encuentran que los alumnos resuelven problemas simples, se evidencia un alto porcentaje de estudiantes que no solucionan problemas complejos (Fundación Universitaria San Gil, Yopal).

El análisis aporta también las siguientes sugerencias:

- Revisión en los procesos de enseñanza – aprendizaje en la educación secundaria, así como el desarrollo de los programas matemáticos por competencias,
- Revisión en los procesos evaluativos,

- Búsqueda de estrategias pedagógicas para mejorar la calidad de la educación secundaria,
- El desarrollo de competencias en los programas de ingeniería, acompañadas con actividades de extensión, retroalimentación y adaptación, muestra que la metodología aplicada a sus estudiantes ha logrado reducir en forma significativa las tasas de deserción en los primeros semestres “Se redefinieron los roles de los profesores de los cursos iniciales de la carrera, se reformularon los cursos de introducción a la ingeniería para incluir el desarrollo de competencias como objetivo principal y se fortaleció el trabajo interdisciplinario entre ingeniería y psicología” (mejorar la adaptación y desarrollar competencias puede reducir la deserción y facilitar el aprendizaje en la ingeniería).

Estudios a nivel nacional e internacional sobre las altas tasas de deserción en estudiantes de ingeniería sugieren una caracterización actual que responda a sus intereses, expectativas y actitudes en el programa seleccionado para su formación como futuro ingeniero. Por ejemplo, el grupo de investigación Educuing abordó la caracterización de jóvenes pertenecientes a los programas de ingeniería de las universidades Nacional de Colombia sede Bogotá, del Cauca y la Escuela Colombiana de Ingeniería, evaluando una muestra significativa de los estudiantes con el objeto de determinar tres propósitos en su estudio:

- Identificación de elementos que ayuden a los jóvenes a seleccionar el programa de ingeniería de acuerdo con sus expectativas,

- Definición de programas curriculares y metodologías en las facultades de ingeniería adecuadas a la caracterización,
- Generación de investigación encaminada al estudio de la deserción de los estudiantes que permita la adopción de estrategias formativas, que conlleven a minimizar las altas tasas de deserción universitaria.

Dentro de la anterior caracterización es importante la definición del perfil profesional del ingeniero industrial, teniendo en cuenta que los futuros aspirantes al programa requieren actitudes y aptitudes en el dominio de conceptos matemáticos, ya que “El Ingeniero Industrial puede ser visto como el agente gestor del mejoramiento de la productividad. Sus esfuerzos se dirigen a implementar el mejor proceso de producción, a través del diseño de sistemas integrados que involucran los aspectos más importantes de una empresa tales como: los empleados, los materiales utilizados, la información, los equipos incluyendo las nuevas tecnologías, y por supuesto la energía disponible” (Vicente Albéniz Laclaustra, 2007). Así como cada una de las competencias que se esperan del futuro ingeniero, determinadas por el Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior ICFES y la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ICFES-ACOFI, 2005, pág. 37) , se encuentran principalmente:

- Resolución de problemas mediante las matemáticas aplicando un lenguaje simbólico y lógico, así como la identificación de variables, selección de métodos adecuados en la solución y planteamiento de hipótesis.

- Modelación de fenómenos y procesos, estableciendo análisis y relaciones entre variables.
- Comunicación efectiva y eficaz en forma escrita, simbólica y gráfica, mediante la comprensión e interpretación de gráficas y datos.

Antecedentes Investigativos.

Inicialmente se realizó una búsqueda de tesis doctorales con el propósito de analizar cada una de las problemáticas, sus antecedentes, justificación y conclusiones que permitieran dar aportes al tema de investigación. Sin embargo, no se encontró una sola tesis que se aproximara o abarcara el tema, pero se analizaron dos tesis doctorales desarrolladas en España sobre competencias matemáticas en primaria y secundaria, en donde sus estudios se enfocan hacia dos aspectos que hacen parte de la presente investigación, como son:

- Diseño de un método para la enseñanza de competencias matemáticas,
- Uso de tecnologías en la enseñanza de las competencias matemáticas.

En la primera tesis, la investigación fue desarrollada en el año 2011. A nivel tanto teórico como práctico sus aportes se fundamentaron en torno a tres focos de interés: el uso de TIC en la enseñanza–aprendizaje de las matemáticas en secundaria (particularizado en el software de geometría dinámica Geogebra), la mejora de las actitudes de los estudiantes relacionadas con las matemáticas y el desarrollo de sus competencias matemáticas.

Respecto a los cursos con los que se llevaron a cabo las experiencias de los distintos ciclos, se abarcaron casi todos los niveles de educación secundaria obligatoria: 1º, 3º y 4º y también el primer curso de bachillerato tecnológico y de ciencias de la salud.

El trabajo realizado aporta las siguientes conclusiones:

- Es posible que los maestros puedan incorporar las TIC en sus clases, ayudando así a reducir la distancia entre su uso potencial y real.
- Debe existir una mayor capacitación por parte de los maestros respecto de las TIC y los programas ya existentes que facilitan la enseñanza de todas las asignaturas, en el caso de la presente investigación, las matemáticas.

En cuanto a la segunda tesis, investigación llevada a cabo en el año 2005, con el título: ‘La enseñanza de la Geometría en la Educación Primaria. De la Enseñanza/Aprendizaje de la Geometría en la formación de Profesores de Primaria a la Enseñanza de esta materia en el aula: Estudio de Casos’ centra la investigación en cómo realizar un diseño de modelos de enseñanza desde la observación de procesos de enseñanza–aprendizaje de la Geometría a partir de los sólidos y los planes de formación para profesores de matemáticas, hasta lograr adaptar dicho diseño al Internet como herramienta útil a los maestros.

En síntesis, las tesis doctorales encontradas no muestran elementos fundamentales para el desarrollo de competencias matemáticas en la formación del ingeniero industrial, por cuanto las investigaciones se enfocan a la enseñanza en la educación primaria y secundaria. Sin embargo, el diseño de un método y el uso de las tecnologías para la enseñanza de

competencias matemáticas, son de suma importancia para la implementación de la ingeniería didáctica en cada una de las fases.

En un segundo momento se realizó una búsqueda de tesis y documentos a nivel nacional, encontrando dos artículos publicados en el año 2006, en la revista Educación en Ingeniería de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, con los títulos:

- Competencias Profesionales: Una Estrategia para el Desempeño Exitoso de los Ingenieros Industriales.
- Diez factores de Éxito para la formación de Competencias en Ingeniería a partir de una experiencia práctica.

El primer artículo fue realizado por el grupo de investigación Productividad Siglo XXI, integrado por estudiantes, profesores y egresados de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Antioquia, Medellín.

En este trabajo se presentan los resultados de la investigación sobre las competencias profesionales, las cuales combinan en forma integral el ser, el saber y el hacer. A partir de la definición de la misión de los egresados, se establece un mapa de resultados del profesional en su lugar de trabajo. El árbol de funciones, en su nivel más concreto, es producto de habilidades, conocimientos, actitudes y valores. El trabajo plantea un modelo de competencias que será implementado como una estrategia para la transformación curricular que promueva una formación más efectiva y logre desempeños exitosos de los ingenieros industriales.(ACOFI, 2006, p.1)

Dentro de las conclusiones que son de gran importancia y aportan a la presente investigación se encuentran las siguientes:

El modelo de competencias profesionales es una oportunidad para transformar el modelo pedagógico centrado en conocimientos a otro que promueva la construcción de capacidades en función de habilidades, conocimientos y valores en forma integrada.

Las competencias ofrecen una oportunidad para cambiar las metodologías en el proceso de enseñanza – aprendizaje ya que requieren el desarrollo de habilidades y estimula la experimentación de las llamadas pedagogías “activas”, centradas en el trabajo del estudiante.(ACOFI, 2006, p. 11)

El segundo artículo plantea una reflexión a partir de la aplicación de un modelo de formación por competencias llevado a cabo hace dos años en la Facultad de Ingeniería de la Universidad libre, sede Bogotá.

A partir de las acciones emprendidas, se identifica un conjunto de factores considerados determinantes en el éxito del proceso de implementación de la formación por competencias, que han mostrado su importancia a lo largo del mismo, relacionadas con la planeación del proceso, la identificación y el diseño de las competencias, los aspectos centrales sobre los cuales debería girar el diseño de los cursos y proyectos, la necesidad de acompañamiento tanto del estudiante, como del profesor, la transversalidad en el currículo, la normatividad interna, la gestión del conocimiento y el ejercicio de liderazgo compartido.(ACOFI, 2006, p. 37)

Las conclusiones más relevantes que aportan al trabajo de investigación son::

El proceso de formación debe articularse de manera detallada partiendo del diseño de las competencias a desarrollar, donde se discriminen las acciones argumentativas, interpretativas y propositivas asociadas. Estas acciones deben luego asociarse con cada una de las actividades de enseñanza aprendizaje consideradas en un curso o proyecto e igualmente deben relacionarse con las acciones de evaluación que se consideren necesarias. Es decir tales acciones se convierten en el eje central del proceso. Se requiere un alto grado de “compromiso por el cambio” de todos los actores del proceso, directivos, profesores, estudiantes, investigadores e incluso hasta los padres de familia,

actitud que debe manifestarse en el entusiasmo con el cual se aborda el proceso de formación y su manifestación en cada una de las actividades del proceso.(ACOFI, 2006, p. 47)

Se concluye esta revisión de documentos con el trabajo ‘Evaluación de Competencias en Matemáticas a través de la resolución de problemas’ de la escuela de postgrados de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en el año 1999, realizado por seis especialistas en matemáticas. Su propuesta se fundamenta en los cambios que el Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior ICFES está implementando en el examen de matemáticas, aplicando pruebas por competencias en la resolución de problemas a los estudiantes que cursan el grado undécimo. El proyecto se fundamentó en el establecimiento de espacios de dificultad que se podían presentar a los estudiantes al responder una prueba por competencias comunicativas, apoyados en la resolución de problemas. Para ello se implementaron 36 preguntas de situaciones problema que evaluaran la competencia comunicativa en sus tres manifestaciones: argumentación, interpretación y proposición, a estudiantes del grado undécimo de tres colegios oficiales y tres privados del departamento de Sucre. Para ello, se construyeron 36 situaciones problema, divididas en tres grupos de 12 con el objeto de evaluar la competencia interpretativa, la competencia argumentativa y la competencia propositiva.

Las conclusiones de este trabajo tienen valiosos aportes a la investigación, teniendo en cuenta que fue aplicada a estudiantes de último año de secundaria quienes en la mayoría de los casos se inscriben en programas de ingeniería. Los temas tienen relación con el objeto de estudio por cuanto muestra otras formas de enseñanza–aprendizaje de las matemáticas por medio de la resolución de problemas, fortaleciendo las competencias comunicativas dejando de lado una enseñanza

centrada en lo memorístico, transmisión de información y lenguaje simbólico sin sentido para el estudiante lo que le trae como consecuencia un bajo desempeño en la resolución de problemas.

Descripción del Problema.

El programa de ingeniería tiene definidas unas competencias y unos perfiles para los estudiantes, pero se ha encontrado que los aspirantes no cumplen con los requisitos mínimos para su formación por cuanto sus estudios en la educación básica y media secundaria son deficientes de acuerdo con las políticas definidas por el Ministerio de Educación Nacional en el año 2006, al determinar los estándares básicos en las áreas fundamentales del conocimiento como resultado de un trabajo colectivo de investigadores, pedagogos, asociaciones, secretarías de educación e instituciones privadas en la validación, formulación y revisión de los estándares básicos de competencias en matemáticas, con el eslogan ‘Potenciar el pensamiento matemático: ¡un reto escolar!’ (Ministerio de Educación Nacional. (2006). Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas (p 46).) con el propósito de establecer lo que los estudiantes deben saber y saber hacer en la educación básica y media. Para ello, se fundamenta en los Lineamientos Curriculares de Matemáticas, en donde se potencia el pensamiento lógico y el pensamiento matemático, subdividido en cinco pensamientos. Estos pensamientos, permitirán una enseñanza que desarrolle y fortalezca las competencias matemáticas.

Aunque se estructuró un plan en el área de ciencias básicas con contenidos aritméticos, algebraicos y trigonométricos de la educación secundaria, se continúan evidenciando en algunos estudiantes dificultades en el desarrollo de cada uno de los pensamientos matemáticos, reflejando de esta forma problemas en la enseñanza de las matemáticas.

Asimismo se presentan dificultades en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas avanzadas como cálculo diferencial, cálculo integral, álgebra lineal, métodos numéricos y física mecánica, llevando al bajo rendimiento académico en asignaturas básicas como Fundamentos de Matemáticas, Algoritmia y Lógica Matemática, como también en la cancelación anticipada de asignaturas y en el peor de los casos la deserción del programa.

En la facultad de ingeniería de la universidad Cooperativa de Colombia, seccional Bogotá, se presentan de forma similar problemas de aprendizaje con los estudiantes que ingresan a primer semestre de ingeniería en cada uno de los pensamientos matemáticos, razón por la que, desde hace cinco años se implementó en el pensum de primer semestre de ingeniería la asignatura Fundamentos de Matemáticas en cada uno de los programas de la facultad de ingeniería, debido al bajo desempeño académico de los estudiantes en las asignaturas de Cálculo Diferencial, Física Mecánica, Algoritmia y Lógica Matemática, así como al alto número de estudiantes reprobados y la continua deserción del programa.

Aunque se estructuró un plan en el área de ciencias básicas con contenidos aritméticos, algebraicos y trigonométricos de la educación secundaria se continúan evidenciando algunos problemas en la enseñanza de las matemáticas, por cuanto un número considerable de estudiantes presentan series dificultades en el desarrollo de cada uno de los pensamientos matemáticos. Su carencia de conocimientos matemáticos conllevó al área de ciencias básicas de la facultad, a realizar una prueba piloto de entrada, la cual contiene los cinco pensamientos matemáticos establecidos en los Lineamientos Curriculares de Matemáticas, los cuales son desarrollados durante los once años de educación primaria y secundaria. De acuerdo con los resultados encontrados en la prueba, se establece un programa de nivelación desde la asignatura fundamentos de matemáticas y el acompañamiento extracurricular con tutorías individuales y grupales organizadas en el horario de los estudiantes y docentes.

Sin embargo, en la actualidad se continúan evidenciando dificultades en los procesos de enseñanza – aprendizaje, por lo que las docentes Marysol Rodríguez y Patricia López, líderes del programa de fundamentos de matemáticas, realizan una investigación en la que proponen en su tesis para optar el título de Magister en Educación Superior de la Universidad Sergio Arboleda, ‘Errores frecuentes que cometen los estudiantes, al realizar ejercicios algebraicos’, evidenciando tres tipos de errores:

1. Error conceptual,
2. Error procedimental,

3. Error interpretativo.

Trabajo que de forma paralela se está desarrollando por diferentes profesores de matemáticas a nivel mundial, sin embargo las docentes encuentran un cuarto tipo de error denominado de tipo imaginario, en donde el estudiante al realizar operaciones de adición y sustracción con fraccionarios heterogéneos no tiene claridad del concepto mínimo común múltiplo, al sumar o restar los numeradores de forma directa. Además, en el desarrollo de ecuaciones lineales con una variable, presentan dificultades en la agrupación de términos semejantes y reducción de polinomios aritméticos.

Enunciado del problema

¿Qué situación¹ didáctica es necesaria implementar para el desarrollo de competencias matemáticas, a partir de la resolución de problema, con estudiantes de primer semestre de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Cooperativa de Colombia, seccional Bogotá?

Preguntas orientadoras.

Con el fin de dar una visión general al problema de investigación, se formuló una serie de interrogantes fundamentales que permitiera guiar este proceso dentro de la educación

¹ Ver página 52. “Secuencias didácticas de Guy Brousseau”.

superior –específicamente en la Universidad Cooperativa de Colombia– con el propósito de detectar las dificultades que se presentan frecuentemente en el proceso enseñanza–aprendizaje de las matemáticas por competencias en estudiantes de primer semestre de ingeniería industrial y sugerir alternativas didácticas.

A continuación se plantean diferentes preguntas, así:

¿Qué dificultades presentan los estudiantes de primer semestre de ingeniería industrial en el análisis, planteamiento y solución de un problema?

¿Cómo se diseña una situación didáctica para el aprendizaje y la enseñanza en la resolución de problemas utilizando sistemas de ecuaciones lineales?

¿Cómo se valida una situación didáctica a partir de situaciones problema?

Justificación

El análisis, sistematización y enseñanza de las competencias matemáticas en los estudiantes de primer semestre de Ingeniería Industrial es de importancia para la propia Facultad de Ingeniería, la cual debe conocer cuál ha sido la evolución de la enseñanza y el aprendizaje de las competencias matemáticas. Así mismo, interesa al mundo académico el impacto que en ellas ha tenido de éstas y del pensamiento matemático en la vida de los estudiantes, particularmente en la aplicación, formulación y resolución de problemas bajo un procedimiento adecuado.

Como docente perteneciente al área de ciencias básicas de Ingeniería planteo la presente investigación, que desde la didáctica pretende encontrar alternativas que ayuden a los estudiantes a desarrollar competencias matemáticas y al mejoramiento de su desempeño en las asignaturas del programa de Ingeniería.

Objetivos

General

Construir una situación didáctica para el desarrollo de las competencias matemáticas en estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad Cooperativa de Colombia.

Específicos

Identificar las dificultades de los estudiantes de primer semestre de ingeniería industrial en el análisis, planteamiento y solución de problemas.

Diseñar y validar una situación didáctica que facilite el aprendizaje y la enseñanza en la resolución de problemas.

MARCO REFERENCIAL

Competencias

Génesis del concepto

El concepto de competencia es tan antiguo como la misma educación, sus orígenes se remontan a filósofos griegos como Sócrates, Parménides, Platón y Aristóteles.

Sócrates conoció profundamente las obras de los antiguos filósofos de la naturaleza, pero concentró su interés en el ser humano. El conocimiento auténtico no era el saber por el saber, el saber teórico, sino la *techné* o saber práctico, que tiene cierta utilidad para el hombre. Carlos Gispert. (2000). Enciclopedia Autodidáctica Interactiva Océano. Barcelona, España: Oceano Grupo Editorial.

Con Parménides nace la filosofía ontológica que estudia el ser como cualidad que tienen en común los objetos del mundo, el ser es único y verdadero objeto del pensar.

Para Aristóteles el hombre conoce las cosas que le rodean de una manera sensible.

Vale la pena recordar la distinción que Aristóteles, en su *Metafísica* establece para las categorías *episteme*, *tekhné* y *empiria*. Él sostiene que las dos primeras son saberes, mientras que la última no es digna de tal calificación. Cuando “El estagirita” establece la diferencia entre *tekhné* y *empiria*, presenta los ejemplos del maestro de obra y del simple pega ladrillos. El primero es un técnico porque sabe del porqué de la obra y puede dar cuenta de ella; mientras que el segundo no tiene

acceso a estas razones etiológicas, y es, por tanto, un empírico. Según Aristóteles, el último carece de un saber, por lo que a su desempeño no se le puede atribuir competencias. (Gallego, 1999)

Noam Chomsky, lingüista y filósofo estadounidense en su obra Estructuras Sintácticas define como competencia lingüística a la facultad de hablar y conocer la lengua que tiene un ser humano, en los mecanismos necesarios que utiliza para expresarse en su lengua. Tobón (2006) afirma: “El concepto de competencias emerge por primera vez con interés académico y científico a partir de los estudios lingüísticos de Chomsky y la estructuración de la teoría de la gramática transformacional en la década de los años sesenta” (p.95).

Chomsky parte de una concepción abstracta de la estructura cognitiva, definiendo las competencias como la capacidad y la disposición para actuar e interpretar.

Esta noción de competencia dada por Chomsky se puede ver como la capacidad de todo ser humano para adquirir conocimiento de una lengua, y como la capacidad de usar el conocimiento. Así mismo, desglosa el concepto de competencia en tres premisas: es específica de dominio por lo que se explica a un área de particular actividad, se expresa en un saber hacer o saber como conocimiento implícito en un campo del actuar humano y no es producto de un aprendizaje en sentido estricto.

Con el planteamiento de competencia dado por Chomsky, varios autores han trabajado el concepto desde diferentes perspectivas. Tobón (2007) plantea:

En el Discurso del Método, Descartes 1981 plantea que el hombre tiene cualidades especiales que no pueden explicarse por motivos puramente mecanicistas y este es el caso del lenguaje. Las máquinas y los animales pueden pronunciar palabras, pero sólo los seres humanos, independientemente de su grado de inteligencia, pueden colocar sus palabras de modo diverso

para replicar a todo lo que se pueda decir en su presencia. A través de medios finitos hay posibilidades infinitas de expresión acorde con determinadas reglas. Así mismo, el lenguaje es ilimitado en cuanto a su alcance y no precisa necesariamente de estímulos externos ni internos para expresar el pensamiento o responder a las diversas situaciones. (p.49)

Es decir, que para Descartes la mente tiene una naturaleza creadora cuya esencia es el pensar, lo que permite en cada persona actuaciones diversas en los sucesos de la vida, lo que no es posible encontrar en una máquina. Es por ello que la mente tiene la propiedad de formar nuevas ideas, influenciada por la memoria y la percepción.

Chomsky refuta las visiones empiristas del lenguaje, las cuales enuncian que este es una repetición de la memoria. En contraposición argumenta que la competencia lingüística es una construcción *a priori*, que orienta el aprendizaje de la lengua y la actuación. En esa misma perspectiva, Chomsky propone que todas las personas están en disposición de aprender la lengua materna, de hablarla de acuerdo con los escenarios donde interactúan y de perfeccionarla.

Por su parte, Gallego (1999) plantea la competencia como una construcción individual que está acorde con los retos que cada sujeto se propone, es decir, que las competencias son actuacionales ya que siempre conducen a la elaboración de algo para los demás, pero esta elaboración debe ser rigurosa, es por ello que las competencias son construcciones metodológicas, sistemáticas y pulimentadas. Gardner (1993), en su planteamiento sobre las competencias, determina que son saberes de ejecución que un individuo operativo utiliza

recurriendo a lo que sabe, realizando eficazmente una tarea, sin reflexionar sobre el por qué o el cómo de lo que realiza.

Otra mirada es la dada por Glaser (1990), quien define las competencias como estructuras de conocimiento y procedimiento que permiten la ejecución de tareas de un dominio específico, así las competencias se relacionan con los conocimientos dados por un individuo en el uso exitoso de los procedimientos aplicados por éste al realizar una actividad. Un colectivo de investigadores convocados por la Universidad Nacional de Colombia (2000) define las competencias como: “capacidad para hacer uso creativo de los conocimientos adquiridos en la escuela o fuera de ella” (citados por Bogoya y otros, 2000, p.34). De igual forma, el grupo investigador ubica en niveles las competencias, indicando el grado de complejidad y la articulación entre la información y las acciones que son posibles de realizar.

La competencia es vista como una potencialidad o una capacidad para poner en escena una situación problemática y resolverla, para explicar su solución y controlar y posicionarse en ésta. Cada competencia tiene que ver con la capacidad de construir y comparar textos, efectuar operaciones de medir e integrar datos y cantidades numéricas en un contexto (Bogoya, 2000, p.17).

Desde esta perspectiva, en la idea de ser competente lo que impera es la adquisición y utilización de conocimientos específicos, en donde la competencia está relacionada con saberes específicos y el nivel de competencia está integrado a los conocimientos y habilidades que domine el sujeto.

Antecedentes de las competencias en la política de calidad en Colombia

El Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior, ICFES (1997) centra sus estudios en la competencia comunicativa definiéndola como un saber en contexto. Los académicos del ICFES, fundamentados en los estudios de Chomsky retoman la noción de competencia, argumentando que los sujetos como parte del proceso de crecimiento y socialización se apropian del mundo que les rodea, denominándola representación interna de la realidad. Es pertinente aclarar que en el marco de la renovación curricular de 1980, el Ministerio de Educación Nacional lidera el estudio de las competencias generando en los académicos el uso del concepto, con miras a transformar la educación con el objeto de establecer metodologías innovadoras para evaluar los aprendizajes y la calidad de la educación.

Pretendiendo con ello superar las metodologías tradicionales basadas en la memorización, la acumulación y la repetición mecánica de datos, para privilegiar los procesos cognitivos (percepción, atención, comprensión, inteligencia y lenguaje), las habilidades cognitivas (interpretación, argumentación y proposición) y la resolución de problemas con sentido para los estudiantes. (Tobón, 2007, p.41)

Acorde con los planteamientos mostrados, el ICFES pretende reestructurar las pruebas de Estado en consonancia con las exigencias a nivel mundial que se están presentando, así como las modificaciones proyectadas en la evaluación colombiana. Tobón (2007) expone: “En este contexto se recurre a las competencias como objeto de evaluación ya que se apreciaban en este concepto algunas de las características que se buscaban, como por ejemplo el énfasis en el manejo de la información y no tanto en su memorización y el hacer en contexto” (p.42).

Es así que, en el año 1998, el ICFES publica un documento con la exposición del concepto de competencias como eje fundamental de las nuevas pruebas de Estado. Tobón (2007) confirma: “Exámenes de Estado: una propuesta de evaluación por competencias” (p.42).

Lo sugerido por el ICFES se adecúa con los actuales enfoques epistemológicos sobre educación al definir por medio de la evaluación de procesos cognitivos un nuevo modelo de evaluación de estas pruebas en cada una de las áreas por medio de la resolución de problemas en los diversos campos, en el cual está configurado el currículo de la educación básica y media, con el propósito de establecer el grado de preparación de los estudiantes hacia la educación superior. En lo particular, el ICFES establece que en el campo de las matemáticas las competencias se construyen en un contexto sociocultural, correlacionado con las demás áreas del conocimiento. Para tal fin, adopta la propuesta presentada en los Lineamientos Curriculares que determinan la resolución de problemas como el medio favorable donde pueden ser enseñados, aprendidos y evaluados conceptos, procedimientos, destrezas, estrategias y más aún, donde puede manifestarse un hacer matemáticas con sentido, planteando además que a través de la resolución de problemas se pueden observar procesos significativos en la construcción de pensamiento matemático.

Es así como el concepto de competencias planteado por el ICFES conlleva a las instituciones de educación básica, media y superior a reflexionar en el ámbito educativo cómo

repensar los procesos curriculares, tendiente a un nuevo modelo de evaluación en las pruebas de Estado.

Tobón (2007) asegura:

De esta manera, se comenzó a generar un cambio curricular sin ser estipulado de forma explícita por el Estado, pues las instituciones comenzaron a darse cuenta que no era posible seguir formando bajo una metodología transmisionista cuando el examen lo que buscaba era determinar el manejo de la información. (p.42)

Al retomar los exámenes de Estado se tomaron los aportes para mejorar la evaluación desde el paradigma de las competencias, convirtiéndose en elemento fundamental en los procesos de acreditación en las instituciones de Educación Superior, programas académicos y en los Exámenes de Calidad para la Educación Superior, ECAES.

“Una de las principales razones para introducir este enfoque ha sido porque contribuye a mejorar la calidad de la educación superior, ya que las competencias aportan elementos para superar algunas deficiencias muy importantes en la educación superior tradicional, tales como:

1. El énfasis en la transmisión de conocimientos.
2. La escasa pertinencia de las carreras frente al contexto disciplinar, social, investigativo y profesional – laboral.
3. El escaso trabajo interdisciplinario entre los docentes.
4. El empleo de sistemas de evaluación autoritarios, rígidos y con baja pertinencia.
5. La dificultad para homologar los estudios y validar el aprendizaje” (Tobón, 2006, p.78).

De esta manera se establece una relación del enfoque de las competencias con la educación superior en la introducción de la gestión de la calidad, convirtiéndose en una política de educación en el país, sin embargo aún queda como reto la trascendencia en lo

investigativo y social, teniendo en cuenta que las diferentes concepciones de competencia convergen en definir las como capacidad para resolver problemas, uso de conocimientos y aplicación de datos.

Competencias del ingeniero industrial (ICFES – ACOFI)

De acuerdo con el Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior ICFES y la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería ACOFI (ICFES - ACOFI, 2005) las competencias que se espera posea el Ingeniero Industrial son:

- Modelación de fenómenos y procesos mediante la identificación de aspectos y características relevantes; establecimiento y análisis de relaciones entre variables; y planteamiento de hipótesis y generación de alternativas de representación del fenómeno o proceso observado (ICFES- ACOFI, 2005, p. 37).
- Resolución de problemas mediante la aplicación de las ciencias naturales y las matemáticas, utilizando un lenguaje lógico y simbólico; la identificación y comprensión de las variables que definen un problema; la selección de métodos apropiados para la solución del problema; y el planteamiento de hipótesis y generación de alternativas de solución al problema (ICFES- ACOFI, 2005, p. 37).

- Comunicación efectiva y eficaz en forma escrita, gráfica y simbólica, mediante la lectura, comprensión e interpretación de textos científicos, gráficas, datos e información experimental, planos e imágenes de sistemas mecánicos; la argumentación de ideas técnicas a través de textos, gráficas, reportes de datos experimentales, planos e imágenes; y la propuesta de ideas técnicas a través de textos, gráficas, reportes de datos experimentales, planos e imágenes (ICFES- ACOFI, 2005, p. 37).

- Análisis, diseño y evaluación de componentes o procesos organizacionales o de sistemas complejos, mediante la identificación de problemas de las organizaciones o los sistemas complejos desde diferentes perspectivas técnicas, organizacionales, financieras, económicas, entre otras, así como las herramientas propias de la profesión, para encontrar alternativas de solución; el análisis y evaluación de soluciones a los problemas identificados de las organizaciones o sistemas complejos y la selección de aquellas que mejor se adecuen a las especificaciones establecidas; y la propuesta de alternativas de solución a los problemas de las organizaciones o sistemas complejos valiéndose de los conocimientos, destrezas, herramientas y metodologías adquiridos de naturaleza científica, técnica, tecnológica y profesional (ICFES- ACOFI, 2005, p. 37). Para que el desarrollo de esta competencia sea completo, es requisito que las soluciones propuestas por el ingeniero industrial sean viables desde diferentes perspectivas tales como las perspectivas técnica, operacional, financiera, económica, social y ambiental entre otras (ICFES- ACOFI, 2005, p. 37).

- Planeación, diseño y evaluación del impacto (social, económico, tecnológico y ambiental) y gestión de proyectos de Ingeniería Industrial mediante la identificación de elementos fundamentales de orden técnico, de mercadeo, administrativo, operacional o financiero de un problema para formular alrededor de él un proyecto; análisis y evaluación de un problema de decisión de inversión derivado de un proyecto teniendo en cuenta los aspectos técnico, operacional, administrativo, financiero, económico, ambiental y social; formulación de proyectos frente a problemáticas organizacionales o de sistemas complejos, como respuesta a dichas problemáticas de manera eficiente, incorporando las mejores prácticas de ingeniería y los conocimientos, destrezas, herramientas y metodologías adquiridas, de naturaleza científica, técnica, tecnológica y profesional (ICFES- ACOFI, 2005, p. 37).

En conclusión, el Ingeniero Industrial está en capacidad de diseñar modelos de fenómenos y procesos apoyándose en las ciencias naturales y las matemáticas, haciendo uso de un lenguaje lógico, simbólico y gráfico para desarrollar análisis, diseño y evaluación de esos fenómenos, proponer soluciones viables a problemáticas estudiadas y gestionar proyectos de Ingeniería Industrial como respuesta a esas problemáticas mediante herramientas propias de la profesión valiéndose de los conocimientos, destrezas, herramientas y metodologías adquiridos de naturaleza científica, técnica, tecnológica y profesional, e incorporando las mejores prácticas de Ingeniería.

Cuando el Ingeniero Industrial gestiona proyectos desarrolla el “comportamiento del administrador en lo referente a la línea de gestión, es decir a la acción concreta de toma de

decisiones y en general a la actividad gerencial, atinente a la conducción de una organización de cualquier tipo hacia el logro de objetivos previamente dispuestos” (PROCAD – ICFES , 2004). En su rol de gestor el Ingeniero Industrial ejercerá en la práctica las funciones administrativas caracterizadas por Fayol –planear, organizar, dirigir y controlar– presentes en las áreas administrativas definidas como mercadeo, operaciones, finanzas y personal (PROCAD – ICFES , 2004), pero sin dejar de lado su esencia como Ingeniero e incorporando siempre a la praxis, las mejores prácticas de Ingeniería Industrial.

Matriz comparativa de las competencias del ingeniero industrial en los contextos local, nacional e internacional

A nivel internacional –específicamente en Europa– se realizaron estudios del área de la Ingeniería Industrial a partir de la oferta y demanda de los profesionales con el propósito de establecer un modelo integrado de titulaciones de grado y postgrado. El documento se publica en febrero de 2006 con el título ‘Informe de la Comisión de Evaluación del diseño de las Titulaciones de Grado en el ámbito de la Ingeniería Industrial’, en donde los investigadores hacen una exposición final de lo que es la Ingeniería Industrial, así como la ruta que enmarca el Proceso de Bolonia, conformando el Libro Blanco de la Ingeniería Industrial. En el nuevo texto sobre la titulación de Ingeniero Industrial fue importante el requerimiento de un plan de estudios con conocimientos científicos involucrados en los procesos industriales, como también fueron necesarias las condiciones para el ingreso de los estudiantes y estructura de los docentes, de acuerdo con la creación de nuevas áreas y la duración de los estudios. En la misma investigación se identifican los perfiles profesionales con relación a las nuevas

demandas del mercado –eliminando unos perfiles muy específicos de poca demanda– así como la formulación por modelos educativos de las competencias disciplinares específicas. En el proyecto se identifican y definen tres tipos de competencia: las técnicas, las cuales están relacionadas con el saber; las competencias sistémicas, relacionadas con la resolución de problemas en el ámbito profesional y las competencias personales y participativas, que hacen referencia tanto al trabajo en grupo como a las relaciones interpersonales y también conciernen a la capacidad de organización y la responsabilidad del cargo.

La Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería ACOFI y el Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior ICFES determinan unas competencias básicas y genéricas para el ingeniero industrial, sin embargo en la revista Educación en Ingeniería, de junio de 2006, de ACOFI, se publica un artículo con los resultados de la investigación sobre las competencias profesionales, planteando un modelo de competencias que permitan transformar el currículo con el propósito de promover una formación más efectiva con desempeños exitosos por parte de los egresados; trabajo realizado por el Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Antioquia y la Asociación de egresados ASIDUA, cuyos resultados se plantean a partir de un mapa funcional de competencias del Ingeniero Industrial basado en la misión o funciones claves del ingeniero, desarrollados a partir de tres funciones principales como la innovación de procesos, productos y servicios, la gestión de producción de bienes y servicios, así como la gerencia y administración de empresas con criterios estratégicos, por último propone los elementos de competencia fundamentados en los logros esperados en el ingeniero industrial en cada una de sus labores.

Atendiendo a las políticas del Ministerio de Educación Nacional de Colombia y a las referidas por la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería ACOFI, la Universidad Cooperativa de Colombia define unas competencias básicas, genéricas y específicas que el egresado de la facultad de ingeniería está en capacidad de desarrollar en su vida laboral. En cuanto a las competencias básicas hace referencia a las asignaturas comunes con los programas de sistemas, electrónica y telecomunicaciones, por ejemplo las asignaturas de física, matemáticas, institucionales, lógica matemática, entre otras.

En las competencias genéricas se establecen unos indicadores como elemento de medición de cada una de las competencias del ingeniero industrial resumidos en una matriz cuyos componentes son: dimensión asociada, competencia asociada y capacidad asociada.

Para las competencias específicas se determinan unos indicadores pedagógicos, unas estrategias básicas para el desarrollo y unos núcleos ejes de formación de las competencias a partir de una matriz con las competencias cognitivas, comunicativas, valorativas, laborales generales y laborales específicas. Cada competencia define unas capacidades asociadas y unos indicadores, así como la estrategia pedagógica.

A partir de estas competencias se encuentran las siguientes correspondencias:

Competencias cognitivas

Las competencias cognitivas definidas en la Universidad Cooperativa de Colombia, la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y el Libro Blanco de la Ingeniería Industrial determinan que el estudiante de ingeniería debe tener la capacidad de analizar, sintetizar, deducir, aplicar y comprender, como también realizar el modelamiento matemático en sistemas y procesos complejos, estableciendo relaciones entre las variables en el ámbito de la ingeniería industrial, así como la resolución de problemas mediante la aplicación de métodos analíticos y numéricos, utilizando un lenguaje lógico y simbólico. Se puede observar que en los tres estamentos mencionados anteriormente existe una concurrencia en la definición de la competencia.

INSTITUCIÓN	U.C.C.	ICFES - ACOFI	LIBRO BLANCO
COMPETENCIA			
	Habilidades para re-significar, construir, apropiar y re-conceptualizar teorías, contenidos temáticos y saberes	Modelación de fenómenos y procesos mediante la identificación de aspectos y características	Aplicar los fundamentos científicos y técnicos de las tecnologías industriales.

<p>SABER (COGNITIVA)</p>	<p>propios de una disciplina.</p> <p>Capacidad para analizar, sintetizar, deducir, inducir, categorizar y jerarquizar conceptos y cuerpos teóricos de una disciplina.</p>	<p>relevantes; establecimiento y análisis de relaciones entre variables y planteamiento de hipótesis y generación de alternativas de representación del fenómeno o proceso observado.</p> <p>Resolución de problemas mediante la aplicación de las ciencias naturales y las matemáticas, utilizando un lenguaje lógico y simbólico; la identificación y comprensión de las variables que definen un problema; la</p>	<p>Modelar matemáticamente sistemas y procesos complejos de todos los ámbitos de la ingeniería industrial.</p>
--	---	--	--

	selección de métodos apropiados para la solución del problema y el planteamiento de hipótesis y generación de alternativas de solución al problema.	Desarrollar, programar y aplicar métodos analíticos y numéricos para el análisis de modelos lineales y no lineales de todos los ámbitos de la ingeniería industrial.
--	---	--

Tabla 01 – Matriz de competencias cognitivas. Elaboración propia

Competencias laborales

En lo referente a las competencias laborales las competencias definidas por la Universidad Cooperativa de Colombia y la Asociación Colombiana de Facultades de

Ingeniería se asemejan en aspectos sobre la visión sistemática de cómo funcionan los sistemas eléctricos, electrónicos, mecánicos, térmicos, hidrológicos y ópticos; como también en el tener dominio interdisciplinario en diferentes áreas del conocimiento y la adaptabilidad a las nuevas tecnologías de acuerdo con los avances científicos. En el campo laboral específico, el futuro ingeniero desarrollará cualidades en el desempeño profesional, capacidad para empoderar, planificar e innovar en tres campos de la ingeniería como la producción, la administración y el manejo de materiales. Con respecto al Libro Blanco de la Ingeniería Industrial, existen tres ingenierías que desarrollan en sus planes curriculares programas específicos en el área industrial como la tecnología industrial, ingeniería de materiales y la ingeniería de la producción, observándose una diferencia significativa con respecto al currículo para la ingeniería industrial colombiana, por cuanto en nuestros programas el estudiante al finalizar sus estudios está en la capacidad de ejercer en los tres campos laborales de forma paralela. Sin embargo cada programa de ingeniería industrial define sus competencias laborales.

INSTITUCIÓN	U.C.C.	ICFES - ACOFI	LIBRO BLANCO
COMPETENCIA			
SABER HACER (LABORAL)	Un conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes que aplicados en ambiente laboral se traducen en resultados efectivos que	Análisis, diseño y evaluación de componentes o procesos organizacionales o de sistemas complejos, mediante la identificación de problemas de las organizaciones o los	Participación en proyectos de investigación. Modelización matemática y computación en centros

<p>contribuyen al logro y objetivos organizacionales.</p> <p>Una capacidad para solucionar problemas y tomar decisiones en el ámbito profesional de forma efectiva y eficiente.</p> <p>Un medio para que los usuarios del programa potencialicen sus talentos de forma autónoma, a fin de consolidar su identidad personal y mejorar su calidad de vida y las de sus familias.</p> <p>La capacidad que adquiere el usuario egresado del programa para aplicar y transferir conocimientos que planteen soluciones del</p>	<p>sistemas complejos desde diferentes perspectivas técnicas, organizacionales, financieras, económicas, entre otras, así como las herramientas propias de la profesión, para encontrar alternativas de solución; el análisis y evaluación de soluciones a los problemas identificados de las organizaciones o sistemas complejos y la selección de aquellas que mejor se adecuen a las especificaciones establecidas; y la propuesta de alternativas de solución a los problemas de las organizaciones o sistemas complejos valiéndose de los conocimientos, destrezas, herramientas y</p>	<p>tecnológicos y de Ingeniería.</p> <p>Participación en proyectos multidisciplinarios de ingeniería industrial.</p> <p>Resolución de problemas.</p> <p>Aplicación de la informática en el ámbito de estudio.</p> <p>Capacidad de organizar y planificar.</p> <p>Toma de decisiones.</p> <p>Planificar cambios que mejoren sistemas globales.</p> <p>Adaptación a nuevas situaciones.</p> <p>Trabajo en equipo.</p>
--	---	---

	<p>contexto socio productivo.</p> <p>La capacidad que asume el usuario del programa para desempeñarse con eficiencia dentro de una comunidad académica y profesional, generando así dinámicas de cambio en los diversos campos de actuación de su vida personal, laboral y social.</p>	<p>metodologías adquiridos de naturaleza científica, técnica, tecnológica y profesional.</p> <p>Planeación, diseño y evaluación del impacto(social, económico, tecnológico y ambiental) y gestión de proyectos de Ingeniería Industrial, mediante la identificación de elementos fundamentales de orden técnico, de mercadeo, administrativo, operacional o financiero de un problema para formular alrededor de él un proyecto; análisis y evaluación de un problema de decisión de inversión derivado de un proyecto teniendo en cuenta los aspectos técnico, operacional, administrativo,</p>	
--	--	---	--

		financiero, económico, ambiental y social; formulación de proyectos frente a problemáticas organizacionales o de sistemas complejos, como respuesta a dichas problemáticas de manera eficiente, incorporando las mejores prácticas de ingeniería y los conocimientos, destrezas, herramientas y metodologías adquiridas, de naturaleza científica, técnica, tecnológica y profesional.	
--	--	--	--

Tabla 02 – Matriz de competencias laborales. Elaboración propia

Competencias valorativas

Las competencias valorativas y comunicativas establecidas por la Universidad Cooperativa de Colombia, la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y el Libro Blanco de la Ingeniería Industrial son concurrentes en cada uno de los aspectos definidos en la

matriz, sin embargo estudios realizados por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia sugieren una formación socio-humanística, integral y holística en los estudiantes de ingeniería como respuesta a los modelos internacionales y formación de futuros profesionales con altos valores éticos.

INSTITUCIÓN	U.C.C.	ICFES - ACOFI	LIBRO BLANCO
COMPETENCIA			
SABER SER (VALORATIVA)	Un medio para que el ingeniero industrial construya y haga realidad su proyecto de vida y ejerza una ciudadanía libre y participativa. Se considera como la capacidad para actuar de forma consecuente con valores relacionados con el	Son guías de comportamiento para los actos humanos. Pueden indicar la rectitud de las acciones. Corresponden en buena medida al ser. Gestionar el proceso de incorporación y del desarrollo de las personas de acuerdo con las políticas de la compañía. Administrar las	Capacidad para comunicarse con personas no expertas en la materia. Relaciones personales. Liderazgo. Definir, desarrollar y elaborar normativas aplicables a los materiales y sus aplicaciones. Responsable de

	<p>respeto, la integridad, la tolerancia, la transparencia, la equidad y la justicia.</p> <p>La capacidad para asumir acciones dentro de una actitud crítica y favorable frente al manejo de conflictos, desde el marco que demanda la ley y el orden socialmente instituido.</p>	<p>relaciones laborales de acuerdo con la normatividad de la empresa y de la ley.</p> <p>Gestionar la seguridad y la salud en el trabajo con criterios científicos y legales.</p>	<p>gestión de la calidad y fiabilidad de materias primas, procesos y productos.</p>
--	---	---	---

Tabla 03 – Matriz de competencias valorativas. Elaboración propia

Competencias comunicativas

INSTITUCIÓN	U.C.C	ICFES – ACOFI	LIBRO BLANCO
COMPETENCIA			
(COMUNICATIVAS)	<p>La capacidad para expresar mensajes y desarrollar procesos argumentativos, interpretativos y propositivos, apoyados en la asertividad, de las relaciones interpersonales.</p> <p>La capacidad para construir significados y contextos específicos, a través de la</p>	<p>Comunicación efectiva y eficaz en forma escrita, gráfica y simbólica, mediante la lectura, comprensión e interpretación de textos científicos, gráficas, datos e información experimental, planos e imágenes de sistemas mecánicos; la argumentación de ideas técnicas a través de textos, gráficas, reportes de datos</p>	<p>Redactar, representar e interpretar documentación técnica.</p> <p>Establecer y desarrollar los aspectos operativos, funcionales, técnicos, constructivos, estéticos y comunicativos de los objetos y productos para facilitar su aceptación, producción y</p>

	recolección, tratamiento y manejo de la información. La capacidad para negociar y llevar a cabo procesos de mediación y liderar situaciones como futuro emprendedor de negocios.	experimentales, planos e imágenes; y la propuesta de ideas técnicas a través de textos, gráficas, reportes de datos experimentales, planos e imágenes.	comercialización. Tratar la información gráfica.
--	---	--	---

Tabla 04 – Matriz de competencias comunicativas. Elaboración propia

Competencias Matemáticas

En el propósito de formación inicial los estudiantes de ingeniería requieren el dominio de conceptos matemáticos en las distintas aplicaciones, como en la solución de problemas físicos, químicos y en cada una de las asignaturas de matemáticas, permitiéndoles desarrollar habilidades en otros campos de estudio. Por esta razón se hacen necesarios una enseñanza y un aprendizaje de competencias matemáticas que conlleve a los estudiantes a establecer

relaciones entre diversos conocimientos, como la construcción de modelos matemáticos funcionales. Fandiño (2008) afirma: “la competencia es la expresión misma de la propensión al conocimiento y al uso de los conocimientos adquiridos para proceder en la misma dirección, hacia nuevos conocimientos”(p. 41). Si bien es cierto que los alumnos de la facultad de ingeniería aprenden en general unas matemáticas en un contexto escolar del saber, se les debe llevar a un proceso de aprendizaje del saber hacer a partir de la solución de problemas usuales de la vida cotidiana en el ámbito profesional de modo que logren alcanzar competencia matemática en un mundo real. Estas competencias matemáticas se deben reflejar en el alumno cuando por sí solo interpreta y argumenta en situaciones problemáticas, como lo indica D'amore (2008): “en la competencia matemática se evidencian tres aspectos: el cognitivo, el afectivo y la tendencia de acción” (p.44). En cuanto al aspecto cognitivo hace referencia al conocimiento de la disciplina matemática; en lo afectivo corresponde a la disposición y voluntad de parte del alumno y finalmente en la tendencia de acción se tiene como referente a la dedicación como a la persistencia frente a los problemas matemáticos que debe realizar.

Godino (2008) refiere que un análisis riguroso en competencias matemáticas implica la adopción de un modelo epistemológico que sea acorde a las nuevas tendencias filosóficas de las matemáticas. Por ello:

La matemática es una actividad humana que implica la solución de problemas. En la búsqueda de respuestas o soluciones a estos problemas externos o internos emergen y evolucionan progresivamente las técnicas, reglas y sus respectivas justificaciones, las cuales son socialmente compartidas. La competencia matemática requiere familiaridad con los tipos de problemas, y los recursos disponibles para su solución.

En la actividad matemática se utilizan distintos recursos lingüísticos y expresivos que desempeñan un papel comunicativo e instrumental. La competencia matemática requiere dominio y fluidez en el uso de las lingüísticas y operatorios, esto es, competencia comunicativa, así como de conversión y tratamiento entre los distintos registros de representación.

La matemática es un sistema de reglas (definiciones, axiomas, teoremas), que tienen una justificación fenomenológica y están lógicamente estructuradas. La competencia matemática requiere el dominio de los sistemas matemáticos disponibles y capacidad para desarrollarlos ante las necesidades de resolver nuevos problemas (comprensión racional). (p 82, 83).

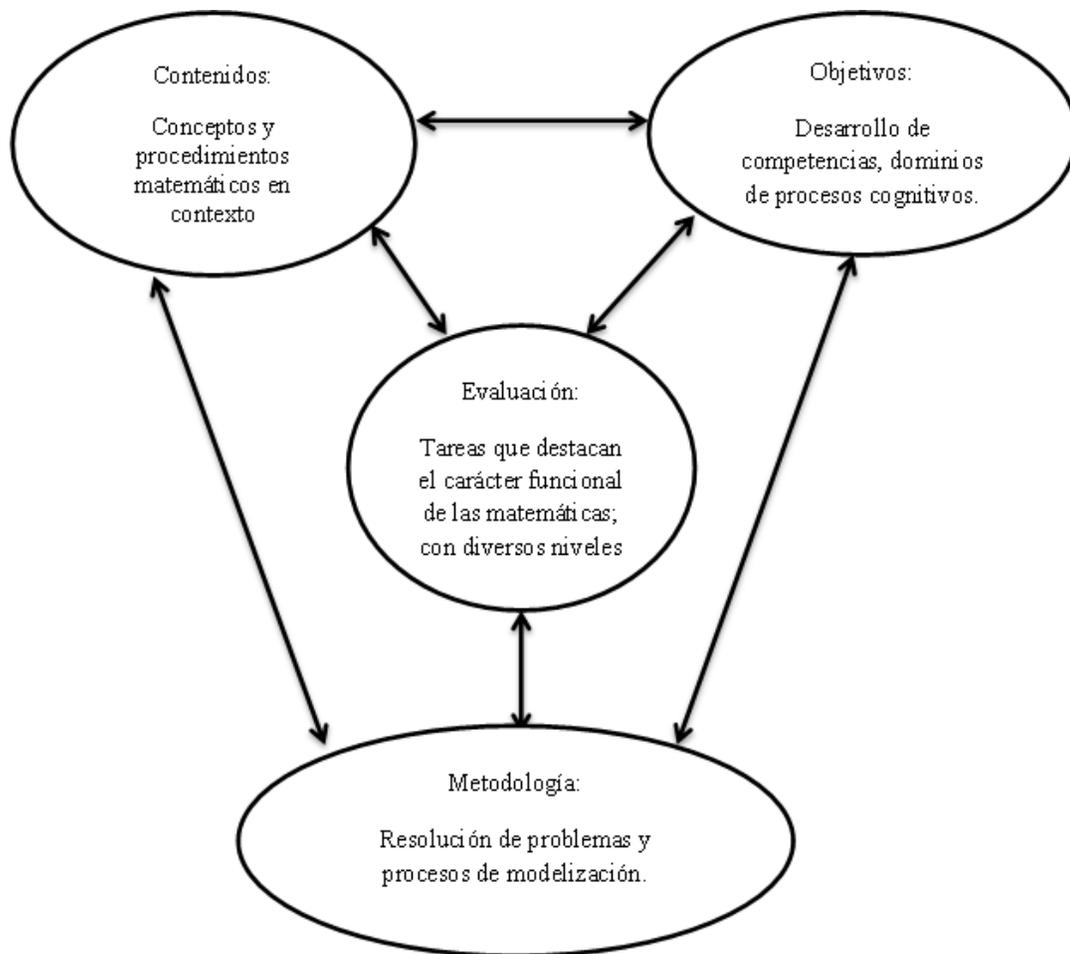
El programa para La Evaluación Internacional de Alumnos –PISA– constituido formalmente en 1997 por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico – OCDE– realizó estudios internacionales sobre competencia matemática con el objetivo de facilitar a los países miembros información sobre los factores asociados al éxito educativo a partir de cuatro campos: la calidad de los resultados del aprendizaje, igualdad en los resultados del aprendizaje y equidad en las oportunidades educativas, la eficacia y eficiencia de los procesos educativos; y el impacto de los resultados del aprendizaje en el bienestar social y económico. A partir de la evaluación PISA se obtiene información sobre el uso de herramientas matemáticas en situaciones de la vida cotidiana en conocimientos y destrezas necesarias para la vida. Los estudios matemáticos de PISA se enmarca en una estructura curricular dando respuesta a interrogantes como: ¿Por qué enseñar matemáticas?, ¿Qué matemática enseñar?, y, ¿Cómo enseñar matemáticas? Según Rico (2006):”el fin prioritario de la enseñanza de las matemáticas consiste en desarrollar la competencia matemática de los escolares” (p.278).

La OCDE/PISA establece las matemáticas como herramientas en modelos de organización de fenómenos del mundo natural, social y mental.

Rico (2006): “Procesos tales como pensar y razonar mediante conceptos matemáticos, argumentar y justificar, usar el lenguaje simbólico y formal para abstraer relaciones e inferir resultados se sustentan en la consideración funcional de los contenidos matemáticos” (p.279).

A la pregunta ¿Cómo enseñar matemáticas?, la OCDE/PISA se fundamenta en la modelización y resolución de problemas, denominándolo ‘matematización’ el cual se identifica en el proyecto con resolución de problemas y por ende objetivo de aprendizaje en los estudiantes. Esta actividad se divide en cinco fases, Rico (2006): “Comenzar con un problema situado en la realidad, organizarlo de acuerdo con conceptos matemáticos, despegarse progresivamente de la realidad mediante procesos como hacer suposiciones sobre los datos del problema, generalizar y formalizar; resolver el problema y proporcionar sentido a la solución, en términos de la situación inicial” (p. 279)

La evaluación PISA sobre matemáticas define una estructura curricular, la cual tiene por esquema:



Gráfica 1 – Esquema estructura curricular evaluación matemáticas PISA

El estudio que se hace en la evaluación PISA es sobre la forma en que los estudiantes de 15 años que han terminado sus estudios obligatorios pueden utilizar lo que han aprendido en situaciones usuales de la vida, por lo que centra su estudio en la competencia desde dos definiciones:

- Competencia matemática general es un constructo que sirve para caracterizar la actuación global del sujeto dentro del modelo funcional postulado para las matemáticas escolares.

- Se refiere a los procesos que deben activarse para conectar el mundo real donde surgen los problemas con las matemáticas y resolver entonces la cuestión planteada, lo cual permite concretar el significado general mediante diversos tipos de capacidades de análisis, razonamiento y comunicación que los estudiantes ponen en juego cuando resuelven o formulan problemas matemáticos en una variedad de dominios y situaciones. (Rico 2006, p.282)

Para la OCDE/PISA las competencias son modos de expresión de los alumnos cuando actúan frente a un problema, es así como las elegidas en el proceso de evaluación son: pensar y razonar, argumentar, comunicar, modelizar, plantear y resolver problemas, representar, utilizar el lenguaje simbólico, formal y técnico y las operaciones.

Secuencias didácticas de Guy Brousseau.

Guy Brousseau, exponente de la escuela francesa de la Didáctica de la Matemática, desarrolla la ‘Teoría de Situaciones’ bajo la premisa de que los conocimientos matemáticos no se constituyen de manera espontánea sino que se consolidan a partir de un proceso de construcción en la mente de los estudiantes.

En la teoría de Brousseau (1999) como se cita en D’Amore Bruno (2006) quien afirma:

Hemos llamado “situación” a un modelo de interacción de un sujeto con cierto medio que determina a un conocimiento dado como el recurso del que dispone el sujeto para alcanzar o conservar en este medio un estado favorable.

Algunas de estas “situaciones” requieren de la adquisición “anterior” de todos los conocimientos y esquemas necesarios, pero hay otras que ofrecen una posibilidad al sujeto para construir por sí mismo un conocimiento nuevo en un proceso “genético”.

La situación didáctica es una situación construida intencionalmente con el fin de hacer adquirir a los alumnos un saber determinado. Brousseau (1982) como se cita en D’Amore Bruno (2006) quien indica:

Un conjunto de relaciones establecidas explícita y/o implícitamente entre un alumno o grupos de alumnos, un cierto medio (que comprende eventualmente instrumentos u objetos) y un sistema educativo (representado por el profesor) con la finalidad de lograr que estos alumnos se apropien de un saber constituido o en vías de constitución.

Diseñar situaciones didácticas que le permitan al estudiante construir el conocimiento presupone la necesidad de propiciar momentos de aprendizaje en los cuales el alumno se enfrente a la resolución de un problema sin la intervención del maestro. Estos momentos se denominan situaciones “a-didácticas” definidas por Brousseau (1982) como se cita en D’Amore Bruno (2006):

El término de situación a-didáctica designa toda situación que, por una parte no puede ser dominada de manera conveniente sin la puesta en la práctica de los conocimientos o del saber que se pretende y que, por la otra, sanciona las decisiones que toma el alumno (buenas o malas) sin intervención del maestro en lo que concierne al saber que se pone en juego.

En ocasiones se tiende a confundir los términos ‘didáctica’ y ‘a-didáctica’. La primera hace referencia a una situación que contiene explícitamente la intención que alguien aprenda algo y por lo tanto obedece al criterio del maestro. En la segunda, el estudiante se enfrenta a una situación problémica, respondiendo a la misma en base a sus conocimientos motivado por el problema y no por satisfacer un deseo del docente.

Según Brousseau, existen diferentes tipos de situaciones a-didácticas que estimulan a los alumnos a transitar por diversas etapas propias de la actividad matemática, éstas son:

1. Situación a-didáctica de acción: El alumno se enfrenta al problema y toma las decisiones pertinentes que favorezcan la solución del mismo.
2. Situación a-didáctica de formulación: Hace referencia al momento de comunicación de los resultados obtenidos por un estudiante en la solución de una situación problema a un pequeño grupo de la clase. El lenguaje utilizado debe ser preciso y adecuado para ser comprendido por los otros, y a partir de ello, procedan en base al conocimiento contenido en el mensaje.
3. Situación a-didáctica de validación: A los estudiantes se les exigen pruebas, por lo tanto explicaciones sobre las teorías utilizadas y también explicitación de los medios que subyacen en los procesos demostrativos.
4. Situación de institucionalización, definido por Brousseau (1994): “La consideración ‘oficial’ del objeto de enseñanza por parte del alumno, y del aprendizaje del alumno por parte

del maestro, es un fenómeno social muy importante y una fase esencial del proceso didáctico: este doble reconocimiento constituye el objeto de la institucionalización” D'Amore Bruno (2006). Didáctica de la Matemática. Didácticas Magisterio. (p 98)

Debe comprenderse que la institucionalización supone establecer relaciones entre las producciones de los alumnos y el saber científico, y no debe reducirse a una presentación del saber científico en sí mismo desvinculado del trabajo anterior en la clase. Durante la institucionalización se deben sacar conclusiones a partir de lo producido por los alumnos, se debe recapitular, sistematizar, ordenar y vincular lo que se produjo en diferentes momentos del desarrollo de la secuencia didáctica, a fin de poder establecer relaciones entre las producciones de los alumnos y el saber científico.

El éxito de la propuesta dada por Brousseau se centra en dos supuestos esenciales: por un lado, el maestro debe estar dispuesto a experimentar procesos alternativos de enseñanza, dedicar tiempo a diseñar las situaciones problema y discutir las con su grupo de trabajo para validar su pertinencia y por último tomar el riesgo de proponerlas a los estudiantes para comprobar o refutar la eficiencia de las mismas en pro del conocimiento que se pretende hacer alcanzar. Por otro lado, es importante el papel que asume el estudiante al aceptar un rol protagónico en el proceso de aprendizaje, que pueda por sí mismo juzgar los resultados de su acción y que intente nuevas estrategias de solución si son necesarias, consciente que las actividades que realiza son propuestas para facilitar la adquisición de nuevos conocimientos.

Ingeniería Didáctica

La ingeniería didáctica es una metodología que se distingue por un esquema experimental fundamentado en las realizaciones didácticas sobre la concepción, la realización, la observación y el análisis de secuencias de enseñanza determinadas por cuatro fases, implementada por Michéle de Artigue en la década de los años ochenta, tal como la define en (1998, p.36):

Se caracteriza en primer lugar por un esquema experimental basado en las realizaciones didácticas en clase, es decir, sobre la concepción, realización, observación y análisis de secuencias de enseñanza. Allí se distinguen por lo general dos niveles: el de la micro-ingeniería y el de la macro-ingeniería, dependiendo de la importancia de la realización didáctica involucrada en la investigación.

En la ingeniería didáctica la metodología se fundamenta en su modo de validar una situación didáctica al interior del aula, confrontando los análisis a priori y a posteriori, con base en los datos encontrados durante la aplicación de la estrategia, de igual forma en el análisis a priori se plantea por lo menos una hipótesis que se valida con el análisis a posteriori.

Fases de la metodología.

En la ingeniería didáctica se estructuran cuatro fases como metodología que permiten validar una situación didáctica, determinadas por Artigue (1998, p.38) “la fase 1 de análisis de preliminar, la fase 2 de concepción y análisis a priori de las situaciones didácticas de la

ingeniería, la fase 3 de experimentación y finalmente la fase 4 de análisis a posteriori y evaluación”.

Fase 1. Análisis preliminar. En la implementación y adaptación de la primera fase se tienen en cuenta dos aspectos fundamentales como el cuadro didáctico descriptivo de los análisis preliminares y el análisis de las restricciones, definidas por Artigue (1998, pp.38-40):

Los más frecuentes tocan : El análisis epistemológico de los contenidos contemplados en la enseñanza, el análisis de la enseñanza tradicional y sus efectos, el análisis de las concepciones de los estudiantes, de las dificultades y obstáculos que determinan su evolución, el análisis del campo de las restricciones donde se va a situar la realización didáctica efectiva. Y, por supuesto, todo lo anterior se realiza teniendo en cuenta los objetivos de la investigación.

El análisis de las restricciones se efectúa distinguiendo tres dimensiones: La dimensión epistemológica asociada a las características del saber en juego, la dimensión cognitiva asociada a las características cognitivas del público al cual se dirige la enseñanza y la dimensión didáctica asociada a las características del funcionamiento del sistema de enseñanza.

Fase 2. De concepción y análisis a priori de las situaciones didácticas de la ingeniería. En esta fase se pretende determinar cómo las secuencias de enseñanza preestablecidas contribuyen a mejorar la participación de los alumnos, siendo estos los principales protagonistas. Como lo define Artigue (1998, pp.45-47):

El objetivo del análisis a priori es determinar en qué las selecciones hechas permiten controlar los comportamientos de los estudiantes y su significado. Por lo anterior, este análisis se basa en un conjunto de hipótesis. La validación de estas hipótesis está, en principio, indirectamente en juego la confrontación que se lleva a cabo en la cuarta fase entre el análisis a priori y el análisis a posteriori.

En el análisis a priori, no se le ha otorgado tradicionalmente un lugar al juego del profesor. Aunque el estudiante se toma en cuenta en un doble nivel, descriptivo y predictivo, el profesor no interviene sino en un nivel descriptivo, como si la situación lo determinara por completo como actor del sistema.

Fase 3. De experimentación. En esta fase se observan los comportamientos de los alumnos frente a cada una de las secuencias de enseñanza establecidas en los análisis preliminares y en el análisis a priori.

Fase 4. De análisis *a posteriori* y evaluación. El análisis a posteriori se fundamenta en las inspecciones realizadas en la secuencia de enseñanza en la fase dos, así como en el conjunto de resultados logrados por los estudiantes en cada uno de los talleres y examen final durante el proceso de experimentación. Se toma como referencia lo afirmado por (Artigue, Douady, Moreno & Gómez, 1998) quienes definen:

Se basa en el conjunto de datos recogidos a lo largo de la experimentación, a saber, las observaciones realizadas de las secuencias de enseñanza, al igual que las producciones de los estudiantes en clase o fuera de ella. Estos datos se complementan con frecuencia con otros obtenidos de la utilización de metodologías externas, como cuestionarios, entrevistas individuales o en pequeños grupos, aplicadas en distintos momentos de la enseñanza o durante su transcurso.

En la confrontación de los análisis, el *a priori* y *a posteriori*, se fundamentan en esencia la validación de las hipótesis formuladas en la investigación.

MARCO CONTEXTUAL

Normativo

Dentro del reglamento general o ley fundamental de la Universidad Cooperativa de Colombia, aprobado por el Ministerio de Educación Nacional según resolución 24195 del 20 de diciembre de 1983, quien a través de la ley 30 de diciembre de 1992, le faculta a la universidad autonomía en su artículo 3ro.: “...el Estado, de conformidad con la Constitución Política de Colombia y con la presente Ley, garantiza la autonomía universitaria y vela por la calidad del servicio educativo a través del ejercicio de la suprema Inspección y Vigilancia de la Educación Superior”.

4to.: “la Educación Superior, sin perjuicio de los fines específicos de cada campo del saber, despertara en los educandos un espíritu reflexivo, orientado al logro de la autonomía personal, en un marco de libertad del pensamiento y del pluralismo ideológico que tenga en cuenta la universalidad de saberes y particularidad de las formas culturales existentes en el país. Por ello la Educación Superior se desarrollará en un marco de libertades, de enseñanza, de aprendizaje, de investigación y de cátedra”, según lo establece la Ley General de Educación en su capítulo I.

Institucional

La Universidad Cooperativa de Colombia es una realidad educativa que comenzó a gestarse en 1958 en el Instituto M. M. Coady de Educación y Capacitación Cooperativa. Razón social que hacía homenaje a un educador canadiense pionero de un movimiento que promovía ‘La educación de adultos basada en la cooperación económica’

En sus primeros años de funcionamiento, la universidad inició como el instituto INDESCO que impartía enseñanzas en materias como historia y doctrinas cooperativas, administración, legislación y contabilidad especialmente en la jornada nocturna. Su primer director y líder de la iniciativa fue Rymel Serrano, abogado de la Universidad Nacional quien convocó como docentes a importantes dirigentes cooperativistas, entre ellos Augusto Arbeláez, Carlos Julio Niño, José Joaquín Rojas, María Cristina Salazar, José Levy Vargas, Héctor Restrepo Valencia y Carlos Uribe Garzón.

En 1961 el instituto fue reorganizado bajo la denominación de "Instituto de Economía Social y Cooperativismo (Indesco)" con cuatro unidades académicas: la facultad de Economía Social, la Escuela de Expertos Técnicos, el Centro de Especialización y el Centro de Investigación y Extensión.

La licencia oficial de funcionamiento se logró por medio de la Resolución No. 4156 del 7 de noviembre de 1964, expedida por el Ministerio de Educación Nacional, norma que abrió paso en Colombia a la formación tecnológica o intermedia y al propio tiempo, al reconocer al instituto como establecimiento de educación superior se le permitió otorgar títulos en Economía Social, Administración Cooperativa y Desarrollo de la Comunidad. En 1968 recibió reconocimiento por parte de la Superintendencia Nacional de Cooperativas como Institución Auxiliar del Cooperativismo, según la resolución No. 00559. Posteriormente, la Fundación Konrad Adenauer se vinculó al proyecto, lo cual fortaleció las finanzas y amplió sus horizontes de desarrollo. Su participación exigió a su vez una reestructuración y es por ello que su director transfirió el derecho de propiedad a la Unión Cooperativa Nacional, Uconal, la cual convocó a otros organismos cooperativos de grado superior a participar en la propiedad de Indesco.

Así se produjo el ingreso de Coopdesarrollo, Ascoop, Cecora, Financiacoop, Cenco y Ucopan. En el inicio de la década de los setenta surgieron las sedes de Medellín, Bucaramanga, Barrancabermeja, Cali (que luego fue suprimida) y Barranquilla (que se trasladó a Santa Marta en 1981). Después de varias reestructuraciones organizativas, pero conservando similares principios filosóficos, en 1983 recibió el reconocimiento institucional como Universidad Cooperativa de Colombia, mediante la Resolución No. 24195 expedida el 20 de diciembre por el Ministerio de Educación Nacional.

En esta década se comprometió con la formación de ‘Profesionales con Criterios Políticos’ reiterando con ello su vocación social a través de la Educación y la Economía Solidaria. En la década de los 90 la Universidad participó activamente en el periodo de expansión de la educación superior en el país, extendiendo sus servicios a una gran parte del territorio colombiano con el propósito fundamental de descentralizar y democratizar la educación superior, dando origen a numerosas contribuciones al desarrollo social, económico, político y cultural del país desde cada una de sus sedes. Desde 1998 la seccional de Medellín viene adelantando el proyecto Universidad Virtual Cooperativa con el propósito de crear un modelo educativo dinámico e innovador de alta cobertura para Colombia y América Latina que promueva el aprendizaje continuo y permanente para todos, a partir de sólidos adelantos tecnológicos de la informática y las telecomunicaciones.

Las primeras ejecuciones estuvieron encaminadas hacia la sensibilización, capacitación y elaboración de materiales para cursos de educación media, pregrado, posgrado y educación continuada. A dicho proyecto se han vinculado otras sedes generando también alianzas estratégicas en las regiones con empresas como Microsoft, Tele Antioquía y el Canal U para la creación y distribución de material educativo multimedia.

Con este propósito se han hecho también inversiones significativas en tecnologías para la información y la comunicación para avanzar en su utilización tanto para la gestión administrativa como para la educación virtual. Al 2002 se habían invertido cerca de US\$520.000 en equipos de comunicaciones (intranet-internet), sistemas de información,

canales de comunicación, licencias, *software* y *hardware* para sistemas de teleducación. En el 2002 la Universidad recibió un reconocimiento importante: se ratificó su calidad de Institución Auxiliar de la Economía Solidaria mediante el certificado 066 del 22 de Julio del 2002 expedido por la Superintendencia de Economía Solidaria, con lo cual se confirma su pertenencia al tercer sector previsto en la Ley 30 de 1992 (artículo 23) que clasifica por razón de su origen a las Instituciones de Educación Superior en: estatales u oficiales, privadas y de economía solidaria.

Sin duda este reconocimiento abre espacios de participación en organismos decisivos en la coordinación, planificación, recomendación y asesoría de la Educación Superior como el Consejo Nacional de Educación Superior (CESU), con base en la Ley 30 del artículo de 1992 (artículo 34), entre otros.

MARCO METODOLÓGICO

Perspectiva Epistemológica

El pragmatismo es una corriente filosófica idealista subjetiva que considera la verdad desde el punto de vista de la utilidad social; se le atribuye al psicólogo y filósofo James William. El pragmatismo considera la actividad humana desde tres dimensiones inseparables: la biológica, la psicológica y la ética.

Tashakkori y Teddlie (2003) afirman: “el enfoque mixto se basa en el paradigma pragmático” tal como lo ilustra Hernández S. Roberto, en su texto Metodología de la Investigación (2007, p.755).

El método mixto data de las décadas 1960 y 1970 en trabajos de criminalística, sin darle una definición en concreto. Hacia finales de los años 1970 T. D Jick introdujo: “los términos básicos de los diseños mixtos, propuso recabar datos mediante técnicas cuantitativas y cualitativas e ilustró la triangulación de datos” tal como lo ilustra Hernández S. Roberto, en su libro Metodología de la Investigación (2007, p.789).

El análisis de los diseños mixtos es revisado históricamente en 1998 por Tashakkori y Teddlie, siendo este enfoque aplicado en diversos campos como la educación, la

comunicación, la psicología, la medicina y la enfermería. Denzin y Lincoln (2000) presentan una amplia discusión sobre la triangulación, finalmente en el 2003 Tashakkori y Teddlie hacen una revisión al estado del arte del enfoque mixto.

Método mixto

El enfoque mixto permite utilizar los métodos cuantitativo y cualitativo en el análisis y recolección de datos, fundamentándose en la triangulación de métodos. Como lo definen Lincoln y Gubba (2000): “el cruce de enfoques” citado por Hernández S. Roberto, en su texto Metodología de la Investigación (2007, p.752).

De manera coherente con los objetivos, preguntas orientadoras y problema, este estudio se realizó desde el enfoque mixto, a partir del diseño de cuatro etapas de investigación, así como, el diseño de instrumentos didácticos, desarrollando cada enfoque cuantitativo y cualitativo de forma independiente.

El enfoque mixto es un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio o una serie de investigaciones para responder a un planteamiento del problema (Teddlie y Tashakkori, 2003; Creswell, 2005; Mertens, 2005; Williams, Unrau y Grinnell, 2005). Se usan métodos de los enfoques cuantitativo y cualitativo y pueden involucrar la conversión de datos cuantitativos en cualitativos y viceversa (Mertens, 2005). Asimismo, el enfoque mixto puede utilizar los dos enfoques para responder distintas preguntas de investigación de un planteamiento del problema. (Hernández, 2007, p.755)

Por lo anterior se evidencia un problema que requiere de una investigación con enfoque mixto, el cual permitirá clarificar y determinar las formas de estudiar el problema, ampliando las dimensiones del proyecto de investigación.

Etapas de la metodología

Con el propósito de direccionar la investigación desde el enfoque mixto, se diseñó una matriz que relacionara cada una de las cuatro etapas con los diferentes instrumentos aplicados en cada una de ellas y su análisis pertinente. Así mismo, en el análisis de cada una de las fases de la ingeniería didáctica se articula lo cuantitativo con lo cualitativo, integrando los resultados hallados de los desempeños de los estudiantes frente a sus actitudes observadas por el docente.

ETAPAS	INSTRUMENTOS	ANÁLISIS
Diagnóstico	Encuesta	Se hizo un análisis con SPSS (Paquete Estadístico para Ciencias Sociales)
Diseño del instrumento didáctico	Instrumento del diseño didáctico, para cada una de las Fases	Análisis de cada una de las fases con SPSS. Prueba de hipótesis a cada uno de los talleres.
Aplicación	Entrevistas Diario de Campo	Análisis Cualitativo con Atlas. Ti
Evaluación	Examen Estadística Talleres	Análisis con SPSS. Prueba de hipótesis formulada en la fase dos.

Tabla 05 – Etapas de la investigación. Elaboración propia

Diagnóstico

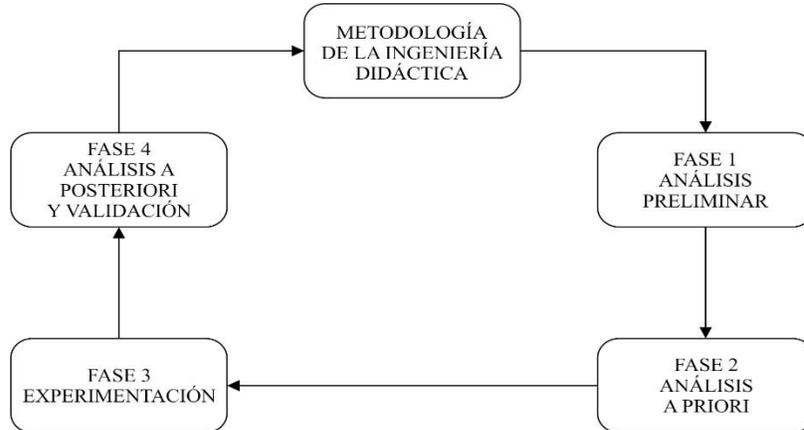
El estudio abarca dos grupos de estudiantes de primer semestre del programa de ingeniería industrial de la facultad de ingenierías de la Universidad Cooperativa de Colombia, seccional Bogotá, en la asignatura álgebra lineal, con características similares.

Uno de los grupos conformados se denominó GE experimental y el otro GC de control; a cada grupo se le aplicó de forma simultánea una encuesta de caracterización. En el grupo GE se desarrolló una propuesta didáctica cuyo objeto de investigación es la experimentación en clase que se sitúa dentro del enfoque comparativo con validación externa, con la comparación estadística del rendimiento del grupo experimental con el grupo de control. En el grupo control GC se desarrolló la clase tradicional, sin embargo se aplicaron cada uno de los talleres desarrollados con el grupo experimental GE y el examen final.

Dentro de la propuesta didáctica aplicada al grupo experimental GE se desarrollaron una prueba de entrada, tres talleres y una prueba final. En el momento de la aplicación del primer taller se realizó una grabación en video y en cada uno de los talleres se realizaron observaciones (diario de campo). Finalmente, se seleccionaron seis estudiantes por grupo quienes posteriormente fueron entrevistados.

Diseño del instrumento Didáctico

En la segunda etapa, la estrategia didáctica que se implementó en el marco teórico de la tesis emerge dentro de un ámbito conceptual de la teoría de situaciones del matemático francés Guy Brousseau, quien a su vez refiere a la combinación de interrelaciones entre tres sujetos como el estudiante, el maestro y el medio didáctico. La ingeniería didáctica puede desarrollarse como una metodología de la investigación con el propósito de caracterizar una situación *a priori* para luego confrontarla con un análisis *a posteriori* de la situación observada. Esta metodología se distingue por un esquema experimental fundamentado en las realizaciones didácticas sobre la concepción, la realización, la observación y el análisis de secuencias de enseñanza a partir de cuatro fases, como se puede ver en el siguiente gráfico:



Gráfica 2 – Metodología Ingeniería Didáctica. Elaboración personal a partir de R. Douady (1984)

La ingeniería didáctica facilita al docente elementos fundamentales que le permiten generar conocimiento al interior del aula, convirtiéndose en una estrategia eficaz por su adaptación y solidez en el medio escolar, apoyados en la experimentación en clase. Régine

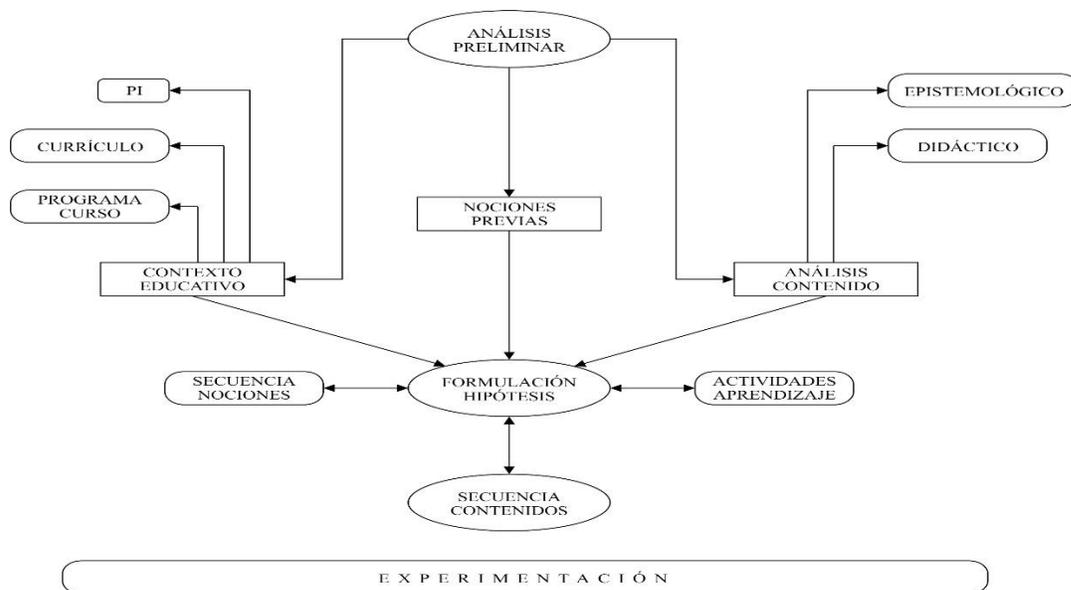
Douady establece que el término ingeniería didáctica designa un conjunto de secuencias de clase pensadas, organizadas y articuladas en el tiempo de manera coherente por un profesor ingeniero, con el fin de realizar un proyecto de aprendizaje para una población determinada de alumnos.(Pochulu Marcel, p. 40,2012)

Fases de la metodología.

En el proceso metodológico de la experimentación en clase, la ingeniería didáctica establece cuatro fases secuenciadas a saber: la primera de análisis preliminares, la segunda de concepción y análisis *a priori*, la tercera de experimentación y la cuarta de análisis *a posteriori* y evaluación. En cada una de ellas se hace una breve explicación de los aspectos relevantes llevados a cabo en la investigación.

Fase I. Análisis Preliminar.

En esta fase se creó un ambiente para llevar a cabo una experimentación que permitiera confirmar o rechazar ciertos supuestos, teniendo en cuenta una descripción de los análisis epistemológicos de los contenidos, la enseñanza tradicional y sus impactos, concepciones de los estudiantes y sus dificultades en la evolución de sus aprendizajes, como también las restricciones donde se situó la aplicación de la estrategia didáctica, en el siguiente gráfico se establece la ruta que se implementó en la correspondiente fase:



Gráfica 3 –Análisis Preliminar. Elaboración personal.

En la instauración del análisis preliminar se realizó un estudio del contenido, las nociones previas y el contexto educativo. En los análisis de contenido se tuvo en cuenta los análisis epistemológicos y didácticos, a partir de la revisión de los contenidos establecidos por la facultad de ingeniería de la universidad Cooperativa de Colombia, en su programa de curso con el código FAM 4-1 de marzo de 2013, con el fin de determinar los conceptos estructurantes y previos necesarios para la definición del concepto de matriz. En cuanto a las nociones previas se hizo una verificación de conceptos referidos a los sistemas numéricos, operaciones y propiedades, por medio de la aplicación de un taller. En el contexto educativo se desarrolló un estudio del proyecto institucional PI de la universidad Cooperativa de Colombia, el currículo y programa de curso definido por la facultad de ingeniería, seccional Bogotá. El análisis también comprendió los contenidos futuros que se pueden abordar desde el concepto de matriz, como también, un diagnóstico sobre las dificultades epistemológicas del

concepto de número natural, entero, racional y real, operaciones básicas con matrices, ecuaciones lineales y resolución de problemas.

A continuación se muestra una síntesis de los resultados de los análisis preliminares:

Análisis Epistemológico

En la construcción del contenido se evidenció una ruptura de conceptos como polinomio aritmético, polinomio algebraico y término algebraico. De igual manera, en el plan de estudios no existe una correlación de los contenidos, al evidenciar una desarticulación entre los sistemas lineales de ecuaciones y las matrices, fortaleciendo el proceso algorítmico y dejando de lado el desarrollo de las competencias matemáticas en la aplicación de problemas de ingeniería.

También se encontraron vacíos en los prerrequisitos al constatar dificultades de tipo operacional con los diferentes sistemas numéricos, en la solución de matrices y sistemas lineales de ecuaciones. En el análisis, planteamiento y solución de un problema se evidenciaron inconvenientes en la comprobación de los resultados, así como en la interpretación y argumentación.

Análisis Didáctico

La enseñanza del álgebra lineal se centra en el desarrollo de algoritmos, potenciando un aprendizaje memorístico y mecánico, dejando de lado las aplicaciones a la ingeniería que conllevan al desarrollo de las competencias matemáticas. Los contenidos no tienen una

contextualización que motiven al aprendizaje de la asignatura, teniendo en cuenta que es un prerrequisito para la enseñanza del cálculo vectorial y una aplicación de modelos matemáticos en el aprendizaje de la física.

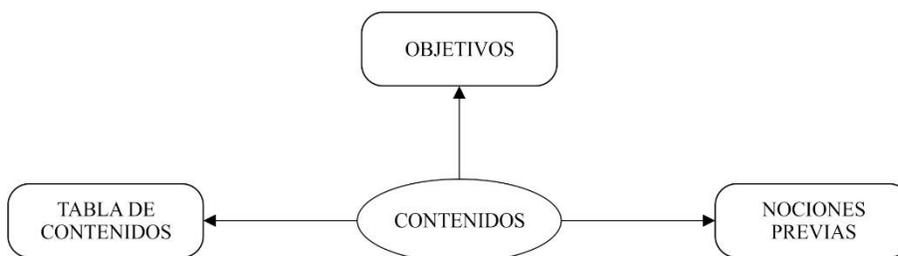
En las diferentes observaciones realizadas se evidenciaron dificultades en la aplicación del método de Gauss Jordan, generando en los estudiantes una percepción negativa de los estudiantes frente a la asignatura), por cuanto la asumen como una matemática más y de carácter obligatorio, que les genera problemas cuando hay que realizar operaciones de suma, resta y multiplicación de fraccionarios, así como cuando se les solicita analizar, plantear y resolver un problema utilizando sistemas de ecuaciones lineales empleando el método de la matriz aumentada. A lo anterior se suman los bajos conocimientos matemáticos que traen de su educación secundaria, fundamentada en el desarrollo algorítmico de operaciones y mecanización de ejercicios que no conllevaron a un aprendizaje significativo, dejando de lado el desarrollo de las competencias matemáticas tal como están definidas por el Ministerio de Educación en los Lineamientos Curriculares, en el área de matemáticas, para la educación básica y media.

Resultados de los Análisis Preliminares

La experiencia vivida en la primera parte de la fase permitió contextualizar una relación previa de los contenidos programáticos del curso de álgebra lineal y los conceptos matemáticos de los estudiantes adquiridos en su educación secundaria. Para ello, se aplicó una prueba diagnóstica dividida en cinco ejes temáticos evaluando operaciones aritméticas con

fraccionarios, expresiones algebraicas, factorización, fracciones algebraicas y ecuaciones, así como un taller en donde se solicitaba el análisis y la solución de un sistema de ecuaciones lineales, empleando el método de Gauss-Jordan, lo que permitió evidenciar un déficit en competencias lingüísticas elementales, dificultades en las operaciones combinadas en los diferentes sistemas numéricos e inseguridad al plantear sus resultados.

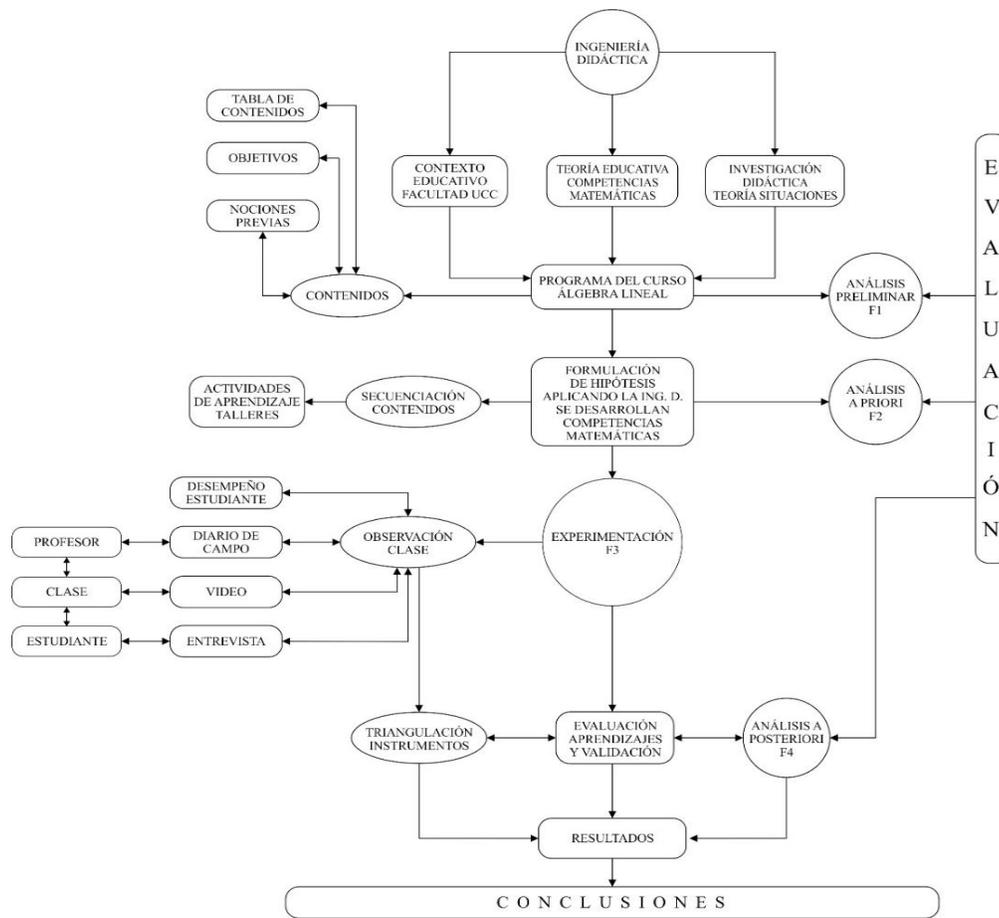
A partir de los análisis preliminares y teniendo en cuenta las restricciones dadas en el programa de curso de la facultad de ingeniería de la universidad Cooperativa de Colombia, en donde se implementó la ingeniería didáctica, se presentan cada uno de los contenidos, objetivos y las nociones previas para el aprendizaje, tal como se ilustra en el siguiente diagrama:



Gráfica 4 – Contenidos. Elaboración personal.

Fase 2. De concepción y análisis a priori de las situaciones didácticas de la ingeniería.

En esta fase se pretendió determinar cómo las secuencias preestablecidas conllevan a controlar los comportamientos de los alumnos, analizando las restricciones que se podían presentar en la puesta en marcha de la situación, con base en la hipótesis acerca de lo que harán los estudiantes, en el presente estudio se planteó como hipótesis: “aplicando la ingeniería didáctica se desarrollan competencias matemáticas en estudiantes de ingeniería industrial de primer semestre de la Facultad de ingeniería de la universidad Cooperativa de Colombia”. Este análisis *a priori*, comprende además, una parte descriptiva y una predictiva centrada en las características de una situación en el momento que un alumno se enfrente a la acción. A continuación se presenta el modelo didáctico:



Gráfica 5 - Modelo Didáctico. Elaboración propia.

La matriz que se describe a continuación corresponde a la planeación de cada una de las secuencias que se ejecutaron en la fase dos:

NOCIONES	CONTENIDOS	ACTIVIDADES	RECURSOS
<p>Los estudiantes presentan dificultad en la aplicación del concepto de matriz.</p> <p>En la operación de matrices cometen continuamente errores al utilizar fraccionarios.</p> <p>Para la solución de un sistema de ecuaciones lineales</p>	<p>1. Matriz</p> <p>1.1 Operaciones con matrices</p> <p>2. Clases de matrices</p> <p>2.1 Matriz cuadrada</p> <p>2.2 Matriz idéntica</p> <p>2.3 Introducción a los sistemas de ecuaciones lineales</p>	<p>Exploración</p> <p>Refuerzo</p> <p>Articulación</p> <p>Aplicación</p>	<p>Aplicación de ejercicios de forma individual.</p> <p>Corrección de los ejercicios y puesta en común.</p> <p>Exposición del docente sobre polinomio de matrices. Trabajo en grupos ejercicios propuestos para la clase.</p> <p>Exposición sobre reducción de filas, intercambio de renglones y multiplicación de un renglón por un escalar.</p> <p>Aplicación del taller</p>

<p>confunden las reglas de la matriz escalonada reducida.</p>			<p>No. 1 individualmente. Corrección del taller y puesta en común.</p>
<p>En el desarrollo de reducción de matrices escalonadas, los estudiantes aplican correctamente las reglas.</p> <p>En la solución de problemas utilizando la matriz aumentada, algunos estudiantes presentan</p>	<p>3. Matriz aumentada</p> <p>3.1 Matriz escalonada reducida</p>	<p>Exploración</p> <p>Refuerzo</p> <p>Articulación</p> <p>Aplicación</p>	<p>Revisión de la consulta sobre el nuevo tema.</p> <p>Exposición dialogada sobre la matriz aumentada.</p> <p>Desarrollo de ejercicios en grupos.</p> <p>Exposición dialogada sobre eliminación de Gauss-Jordan</p> <p>Solución de problemas con planteamiento de ecuaciones lineales.</p> <p>Aplicación del taller No. 2 individualmente.</p>

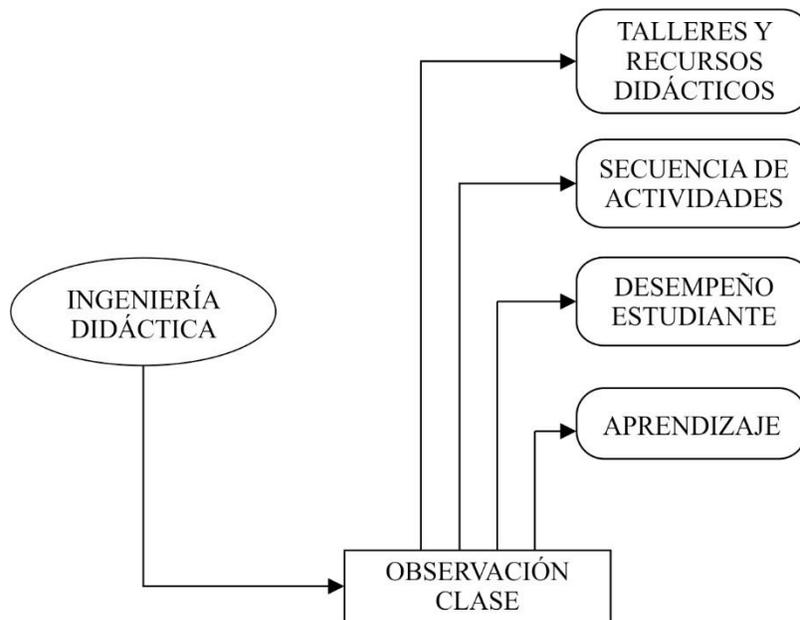
<p>dificultad en la utilización del método de Gauss – Jordan.</p>			<p>Corrección del taller y puesta en común. Taller de problemas extra-clase.</p>
<p>Los estudiantes aplican correctamente las propiedades de los determinantes en la solución de sistemas lineales de ecuaciones. En la solución de problemas los estudiantes aplican de forma precisa cualquier método.</p>	<p>4. Determinantes 4.1 Propiedades 4.2 Regla de Cramer 4.3 Regla de Sarrus 4.4 Cofactor</p>	<p>Exploración Refuerzo Articulación Aplicación</p>	<p>Consulta y plenaria. Explicación dialogada y ejemplificación de determinantes. Solución de sistemas de ecuaciones lineales, aplicando las reglas de Cramer y Sarrus. Trabajo en grupo en la solución de problemas utilizando cualquier regla. Aplicación del taller No. 3 individualmente.</p>

Tabla 06 – Matriz Secuencias de Enseñanza. Elaboración propia.

Fase 3. De experimentación.

En esta fase después de haber implementado en el aula las secuencias de enseñanza, se observaron los comportamientos de los estudiantes frente a sus desempeños en cada una de las actividades propuestas, a través de los talleres y el examen final. Estos desempeños se analizan por medio de los diarios del profesor, filmación de una clase y la entrevista a un grupo seleccionado de alumnos.

Para la realización de la observación a las secuencias de enseñanza, se ilustra el siguiente mapa:



Gráfica 6 - Mapa observación clase. Elaboración propia

Fase 4. De análisis a posteriori y evaluación.

El análisis a posteriori se fundamenta en las inspecciones realizadas en la secuencia de enseñanza en las fases dos, así como en el conjunto de resultados logrados por los estudiantes en cada uno de los talleres y examen final durante el proceso de experimentación. En la comparación y confrontación del análisis *a priori*, con lo observado en la experimentación se fundamentó la validación de la hipótesis formulada en la fase dos.

Para la validación de la estrategia didáctica se realiza la triangulación de cada uno de los instrumentos de información, obtenidas en las secuencias de enseñanza y aprendizaje.

Aplicación

El objetivo de esta etapa en sus dos primeras fases corresponde a detectar las posibles dificultades presentadas durante la actividad, como en cada una de las respuestas dadas por los alumnos, para este fin se realizaron observaciones que fueron plasmadas por el investigador en diarios de campo. Seguidamente, la tercera fase consistió en la experimentación del diseño de una situación didáctica para la enseñanza y el aprendizaje en la resolución de problemas utilizando las matrices como modelo matemático en el análisis, planteamiento y solución.

Finalmente, una vez concluido todo el proceso de implementación al grupo experimental, se realizó una entrevista a estudiantes de los grupos experimental GE y control GC.

Evaluación

La cuarta etapa que es a su vez la cuarta fase implementada en la segunda etapa, tuvo como objeto de estudio la validación y valoración de la situación didáctica con la aplicación del examen final a cada uno de los grupos.

En esta misma, se aplicaron en primer lugar talleres y posteriormente el examen final diseñados para el grupo experimental GE y el grupo control GC, teniendo en cuenta que en el grupo control GC las actividades se realizaron sin la implementación de las secuencias facilitadoras del aprendizaje de la ingeniería didáctica.

Una vez concluido el proceso de implementación de la secuencia didáctica al grupo experimental GE, se elaboró una estadística de resultados tanto de los talleres como del examen final respecto de cada uno de los grupos con el objeto de validar la propuesta planteada.

Instrumentos de recolección

En cada uno de los instrumentos aplicados se solicitó la asesoría de profesionales y pedagogos expertos, con el propósito de conceptuar, evaluar y validar.

Encuesta

Frente a la primera etapa de diagnóstico se aplicó una encuesta (ver anexo número uno) para la caracterización de cada uno de los grupos experimental GE y control GC, pretendiendo predecir las habilidades de los alumnos, indagando en cuatro aspectos: ámbito escolar, ámbito familiar, ámbito social y ámbito personal, fundamentado en los estudios realizados en el trastorno del aprendizaje (Muñoz, Fresneda, Mendoza, & S.V.Pestun, 2001), quienes especifican causas esenciales en el aprendizaje como: personales (motivacionales, intelectuales, lingüísticas, físicas, sensoriales y de personalidad), sociales, familiares (padres, hermanos con malas relaciones, malos hábitos y malas condiciones de vivienda), escolares (profesorado, métodos inadecuados, problemas de organización y programas no adaptados al ambiente). De acuerdo con las preguntas realizadas en la encuesta, siendo estas clasificadas en las cuatro variables específicas del aprendizaje.

Las preguntas relacionadas con el ámbito personal son:

4. ¿cuál fue su desempeño en matemáticas, durante la secundaria?,
5. frente a los siguientes campos de la matemática, escriba si se siente fuerte o débil,
14. ¿qué otros estudios como cursos o talleres ha realizado?,
15. ¿qué es lo que más le llama la atención del programa de ingeniería?,
16. ¿cuánto tiempo utiliza (a la semana) fuera de clases para estudiar matemáticas?

Las preguntas relacionadas con el ámbito social son:

8. Tipo de seguridad social,

Datos personales como: barrio y municipio.

Las preguntas relacionadas con el ámbito familiar son:

6. Cuenta con computador en su casa,

7. tiene acceso a internet en su casa,

9. ¿qué personas conforman su grupo familiar?,

10. según las siguientes opciones, ¿cómo se generan los ingresos económicos de su familia?,

12. ¿Quién o quienes aportan económicamente en su grupo familiar?,

13. ¿cuál es el promedio de ingresos mensuales de su grupo familiar?

Las preguntas relacionadas con el ámbito escolar son:

1. Modalidad de bachillerato,

2. Año de graduación,

3. Educación oficial o privada.

Instrumentos del diseño didáctico (fases)

De acuerdo con la segunda etapa de investigación se implementaron tres talleres, uno para la primera fase y dos en la segunda fase. Debe precisarse que en la cuarta fase de esta etapa se aplicó el examen final, el cual correspondió a la solución de tres problemas.

Fase 1. Análisis preliminar

De conformidad con cada uno de los análisis preliminares: epistemológico, didáctico, y planteamiento de una situación problema, se desarrolló de manera individual el siguiente taller:

Dado el sistema lineal de ecuaciones, utilice el método de Gauss-Jordan para su solución:

$$4x + 2y - 3z = 5$$

$$x - y + z = 3$$

$$x + y + 5z = 7$$

Fase 2. De concepción y análisis a priori de las situaciones didácticas de la ingeniería

Teniendo en cuenta el análisis preliminar, para esta fase se diseñaron dos talleres con una situación problema, aplicándose individualmente. En su orden de aplicación se presenta a continuación el segundo taller:

Una fábrica de muebles produce mesas, sillas y aparadores de madera. Cada mueble requiere tres pasos de producción: corte de madera, armado y acabado. La cantidad de horas necesarias para cada operación y mueble se ve en la siguiente tabla.

	Mesa	Silla	Armario
Corte (h)	$\frac{1}{2}$	1	1
Armado (h)	$\frac{1}{2}$	$1 \frac{1}{2}$	1
Acabado (h)	$\frac{1}{2}$	$1 \frac{1}{2}$	2

Tabla 07 – Problema del segundo taller. Precálculo. Autor James Stewart. Pág. 559

Los obreros de la fábrica pueden dedicar 480 horas al corte, 580 al armado y 770 al acabado, cada semana laboral. ¿Cuántas mesas, sillas y armarios deben producirse para ocupar todas las horas laborales disponibles?

El tercer taller propuesto para esta parte planteó el siguiente problema:

Una investigadora hace un experimento para probar su hipótesis acerca de la niacina y el retinol, que son dos nutrientes. Desea alimentar uno de sus grupos de ratas de laboratorio con una dieta que contenga exactamente 32 unidades de niacina y 22000 de retinol, por día. Tiene dos alimentos comerciales en pastillas. El alimento A contiene 0,12 unidades de niacina y 100 de retinol por gramo. El alimento B contiene 0.20 unidades de niacina y 50 de retinol por gramo. ¿Cuántos gramos de cada alimento debe dar a este grupo de ratas cada día?

1. Plantear una matriz en donde se relacionen nutrientes y tipos de alimento.
2. Solucionar el sistema de ecuaciones por cualquier método.

Fase 3. De experimentación

Una vez se implementaron las secuencias de enseñanza en el aula, se observaron los comportamientos de los estudiantes frente a sus desempeños en la aplicación de cada uno de los talleres y el examen final.

Diarios de Campo

Se realizaron registros de las actividades desarrolladas en clase con los estudiantes del grupo experimental, registros elaborados por el docente en diarios de campo detallando cada uno de los aspectos relevantes surgidos durante la actividad, así como el comportamiento de los alumnos en cada uno de los talleres.

De igual manera, se realizó la filmación de una clase que permitiera detallar cada una de las actuaciones de los alumnos con el fin de perfeccionar lo descrito en los diarios de campo. Por último, se llevó a cabo una entrevista a estudiantes de los grupos experimental GE y control GC.

Entrevista

En la finalización de la aplicación de las fases de la ingeniería didáctica se realizó una entrevista (ver anexo cuatro) a 12 estudiantes voluntarios del grupo experimental y 11 alumnos espontáneos del grupo control. La entrevista está constituida por 26 preguntas

estructuradas, con el propósito de recolectar información sobre sus percepciones y valoración que tienen de las actividades desarrolladas en las clases de álgebra lineal. Es así como, en primer lugar se les pregunta cuáles fueron los criterios que tuvo en cuenta para la selección de la universidad, como también si le ha cautivado el programa de ingeniería y qué cosas le han desagradado. Seguidamente se buscó determinar las conexiones de los saberes aprendidos en las clases de álgebra lineal con los contenidos desarrollados durante la educación secundaria, de esos saberes cuáles les generaron mayor dificultad y qué estrategias utilizaron para superarlas. Para ahondar en el conocimiento que tienen los estudiantes sobre los sistemas de ecuaciones lineales, se les preguntó si en el momento de la entrevista podrían resolver un sistema de ecuaciones lineales, qué método aplicarían en la solución y cuál de los métodos aprendidos en la clase generaron mayor dificultad. En la cuarta parte de la entrevista se les pide a los estudiantes que señalen cómo fue su desempeño en el análisis de problemas, que aspectos son fundamentales en su análisis y si en todo problema que le presentan sigue el mismo esquema. En el caso de que los alumnos manifestaran dificultades en el análisis de problemas, se les indagó sobre los mecanismos utilizados para superar las dificultades y si la matriz comparativa aprendida en clase les facilitó su aprendizaje. Para concluir la entrevista, se les consultó a los estudiantes cómo evaluaban la actividad, sus sugerencias y los aspectos que consideran se deben mejorar en la clase.

Fase 4. De análisis a posteriori y evaluación

En la confrontación de los análisis *a priori* y *a posteriori*, se aplicaron tres problemas en la evaluación final de la asignatura como uno de los elementos para la validación de la

investigación, como también la prueba de la hipótesis a partir de la comparación de medias con desviaciones estándares de la población desconocidas (la prueba T-Student conjunta) formulada en la fase dos.

Lea con atención y resuelva cada uno de los problemas utilizando cualquier método de solución:

1. Un doctor recomienda a un paciente que tome diariamente 50 g de niacina, 50 de riboflavina y 50 de tiamina para corregir su deficiencia vitamínica. Al buscar en su botiquín, el paciente encuentra píldoras vitamínicas de tres marcas. En la tabla aparecen las cantidades de las vitaminas por píldora.

	VitaMax	Vitron	Vitaplus
Niacina(mg)	5	10	15
Riboflavina(mg)	15	20	0
Tiamina(mg)	10	10	10

Tabla 08 – Primer problema examen final. Precálculo. Autor. James Stewart, pág. 558

¿Cuántas pastillas de cada marca debe tomar cada día cumplir con la receta?

2. Amanda, María y Marta compiten en un torneo en el que deben correr, nadar y andar en bicicleta determinadas distancias. La rapidez promedio de cada una aparece en la siguiente tabla.

Rapidez Promedio (mi/h)

	Carrera	Natación	Ciclismo
Amanda	10	4	20
María	7½	6	15
Marta	15	3	40

Tabla 09 – Segundo problema del examen final. Precálculo. Autor: James Stewart. Pág. 559

Marta llega primero con un tiempo total de 1h 45min.

Amanda llega en segundo lugar, con un tiempo de 2h 30min.

María llega al último, y su tiempo es de 3h.

Calcule la distancia (en millas) de cada parte de la competencia.

3. Un vendedor de enciclopedias representa a una empresa que ofrece tres encuadernaciones distintas de sus enciclopedias: normal, de lujo y de piel. Por cada colección que vende su comisión se basa en el tipo de encuadernación del producto. Una semana vende una enciclopedia con encuadernación normal, una de lujo y dos de piel, y sus comisiones totalizan \$675. La siguiente semana vende dos colecciones normales, una de lujo y una de piel, y su comisión es \$600. La tercera semana vende una normal, dos de lujo y una de piel, y sus comisiones son de \$625.

¿Cuál es la comisión del vendedor por cada enciclopedia en cada presentación que vende?

ANÁLISIS

Análisis de la encuesta

Respecto a la etapa de diagnóstico y aplicación del instrumento de la encuesta, se hizo un análisis a cada una de ellas en los respectivos grupos por medio del Paquete Estadístico para Ciencias Sociales, SPSS, encontrando la siguiente caracterización:

El grupo experimental GE está conformado por 25 estudiantes de género masculino, promedio de edad 17 años, estado civil solteros, bachilleres académicos graduados entre los años 2010 – 2012, de colegios oficiales del distrito capital, con desempeño sobresaliente en matemáticas, con fortaleza en el desarrollo de algoritmos pero debilidad en el análisis, planteamiento y solución de problemas. El grupo familiar en la mayoría de los casos está conformado por padres y hermanos, de estrato tres clase media, algunos antes de ingresar realizaron estudios no formales en inglés, computadores, música, pintura. En cuanto a los ingresos familiares en su mayoría rondan los dos salarios mínimos legales vigentes; la selección de carrera obedece a que es de actualidad y tiene buena demanda laboral. Un número significativo dedica al estudio de las matemáticas entre 2 y 4 horas a la semana como tiempo extra clase.

El grupo de control GC está conformado por 1 mujer y 24 hombres, edad promedio 20 años, estado civil solteros, bachilleres académicos graduados entre los años 2010 – 2012, de

colegios oficiales del distrito capital, sus resultados académicos en matemáticas en la secundaria es de desempeño sobresaliente, con fortaleza en el desarrollo de algoritmos y debilidad en el análisis, planteamiento y solución de problemas. El núcleo familiar está conformado por padres y hermanos, de estrato tres clase media, algunos antes de ingresar realizaron estudios no formales en inglés, computadores, música, pintura. En cuanto a los ingresos familiares en su mayoría rondan los dos salarios mínimos legales vigentes; la selección de carrera obedece a que es de actualidad y tiene buena demanda laboral. Un número significativo dedica al estudio de las matemáticas entre 2 y 4 horas a la semana como tiempo extra clase.

Por consiguiente, tomando como base las cuatro variables específicas de aprendizaje se logró identificar en las respuestas de los grupos experimental GE y control GC una similitud en cada uno de los ámbitos. Para ilustrar, en el ámbito personal se encontró aspectos tales como intelectuales y motivacionales. En el ámbito social se hallaron datos como su ubicación de residencia en la gran mayoría en la ciudad de Bogotá y unos pocos viven en municipios cercanos a la capital, como también de nacionalidad colombianos. En lo referente al ámbito familiar se encuentra que la mayoría viven con los padres y hermanos, como también la condición de vivienda cuenta con herramientas tecnológicas. Por último, en el ámbito escolar se determinó que los estudiantes provienen de instituciones oficiales, así como su ingreso a la facultad de ingeniería se realizó de forma inmediata a la graduación de sus estudios escolares.

Análisis de los instrumentos del diseño didáctico (fases)

Para cada una de las fases se realizó un análisis por medio de tablas de sistematización de datos, cuadros estadísticos elaborados con el Paquete Estadístico de Ciencias Sociales SPSS y una matriz de síntesis comparativa, que contiene las categorías de análisis frente a los desempeños de los grupos experimental y control, así como las consideraciones (reflexiones) del docente con respecto a la actividad desarrollada.

Fase 1. Análisis Preliminar

A continuación se muestran las tablas de sistematización de datos de la prueba diagnóstica, aplicada a los grupos experimental y control como conducta de entrada en la que se evalúan cinco ejes temáticos de las matemáticas aprendidas en la educación secundaria.

GRUPO EXPERIMENTAL (PRUEBA DIAGNÓSTICA)

	ARITMÉTICA FRACCIONARIOS		EXPRESIONES ALGEBRAICAS		FACTORIZACIÓN		FRACCIONES ALGEBRAICAS		ECUACIONES	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
1	X		X			X		X	X	
2		X	X		X			X		X
3		X	X		X			X		X
4		X	X		X			X		X
5	X		X			X		X	X	
6	X		X		X			X		X
7	X			X		X		X	X	
8		X		X		X		X		X
9		X	X			X	X			X
10	X		X			X		X		X
11		X		X		X		X		X
12	X			X		X		X		X
13	X		X			X		X	X	
14	X		X			X		X		X
15	X		X			X		X		X
16		X		X		X		X	X	
17		X		X		X		X		X
18		X		X		X		X		X
19		X		X		X		X		X
20		X		X		X		X		X
21	X			X		X		X		X
22		X		X		X		X	X	
23		X		X		X		X		X
24		X		X		X		X		X
25	X		X		X			X		X

Tabla 10 – Prueba diagnóstica grupo experimental. Elaboración propia.

GRUPO CONTROL (PRUEBA DIAGNÓSTICA)

	ARITMÉTICA FRACCIONARIOS		EXPRESIONES ALGEBRAICAS		FACTORIZACIÓN		FRACCIONES ALGEBRAICAS		ECUACIONES	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
1		X		X		X		X	X	
2		X		X		X	X			X
3		X		X		X		X		X
4		X		X		X		X		X
5	X		X			X		X		X
6	X		X		X			X		X
7	X		X		X			X	X	
8		X	X		X			X		X
9	X		X			X		X	X	
10	X		X		X			X		X
11	X			X		X	X			X
12		X	X			X		X		X
13	X			X	X			X		X
14		X		X		X		X	X	
15	X		X			X		X		X
16		X		X		X		X		X
17	X			X		X		X	X	
18		X		X	X			X		X
19		X	X		X			X		X
20	X			X		X		X		X
21		X		X	X			X	X	
22	X			X		X		X		X
23	X			X		X		X		X
24		X		X		X	X			X
25		X		X		X	X			X

Tabla 11 – Prueba diagnóstica grupo control. Elaboración propia.

De acuerdo con los desempeños obtenidos en la prueba diagnóstica y su sistematización en las tablas anteriores por cada grupo, se elaboró la matriz que contiene unos análisis epistemológicos y didácticos, como las consideraciones (reflexiones) del docente frente a la actividad. A continuación se presenta la matriz de análisis de la prueba diagnóstica:

ANÁLISIS EPISTEMOLÓGICO	ANÁLISIS DIDÁCTICO	CONSIDERACIONES
<p>En el primer grupo de preguntas de la prueba diagnóstica corresponde a la solución de operaciones con fraccionarios. En este primer bloque se evidencia que la mitad de los estudiantes del grupo experimental y control, los resuelven de forma correcta. La otra parte de los grupos presenta dificultad en las operaciones sobre todo en la suma y resta de fraccionarios heterogéneos.</p>	<p>Se percibe que el aprendizaje no fue significativo por cuanto no hay diferenciación entre fraccionarios homogéneos y heterogéneos así como en la aplicación de propiedades en las operaciones entre ellos.</p>	<p>En las operaciones suma y resta de fraccionarios se deben diferenciar los fraccionarios homogéneos de los heterogéneos. Cuando se suman o restan fraccionarios heterogéneos se debe hallar el mínimo común múltiplo m.c.m. Se solicita que se diferencie:</p> $\frac{a}{b} + \frac{c}{d} \text{ de } \frac{a}{b} + \frac{c}{b}$ $\frac{a}{b} - \frac{c}{d} \text{ de } \frac{a}{b} - \frac{c}{b}$

<p>En el segundo grupo de preguntas correspondiente a expresiones algebraicas y operaciones con polinomios la mitad de los estudiantes del grupo experimental lo desarrollan efectivamente en tanto que se reduce el número de estudiantes del grupo control aumentando considerablemente el número de estudiantes con dificultad en el manejo adecuado de operaciones con polinomios.</p>	<p>En el grupo de preguntas sobre expresiones algebraicas y polinomios se incrementa el número de estudiantes con dificultades en el grupo control y se mantiene la mitad de estudiantes con dificultades en el grupo experimental, infiriendo la falta de relación entre un polinomio aritmético y un polinomio algebraico en su proceso de aprendizaje.</p>	<p>Se solicita desarrollar la suma de dos polinomios $p(x)$ y $q(x)$ teniendo en cuenta los términos semejantes.</p> <p>Polinomios de segundo grado como:</p> $P(x) = a_2x^2 + a_1x + a_0$ $Q(x) = b_2x^2 + b_1x + b_0$ <p>Así como el producto de polinomios de la forma:</p> $(a+b)(a+d)$
<p>La tercera parte de la prueba diagnóstica hace referencia a la factorización de polinomios, en esta sección el desempeño de cada uno de los grupos es muy bajo</p>	<p>En la solución de los casos de factorización se evidencia la falta de relación entre el producto de los polinomios y la</p>	<p>Dentro de los casos evaluados está el producto notable de la forma:</p> $(a+b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$

<p>comparado con las anteriores secciones de preguntas, evidenciando mayor dificultad en el manejo de conceptos y propiedades en la factorización y clasificación de polinomios.</p> <p>En la cuarta parte de la prueba diagnóstica se evalúan las fracciones algebraicas. En este bloque solamente un estudiante del grupo experimental lo desarrolló correctamente. En cuanto al grupo control, cuatro estudiantes desarrollan correctamente esta sección. De acuerdo al número de estudiantes por grupo se evidencia que existe dificultad en la mayoría de los participantes.</p>	<p>factorización, percibiendo que en el aprendizaje no se estableció el caso de factorización aplicado y la forma del polinomio.</p> <p>En esta parte donde se relacionan operaciones entre polinomios algebraicos, se infiere que en el proceso de enseñanza-aprendizaje no hubo la suficiente claridad en cada una de las operaciones, así como la aplicación al desarrollo de problemas que permitieran profundizar los conceptos abordados, como también la apropiación de ellos.</p>	<p>Así como la diferencia de cuadrados:</p> $(x+y)(x-y)=x^2-y^2$ <p>En esta sección de preguntas se combinan operaciones con polinomios, factorización y simplificación. Por ejemplo en la simplificación de :</p> $\frac{ab + ac}{a}$ <p>se debe realizar el factor común en el numerador, dando como resultado</p> $\frac{a(b+c)}{a}$ <p>que posteriormente se simplifica con el denominador, dando como resultado la suma</p>
---	---	--

<p>En la última parte de la evaluación corresponde a la solución de ecuaciones lineales de primer grado, el desempeño de los estudiantes es deficiente tanto en el grupo experimental como en el grupo control, por cuanto fueron desarrollados por un número reducido de alumnos de cada grupo de forma correcta. En este grupo de preguntas se observa mayor dificultad en el manejo de despeje de una incógnita y simplificaciones de expresiones algebraicas.</p>	<p>En el grupo de preguntas sobre ecuaciones lineales se evidencia mayor dificultad respecto a las demás preguntas de la prueba; por cuanto los estudiantes no tienen claras las propiedades en el desarrollo de ecuaciones e inecuaciones, en los grupos experimental y control.</p>	<p>de b y c, es decir: b+c.</p> <p>En el desarrollo de las ecuaciones lineales se busca el manejo adecuado de propiedades en el avance de la igualdad.</p> <p>Por ejemplo: al resolver la ecuación</p> $4x-3 = 6x+5$ $4x-4x \quad 3-5 = 6x-4x+5-5$ <p>En esta parte se resta la misma cantidad en ambos lados de la igualdad, dando como resultado:</p> $-8 = 2x$ $\frac{-8}{2} = \frac{2x}{2}$ <p>Dividiendo por dos en ambos lados da como resultado:</p> $-4 = x$
---	---	--

Tabla 12 - Matriz análisis prueba diagnóstica. Elaboración propia.

Para el análisis del primer taller aplicado a cada uno de los grupos, experimental y control, se elaboró una tabla de forma individual por grupo donde se sistematizaron datos referidos al desempeño evaluado de los estudiantes en los cinco aspectos: formación de la matriz, diferenciación de una matriz ampliada, sistema numérico utilizado, resolución del sistema lineal de ecuaciones y análisis de los resultados.

TALLER 1 GRUPO EXPERIMENTAL

	FORMACIÓN DE LA MATRIZ		DIFERENCIA UNA MATRIZ AMPLIADA		SISTEMA NUMÉRICO UTILIZADO					RESUELVE ECUACIONES LINEALES		ANALIZA LOS RESULTADOS	
	SI	NO	SI	NO	N	Z	Q	R	DECIMAL	SI	NO	SI	NO
1	X		X			X				X			X
2	X		X			X	X			X			X
3	X		X			X	X			X			X
4	X		X			X	X			X			X
5	X		X			X	X			X			X
6	X		X			X	X			X			X
7	X		X			X	X			X			X
8	X		X			X				X			X
9	X			X		X				X		X	
10	X		X			X				X			X
11	X			X		X	X			X			X
12	X			X		X				X			X
13	X			X		X	X			X			X
14	X			X		X	X			X			X
15	X			X		X				X			X
16	X			X		X				X			X
17	X			X		X	X			X			X
18	X			X		X					X		X
19	X			X		X	X				X		X
20	X			X		X	X				X		X
21	X			X		X	X				X		X
22	X			X		X	X				X		X
23	X			X		X	X				X		X
24	X			X		X					X		X
25	X			X		X					X		X

Tabla 13 – Taller 1 grupo experimental. Elaboración propia.

TALLER 1 GRUPO CONTROL

	FORMACIÓN DE LA MATRIZ		DIFERENCIA UNA MATRIZ AMPLIADA		SISTEMA NUMÉRICO UTILIZADO					RESUELVE ECUACIONES LINEALES		ANALIZA LOS RESULTADOS	
	SI	NO	SI	NO	N	Z	Q	R	DECIMAL	SI	NO	SI	NO
1	X			X		X	X			X		X	
2	X			X		X	X			X		X	
3	X			X		X	X			X		X	
4	X			X		X	X			X		X	
5	X			X		X	X			X			X
6	X			X		X	X			X			X
7	X		X			X	X			X			X
8	X			X		X				X			X
9	X			X		X	X			X			X
10	X			X		X				X		X	
11	X			X		X				X		X	
12	X			X		X	X			X			X
13	X			X		X	X			X			X
14	X			X		X	X			X			X
15	X			X		X	X			X			X
16	X			X		X	X			X			X
17	X			X		X	X			X			X
18	X			X		X	X			X			X
19	X			X		X	X				X		X
20	X			X		X	X				X		X
21	X			X		X	X				X		X
22		X		X							X		X
23		X		X							X		X
24		X		X							X		X
25		X		X							X		X

Tabla 14 – Taller 1 grupo control. Elaboración propia.

Con la sistematización de los desempeños registrados en las tablas anteriores y la evaluación de cada estudiante, se elaboró la estadística y el análisis de los resultados en cada uno de los grupos: experimental y control.

En el primer taller aplicado al grupo experimental GE, se encontró que la nota promedio de desempeño corresponde a 2,12 y la desviación estándar a 0,93.

Los resultados del grupo control GC, determinan que la nota promedio se ubica en 2,15 y la desviación estándar a 1,38.

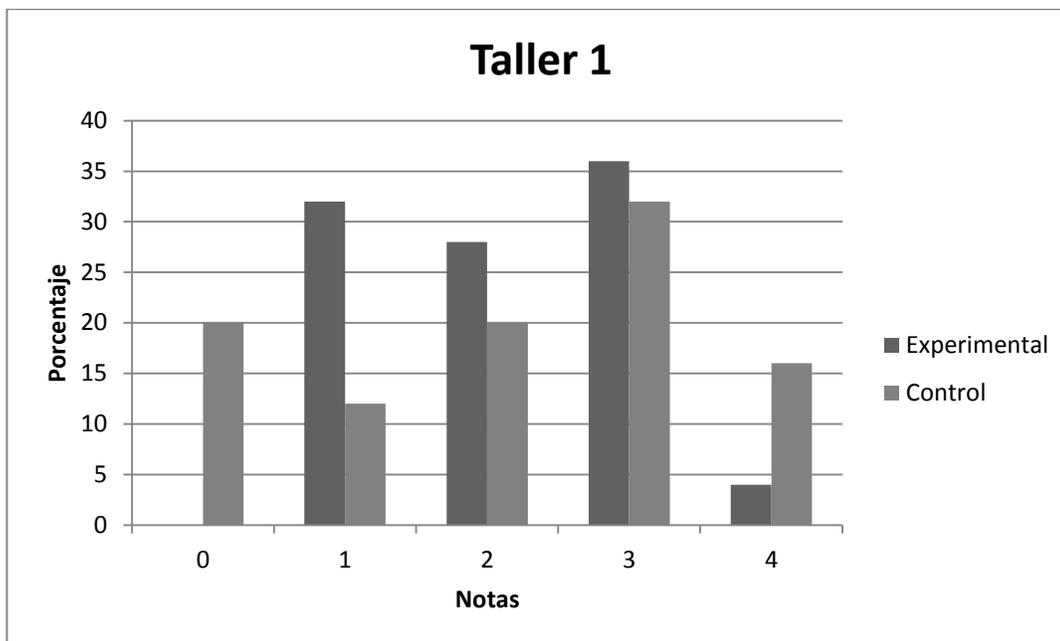
De acuerdo con los promedios de los dos grupos se observa que la diferencia en la nota promedio es mínima, caso contrario a la desviación estándar es mayor en el grupo control GC, por cuanto hay un número significativo de estudiantes con nota equivalente a 0,0. Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

ESCALA VALORATIVA	GRUPO		TOTAL
	EXPERIMENTAL	CONTROL	
0	0	5	5
1	8	3	11
2	7	5	12
3	9	8	17
4	1	4	5
TOTAL	25	25	50

Tabla 15 – Resultados taller 1 para los dos grupos. Elaboración propia.

Los datos representados en la tabla anterior muestran adicionalmente que los desempeños de los dos grupos experimental GE y control GC tienen similitud debido a que un número significativo de estudiantes del grupo experimental obtuvo una calificación de 1,0.

Para un mejor detalle se presenta la siguiente gráfica:



Gráfica 7 - Desempeño taller 1. Elaboración propia.

De acuerdo con la sistematización de los desempeños de los alumnos en cada grupo, registrados en las tablas y la estadística desarrollada a la evaluación, a continuación se presenta la matriz de análisis que comprende las diferentes categorías en cada uno de los grupos y las consideraciones del docente.

CATEGORIAS	GRUPO EXPERIMENTAL	GRUPO CONTROL	CONSIDERACIONES
<p>Dificultad en la diferenciación de los elementos de una matriz ampliada.</p> <p>Inconvenientes en la aplicación de cada una de las reglas de la matriz escalonada reducida y resolución del sistema lineal de ecuaciones.</p>	<p>Un número considerable de alumnos no determinó la matriz ampliada, percibiendo dificultad en la diferenciación de la matriz de los coeficientes de las incógnitas de la matriz de los términos libres.</p> <p>Un grupo pequeño de estudiantes no resolvió el sistema lineal de ecuaciones evidenciando</p>	<p>Casi en su totalidad de los estudiantes no elaboró la matriz ampliada, evidenciando que no diferencian la matriz de los coeficientes de la matriz de los términos libres en un sistema lineal de ecuaciones.</p> <p>Un número pequeño de alumnos no resolvió el sistema lineal de ecuaciones</p>	<p>De acuerdo con el sistema lineal de ecuaciones se solicita que se lleve a la forma:</p> $\left(\begin{array}{ccc c} x_{11} & x_{12} & x_{13} & b_1 \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & b_2 \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} & b_3 \end{array} \right)$ <p>En cuanto a la aplicación de las reglas en la solución de una matriz escalonada reducida, se evidenció mayor dificultad en añadir a una fila, c veces una fila diferente, es decir:</p>

<p>Dificultad en el análisis de los resultados encontrados y clasificación del sistema lineal de ecuaciones.</p>	<p>problemas en la aplicación de las reglas para el desarrollo de una matriz escalonada reducida (método de Gauss – Jordán).</p> <p>Un número elevado de alumnos no analizaron los resultados (valores de las incógnitas) encontrados determinado dificultad en la clasificación del sistema lineal de ecuaciones, de acuerdo con la solución.</p>	<p>detectando dificultad en la aplicación de las reglas de reducción de una matriz escalonada.</p> <p>Un grupo considerable de estudiantes no analizaron los resultados hallados en cada incógnita, evidenciando su dificultad para clasificar el sistema lineal de ecuaciones.</p>	<p>$cF_j + F_i$</p> <p>Al remplazar los valores encontrados en cada ecuación se establece que el sistema tiene una única solución.</p>
--	--	---	---

Tabla 16 - Matriz análisis taller 1. Elaboración propia.

Fase 2. De concepción y análisis a priori de las situaciones didácticas de la ingeniería

En esta fase se desarrollaron dos talleres, para ello se realizaron análisis independientes con el objeto de encontrar detalles más precisos en la ejecución individual de cada uno de los problemas presentados. Para el correspondiente análisis del taller 2, se sistematizaron los datos en una tabla de manera independiente para los grupos, registrando en ella el planteamiento de la matriz, resolución del sistema lineal de ecuaciones y el análisis de los resultados.

TALLER 2 GRUPO EXPERIMENTAL

	PLANTEAMIENTO MATRIZ AMPLIADA		RESUELVE EL SISTEMA DE ECUACIONES						ANÁLISIS COMPRUEBA RESULTADOS	
	SI	NO	SI	NO	Z	Q	TRANSFORMA HORA A MIN.		SI	NO
							SI	NO		
1	X		X		X		X		X	
2	X		X		X		X		X	
3	X		X		X	X		X		X
4	X		X		X		X			X
5	X		X		X	X		X	X	
6	X		X		X	X		X		X
7	X		X		X	X		X		X
8	X		X		X	X		X		X
9	X		X		X		X			X
10	X		X		X		X			X
11	X		X		X	X		X		X
12	X		X		X	X		X		X
13	X		X		X	X		X		X
14	X		X		X	X		X		X
15	X		X		X		X			X
16	X		X		X		X			X
17	X		X		X			X		X
18	X		X		X	X		X		X
19	X		X		X		X			X
20		X	X			X		X		X
21	X			X	X		X			X
22	X			X	X		X			X
23		X		X	X		X			X
24	X			X		X		X		X
25	X			X		X		X		X

Tabla 17 – Taller 2 grupo experimental. Elaboración propia.

TALLER 2 GRUPO CONTROL

	PLANTEAMIENTO MATRIZ AMPLIADA		RESUELVE EL SISTEMA DE ECUACIONES						ANÁLISIS COMPRUEBA RESULTADOS	
	SI	NO	SI	NO	Z	Q	TRANSFORMA HORA A MIN.		SI	NO
							SI	NO		
1	X		X		X	X		X		X
2	X		X		X	X		X	X	
3	X		X		X	X		X	X	
4	X		X		X	X		X		X
5	X		X		X	X		X	X	
6	X		X		X		X			X
7	X		X		X	X		X		X
8	X		X		X		X			X
9	X		X		X	X		X		X
10	X		X		X	X		X		X
11	X		X		X	X		X		X
12	X		X		X	X		X		X
13	X		X		X		X			X
14		X	X		X		X		X	
15		X	X		X		X		X	
16	X			X	X	X		X		X
17		X		X	X	X		X		X
18	X			X	X		X			X
19		X		X	X		X			X
20		X		X	X	X		X		X
21		X		X	X		X			X
22		X		X	X	X		X		X
23		X		X		X		X		X

Tabla 18 – Taller 2 grupo control. Elaboración propia.

Con la evaluación realizada a cada integrante por grupo y la sistematización de datos, se elaboró la estadística correspondiente.

Durante el desarrollo del taller en el grupo experimental GE, el profesor observa el comportamiento de los estudiantes en la transcripción del cuadro referido al lenguaje matemático.

Posteriormente se realiza una puesta en común, en donde los estudiantes explican cómo realizaron la transcripción de datos mostrados en la tabla, en un sistema de ecuaciones lineales.

Una vez clarificado el sistema de ecuaciones lineales estructurado por cada uno de los datos se corrigió la solución del sistema, finalizando el ejercicio con la interpretación de cada uno de los resultados.

En cuanto al grupo control GC, se aplicó el taller como actividad complementaria, finalizado el ejercicio se realizó la corrección sin ningún análisis y retroalimentación.

En la tabla se puede observar que los resultados de los estudiantes del grupo experimental GE son mejores por cuanto un número representativo de ellos obtiene una nota equivalente a 4.0, por lo que el promedio correspondiente equivale a 3.60, aumentando

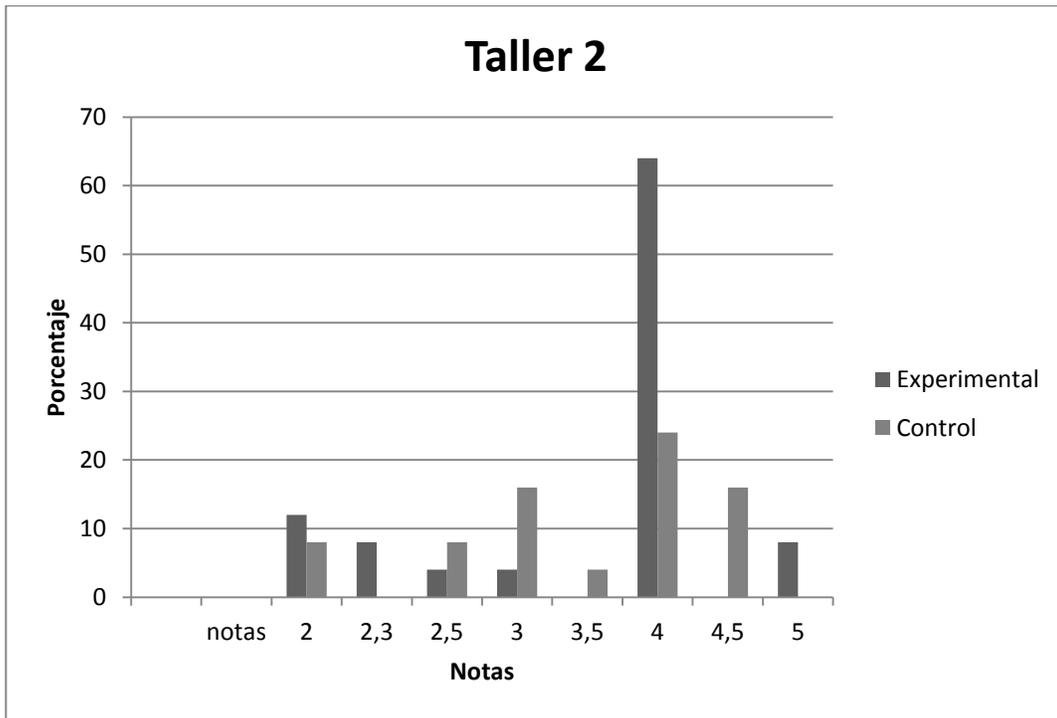
significativamente su desempeño respecto al taller número 1, la desviación estándar equivale a 0.89 menor comparada con el taller número 1, teniendo en cuenta que la mayor concentración se agrupa en la escala valorativa 4,0. En cuanto a los resultados del grupo control GC, comparados con el grupo experimental GE, es menor por cuanto un grupo muy pequeño de estudiantes obtuvo una nota de 4.0, el promedio es equivalente a 2.79 y la desviación estándar en 1,44.

A continuación se presentan los resultados de los dos grupos:

ESCALA VALORATIVA	GRUPO		TOTAL
	EXPERIMENTAL	CONTROL	
0	0	2	2
1	0	4	4
2	3	2	5
2,3	2	0	2
2,5	1	2	3
3	1	4	5
3,5	0	1	1
4	16	6	22
4,5	0	4	4
5	2	0	2
TOTAL	25	25	50

Tabla 19 – Resultados taller 2 para los dos grupos. Elaboración propia.

En la gráfica se puede evidenciar que el desempeño de los estudiantes del grupo experimental GE son mejores, respecto a los estudiantes del grupo control GC. Cada rectángulo en la base representa la escala valorativa (nota) y su altura el porcentaje correspondiente.



Gráfica 8 - Desempeño taller 2. Elaboración propia.

A partir de las tablas de sistematización de datos y la estadística se elaboró la matriz de análisis para el taller número dos, en donde se registran las categorías de análisis en los grupos experimental y control, así como las consideraciones del docente.

CATEGORIAS	GRUPO EXPERIMENTAL	GRUPO CONTROL	CONSIDERACIONES
Dificultad en el planteamiento de la matriz ampliada.	Un número reducido de estudiantes no planteó la matriz ampliada. Se percibe dificultad en la transcripción de un texto escrito a un lenguaje simbólico.	Un grupo considerable de estudiantes no planteó la matriz ampliada. Se evidencia dificultad en la transcripción de un texto escrito a un lenguaje simbólico.	Teniendo en cuenta el texto se pretende que los estudiantes planteen un sistema lineal de ecuaciones, de la forma: $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 = b_1$ $a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 = b_2$ $a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 = b_3$
Dificultad en el dominio de las operaciones con números mixtos y racionales, transformación de mixto a fraccionario.	Un número pequeño de alumnos no resolvió el sistema de ecuaciones, evidenciando dificultad en el manejo de signos, transformación de	Un número representativo de alumnos no resolvió el sistema lineal de ecuaciones, percibiendo dificultad en la	La producción de cada mueble se establece en número fraccionario por lo que se evidencia en los grupos experimental y control la transformación de horas

<p>Dificultad en el análisis de un problema, así como en la comprobación de resultados.</p>	<p>número mixto a fraccionario y reglas de la matriz ampliada.</p> <p>Un grupo considerable de estudiantes no realizó análisis a los resultados obtenidos, así como comprobación en los sistemas de ecuaciones lineales.</p>	<p>transformación de número mixto a fraccionario, aplicación incorrecta de las reglas de la matriz de Gauss-Jordán, así como errores en la transcripción de datos.</p> <p>Un número elevado de estudiantes no realizó análisis a los resultados como también comprobación en los sistemas lineales de ecuaciones.</p>	<p>a minutos con el propósito de evitar el manejo de números fraccionarios.</p> <p>Para la mayoría de los alumnos el determinar el valor de cada incógnita corresponde al análisis del problema. Se observó que algunos comprobaron sus resultados, pero ninguno realizó un análisis de los mismos.</p>
---	--	---	---

<p>Diseñar y validar una situación didáctica que facilite el aprendizaje y la enseñanza en la resolución de problemas.</p>	<p>Un número elevado de alumnos planteó y resolvió el sistema lineal de ecuaciones, verificando el manejo adecuado en los campos numéricos de los enteros y racionales, así como en la transformación de horas a minutos y la aplicación de las reglas de la matriz de Gauss - Jordán.</p>	<p>Un grupo considerable de alumnos planteó y resolvió el sistema de ecuaciones lineales, evidenciando el adecuado uso de los campos numéricos de los enteros y fraccionarios, como también la transformación de horas a minutos y la aplicación correcta de las reglas de la matriz de Gauss - Jordan.</p>	<p>El desempeño de los estudiantes del grupo experimental es notoriamente mejor y mayor a los alumnos del grupo control. La diferencia se evidencia en el correcto manejo de los campos numéricos, transformación de horas a minutos y aplicación de las reglas en el método de Gauss - Jordan.</p>
--	--	---	---

Tabla 20 - Matriz análisis taller 2. Elaboración propia.

De igual forma, que en el taller dos, a continuación se presenta la tabla de sistematización de datos por grupo del taller tres:

TALLER 3 GRUPO EXPERIMENTAL

	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA EN UNA MATRIZ		RESOLUCIÓN DEL SISTEMA LINEAL DE ECUACIONES				ANÁLISIS DEL PROBLEMA			
	SI	NO	SI	NO	MÉTODO UTILIZADO		SI	NO	Comprueba resultados	
					Gauss Jordan	Determinantes			SI	NO
1	X		X			X		X		
2	X		X			X		X	X	
3	X		X			X	X	X		
4	X		X			X		X	X	
5	X		X			X	X	X		
6	X		X			X		X	X	
7	X		X			X		X	X	
8	X		X			X	X	X		
9	X		X			X	X	X		
10	X		X			X	X	X		
11	X		X			X		X	X	
12	X		X			X		X	X	
13	X		X			X		X	X	
14	X		X		X		X	X		
15		X	X			X		X	X	
16		X	X		X			X	X	
17		X	X			X		X	X	
18	X			X		X		X	X	
19	X			X		X		X	X	
20	X			X		X		X	X	
21	X			X		X		X	X	
22	X			X		X		X	X	
23	X			X		X		X	X	
24		X	X			X		X	X	
25		X	X			X		X	X	

Tabla 21 – Taller 3 grupo experimental. Elaboración propia.

TALLER 3 GRUPO CONTROL

	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA EN UNA MATRIZ		RESOLUCIÓN DEL SISTEMA LINEAL DE ECUACIONES				ANÁLISIS DEL PROBLEMA			
	SI	NO	SI	NO	MÉTODO UTILIZADO		SI	NO	Comprueba resultados	
					Gauss Jordan	Determinantes			SI	NO
1	X		X			X		X		
2	X		X			X		X		
3	X		X			X	X			X
4	X		X		X			X		X
5	X		X			X		X		X
6	X		X			X		X	X	
7	X		X		X			X		X
8	X		X			X		X		X
9	X		X			X		X		X
10	X		X			X		X		X
11	X		X			X		X		X
12	X		X			X		X		X
13	X		X			X		X	X	
14		X	X			X		X		X
15		X	X			X		X		X
16	X		X			X		X		X
17		X		X		X		X		X
18		X		X		X		X		X
19		X		X	X			X		X
20		X		X		X		X		X
21		X		X		X		X		X
22		X		X		X		X		X

Tabla 22 – Taller 3 grupo control. Elaboración propia.

La elaboración de la estadística para el taller correspondiente parte de los desempeños sistematizados en las tablas anteriores y la evaluación del ejercicio.

El planteamiento de la matriz solicitada en el primer punto es desarrollado por un número representativo de estudiantes del grupo experimental GE, un número pequeño de ellos planteó la matriz escalonada reducida evidenciando su incomprensión a lo solicitado. En cuanto a la solución del sistema lineal de ecuaciones utilizaron diversos métodos. Los resultados del taller determinan que el promedio fue equivalente a 3,34 y la desviación estándar al 1,15. Comparando los resultados con el taller 2, el promedio fue menor y la desviación estándar mayor.

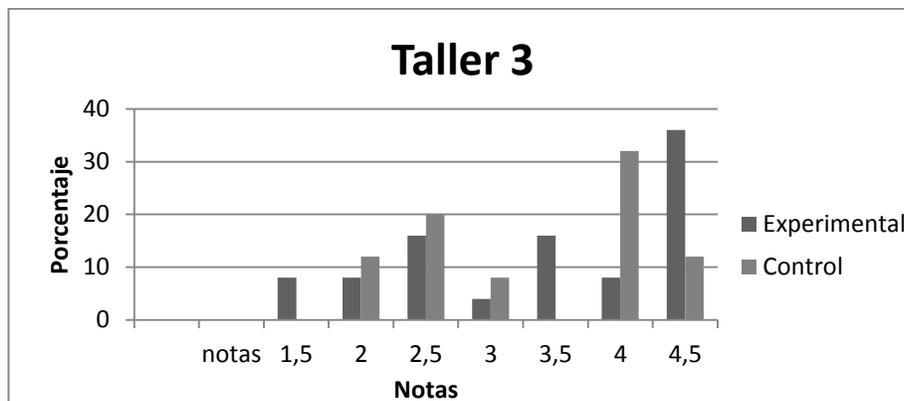
En cuanto a los resultados del grupo control GC, un número elevado de estudiantes reprobó el taller, por lo que el promedio corresponde a 2,73 y la desviación estándar 1,51 que comparado con el desempeño del taller 2, los resultados disminuyeron en una proporción mínima. Con respecto al primer punto, un número considerable planteó la matriz comparativa y otro número reducido diseñó la matriz escalonada reducida, para la solución del sistema lineal de ecuaciones utilizaron diversos métodos con un elevado número de errores operacionales y procedimentales.

Los resultados de los grupos experimental GE y control GC, se presentan en la siguiente tabla:

ESCALA VALORATIVA	GRUPO		TOTAL
	EXPERIMENTAL	CONTROL	
0	0	3	3
1	1	1	2
1,5	2	0	2
2	2	3	5
2,5	4	5	9
3	1	2	3
3,5	4	0	4
4	2	8	10
4,5	9	3	12
TOTAL	25	25	50

Tabla 23 – Resultados taller 3 para los dos grupos. Elaboración propia.

Los resultados presentados en la tabla anterior muestran que el desempeño de los estudiantes del grupo experimental GE es mejor con respecto a los estudiantes del grupo control GC, sin embargo comparativamente con el desempeño mostrado en el taller dos hay una leve disminución en los promedios y desviación en ambos grupos, a continuación se representan en el siguiente gráfico:



Gráfica 9 - Desempeño taller 3. Elaboración propia.

Siguiendo la estructura del análisis en los talleres, se presenta en la matriz el correspondiente análisis construido desde la sistematización de datos y la elaboración estadística el desempeño de los dos grupos:

CATEGORIAS	GRUPO EXPERIMENTAL	GRUPO CONTROL	CONSIDERACIONES
Dificultad en el planteamiento de un problema de un texto escrito a un sistema de ecuaciones lineales, lenguaje simbólico.	Un grupo pequeño de estudiantes no planteó el sistema lineal de ecuaciones, evidenciando dificultad en la transcripción del texto escrito al lenguaje simbólico en una matriz donde se relacionen nutrientes y tipos de alimentos.	Un grupo significativamente superior de estudiantes no planteó el sistema lineal de ecuaciones, percibiendo dificultad en la construcción de la matriz, transcribiendo de un lenguaje escrito a uno simbólico.	El problema plantea unos nutrientes en dos tipos de alimentos para ratas de laboratorio, dentro de la solución se solicita plantear una matriz de orden 3x4 donde se relacionen las cantidades de los nutrientes en cada tipo de alimento con los totales utilizados por la investigadora; esto permitirá a los estudiantes plantear un sistema lineal de

<p>Inconvenientes en el uso adecuado de un método para resolver un sistema lineal de ecuaciones.</p>	<p>Un número reducido de alumnos presentó dificultad en la resolución del sistema lineal de ecuaciones. Se percibe errores en el método escogido por ellos en la solución.</p>	<p>Un número elevado de estudiantes no resolvió el sistema lineal de ecuaciones, evidenciando errores en la aplicación de determinantes por el método de Cramer.</p>	<p>ecuaciones de 2x2. Con el planteamiento de la matriz en la parte inicial, se esperaba que los estudiantes determinaran la cantidad de nutrientes en cada tipo de alimento y cumpliera con los</p>
<p>Imposibilidad en el análisis y comprobación de resultados.</p>	<p>Un número representativo de estudiantes no analizó y comprobó sus resultados. Persiste la dificultad en la interpretación de los valores hallados en cada una de las incógnitas.</p>	<p>En su totalidad, los alumnos no analizan y comprobaron sus resultados. Se percibe en ellos que el problema finaliza con los valores hallados en cada incógnita.</p>	<p>totales que planea la investigadora en la dieta alimenticia para las ratas.</p>

<p>Diseñar y validar una situación didáctica que facilite el aprendizaje y la enseñanza en la resolución de problemas.</p>	<p>Un número significativamente alto de alumnos plantea y resuelve el problema presentado, aplicando un método a su criterio, a partir de una matriz como modelo matemático en la transcripción de un lenguaje escrito a uno simbólico.</p> <p>Un grupo representativo de estudiantes analizó y comprobó sus resultados.</p>	<p>Un grupo pequeño de estudiantes planteó y resolvió el problema dado. Solamente uno de ellos analizó y comprobó sus resultados.</p>	<p>Con las secuencias de enseñanza implementadas en el grupo experimental, se puede observar que el desempeño es mejor cada vez respecto a los talleres uno y dos, así como a los resultados en el grupo control.</p>
--	--	---	---

Tabla 24 - Matriz análisis taller 3. Elaboración propia

Prueba de hipótesis Talleres

Con el propósito de validar los resultados encontrados en la estadística descriptiva aplicada en los dos grupos de estudio, se realizó un estadístico inferencial buscando cierto grado de certeza por medio de intervalos de confianza IC.

TALLER 1

En la confirmación de que los integrantes del grupo control tuvieron un mejor desempeño en el planteamiento, resolución y análisis en un sistema de ecuaciones lineales con respecto a los estudiantes del grupo experimental, se formulan las hipótesis nula H_0 : “los integrantes del grupo control tienen mejor desempeño que los estudiantes del grupo experimental” y la alterna H_1 : “los estudiantes del grupo experimental tienen mejor desempeño que los integrantes del grupo control”, para ello se utilizan los promedios y desviación estándar encontrados en la distribución descriptiva:

	GRUPO EXPERIMENTAL Y	GRUPO CONTROL X
PROMEDIO	2,12	2,15
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,93	1,38

$$\bar{y} = 2,15 \quad s_y = 1,38 \quad n_2 = 25$$

$$\bar{x} = 2,12 \quad s_x = 0,93 \quad n_1 = 25$$

Nivel de significancia $\alpha = 0,05 = 5\%$

Hipótesis

$$H_0 : \mu_x \geq \mu_y$$

$$H_1 : \mu_x < \mu_y$$

Grados de libertad

$$V = n_1 + n_2 - 2$$

$$V = 25 + 25 - 2$$

$$V = 48$$

Intervalo de confianza

$$IC = (\bar{x} - \bar{y}) \pm [t_{(\frac{\delta}{2}, v)}] \sqrt{\frac{s_x^2 (n_1 - 1) + s_y^2 (n_2 - 1)}{v}} \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$$

$$IC = (2,15 - 2,12) \pm [t_{(\frac{0,05}{2}, 48)}] \sqrt{\frac{(1,38)^2 (25 - 1) + (0,93)^2 (25 - 1)}{48}} \sqrt{\frac{1}{25} + \frac{1}{25}}$$

$$IC = 0,03 \pm (2,009 \times 1,176 \times 0,28)$$

$$IC = 0,03 \pm 0,66$$

$$IC = (-0,63, 0,69)$$

Conclusión

Como el cero se encuentra en el intervalo de confianza IC, se acepta la hipótesis nula H_0 confirmando que los integrantes del grupo control GC presentaron un mejor desempeño que los estudiantes del grupo experimental GE, por lo que se rechaza la hipótesis alterna H_1 .

TALLER 2

En la resolución del problema abordado por medio del taller, se requiere identificar el rendimiento en el planteamiento, solución y análisis en los dos grupos, proponiendo como hipótesis nula H_0 : “el desempeño en los dos grupos es igual”, y como hipótesis alterna H_1 : “el desempeño en los dos grupos es diferente”. De acuerdo con los promedios y desviación estándar se tiene que:

	GRUPO EXPERIMENTAL Y	GRUPO CONTROL X
PROMEDIO	3,60	2,79
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,89	1,44

$$\bar{y} = 3,60 \quad s_y = 0,89 \quad n_2 = 25$$

$$\bar{x} = 2,79 \quad s_x = 1,44 \quad n_1 = 25$$

Nivel de significancia $\alpha = 0,05 = 5\%$

Hipótesis

$$H_0 : \mu_x = \mu_y$$

$$H_1 : \mu_x \neq \mu_y$$

Grados de libertad

$$V = n_1 + n_2 - 2$$

$$V = 25 + 25 - 2$$

$$V = 48$$

Intervalo de confianza

$$IC = (\bar{x} - \bar{y}) \pm [t_{(\frac{\delta}{2}, v)}] \sqrt{\frac{s_x^2 (n_1 - 1) + s_y^2 (n_2 - 1)}{v}} \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$$

$$IC = (2,79 - 3,60) \pm [t_{(\frac{0,05}{2}, 48)}] \sqrt{\frac{(1,44)^2 (25 - 1) + (0,89)^2 (25 - 1)}{48}} \sqrt{\frac{1}{25} + \frac{1}{25}}$$

$$IC = -0,81 \pm (2,009 \times 1,196 \times 0,28)$$

$$IC = -0,81 \pm 0,68$$

$$IC = (-1,49, -0,13)$$

Conclusión

Como en el intervalo de confianza IC no se encuentra el cero se rechaza la hipótesis nula H_0 en la que se describe que el desempeño en los dos grupos es igual, dando validez a la hipótesis alterna H_1 en donde se confirma que el desempeño de los dos grupos es diferente.

TALLER 3

En la comprobación de los resultados encontrados en el desarrollo del problema propuesto a los dos grupos, se plantea como hipótesis nula H_0 : “el rendimiento de los alumnos del grupo experimental es mejor comparado a los integrantes del grupo control”, y como hipótesis alterna H_1 : “el rendimiento de los integrantes del grupo control es mejor comparado a los estudiantes del grupo experimental”. De acuerdo con los promedios y desviación estándar se tiene que:

	GRUPO EXPERIMENTAL Y	GRUPO CONTROL X
PROMEDIO	3,34	2,73
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	1,15	1,51

$$\bar{y} = 3,34 \quad s_y = 1,15 \quad n_2 = 25$$

$$\bar{x} = 2,73 \quad s_x = 1,51 \quad n_1 = 25$$

Nivel de significancia $\alpha = 0,05 = 5\%$

Hipótesis

$$H_0 : \mu_x \leq \mu_y$$

$$H_1 : \mu_x > \mu_y$$

Grados de libertad

$$V = n_1 + n_2 - 2$$

$$V = 25 + 25 - 2$$

$$V = 48$$

Intervalo de confianza

$$IC = (\bar{x} - \bar{y}) \pm [t_{(\frac{\delta}{2}, v)}] \sqrt{\frac{s_x^2 (n_1 - 1) + s_y^2 (n_2 - 1)}{v}} \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$$

$$IC = (2,73 - 3,34) \pm [t_{(\frac{0,05}{2}, 48)}] \sqrt{\frac{(1,51)^2 (25 - 1) + (1,15)^2 (25 - 1)}{48}} \sqrt{\frac{1}{25} + \frac{1}{25}}$$

$$IC = -0,61 \pm (2,009 \times 1,342 \times 0,28)$$

$$IC = -0,61 \pm 0,754$$

$$IC = (-1,364, 0,144)$$

Conclusión

Como en el intervalo de confianza IC se encuentra el cero, se acepta la hipótesis nula H_0 en la que se especifica que el rendimiento de los alumnos del grupo experimental es mejor comparado con los integrantes del grupo control, rechazando por tanto la hipótesis alterna H_1 .

Fase 4. De análisis a posteriori y evaluación

Para el análisis de la fase se siguió la estructura de las fases anteriores, primero se realizó la sistematización de los datos por grupo, segundo se elaboró la estadística con base en la evaluación y finalmente se realizó la matriz de análisis por cada problema planteado en la evaluación. A continuación se presenta la tabla de sistematización de datos:

EXAMEN FINAL GRUPO EXPERIMENTAL

	PROBLEMA 1						PROBLEMA 2						PROBLEMA 3					
	PLANTEA		RESOLU		ANÁLISIS		PLANTEA		RESOLU		ANÁLISIS		PLANTEA		RESOLU		ANÁLISIS	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
1	X		X		X			X		X		X	X		X		X	
2	X		X		X			X		X		X	X		X		X	
3	X		X			X		X		X		X	X		X		X	
4	X		X			X		X		X		X	X		X		X	
5	X		X		X			X		X		X	X		X		X	
6	X		X		X			X		X		X	X		X		X	
7	X		X		X			X		X		X	X		X		X	
8	X		X		X			X		X		X	X		X		X	
9	X		X		X			X		X		X	X		X		X	
10	X		X		X			X		X		X	X		X		X	
11	X		X		X			X		X		X	X		X		X	
12	X		X		X			X		X		X	X			X		X
13	X		X		X			X		X		X	X		X		X	
14	X		X		X			X		X		X	X		X		X	
15	X		X		X			X		X		X	X		X		X	
16	X		X		X			X		X		X	X		X		X	
17	X		X		X			X		X		X	X		X		X	
18	X		X		X			X		X		X	X		X		X	
19	X			X		X		X		X		X	X		X		X	
20	X		X		X			X		X		X	X			X		X
21	X		X		X			X		X		X	X		X		X	
22	X		X		X			X		X		X	X			X		X
23	X		X		X			X		X		X	X		X		X	
24	X		X		X			X		X		X	X			X		X
25	X		X		X			X		X		X	X		X		X	

Tabla 25 – Examen final grupo experimental. Elaboración propia.

EXAMEN FINAL GRUPO CONTROL

	PROBLEMA 1						PROBLEMA 2						PROBLEMA 3					
	PLANTEA		RESOLU		ANÁLISIS		PLANTEA		RESOLU		ANÁLISIS		PLANTEA		RESOLU		ANÁLISIS	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
1	X		X		X			X		X		X	X		X		X	
2	X		X		X			X		X		X	X		X		X	
3	X		X		X			X		X		X	X		X		X	
4	X		X			X		X		X		X	X		X		X	
5	X		X		X			X		X		X	X		X		X	
6	X		X		X			X		X		X	X		X		X	
7	X		X			X		X		X		X	X		X		X	
8		X		X		X		X		X		X	X		X		X	
9	X		X			X		X		X		X	X		X		X	
10	X		X			X		X		X		X		X		X		X
11	X			X		X		X		X		X		X		X		X
12	X		X			X		X		X		X	X		X		X	
13	X		X			X		X		X		X		X		X		X
14	X		X			X		X		X		X	X		X		X	
15	X		X			X		X		X		X	X		X		X	
16	X		X			X		X		X		X	X		X		X	
17		X		X		X		X		X		X		X		X		X
18	X			X		X		X		X		X	X		X		X	
19	X		X		X			X		X		X	X		X		X	
20	X			X		X		X		X		X		X		X		X
21		X		X		X		X		X		X		X		X		X
22		X		X		X		X		X		X		X		X		X
23		X		X		X		X		X		X		X		X		X

Tabla 26 – Examen final grupo control. Elaboración propia.

Con base en los desempeños mostrados en las tablas anteriores y la evaluación de los problemas a cada integrante de los grupos, se elaboró la estadística correspondiente.

De acuerdo con los resultados y el desempeño en cada uno de los problemas planteados en el examen final aplicado al grupo experimental GE, se encuentra que 19 estudiantes resolvieron dos problemas de los tres propuestos, también se observa que el segundo problema presentó mayor dificultad por cuanto ningún estudiante lo desarrolló correctamente, al revisar la dificultad dada en el problema se evidencia que los estudiantes no realizan conversiones de horas a minutos, como de minutos a segundos. Sin embargo, los resultados muestran que el promedio obtenido es de 3.49 y la desviación estándar corresponde a 0,78 siendo el mejor promedio y desviación estándar, comparado con los resultados de los anteriores talleres, así como los resultados logrados por los estudiantes del grupo control GC en el desarrollo del examen final.

En cuanto, a los resultados obtenidos en el examen final por los estudiantes del grupo control GC son bajos con respecto al grupo experimental GE, por cuanto en el desarrollo de los problemas planteados se evidencia que 11 resolvieron dos problemas, 6 resolvieron un problema y 6 no resolvieron ningún problema, también se constata que ningún alumno desarrolló el segundo problema por dificultades de conversión con las unidades de tiempo. En cuanto al promedio logrado corresponde a 2.70 bajo con respecto a los obtenidos en los dos últimos talleres y con respecto al promedio del grupo experimental GE, en relación con la

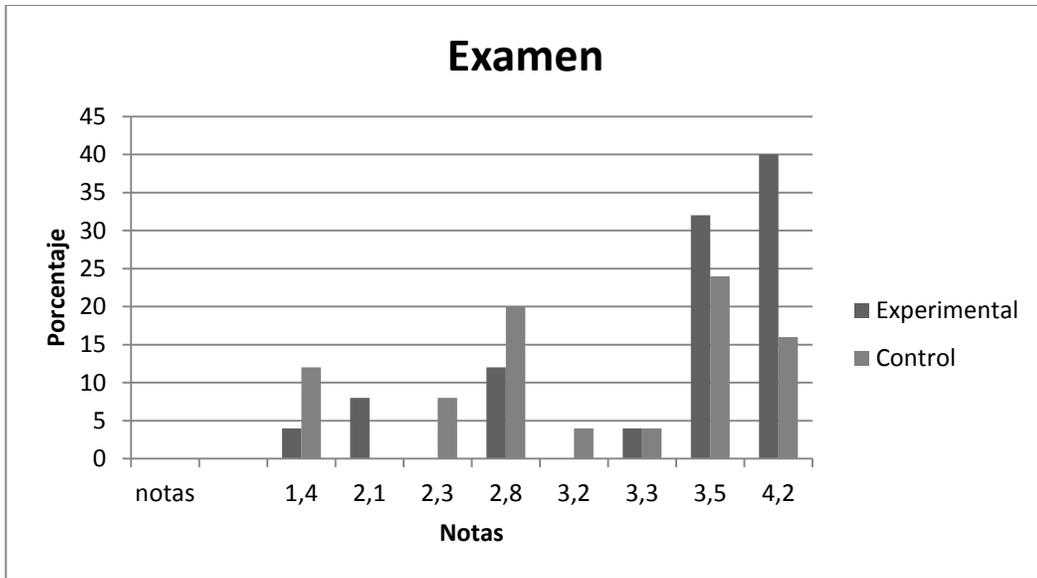
desviación estándar, ésta equivale a 1.18 que es inferior a la dada en los dos últimos talleres y superior a la desviación estándar del grupo experimental GE.

En la siguiente tabla se presentan los resultados de cada uno de los grupos:

Tabla No.4 De contingencia examen final

ESCALA VALORATIVA	GRUPO		TOTAL
	EXPERIMENTAL	CONTROL	
,00	0	1	1
1,00	0	2	2
1,40	1	3	4
2,10	2	0	2
2,30	0	2	2
2,80	3	5	8
3,20	0	1	1
3,30	1	1	2
3,50	8	6	14
4,20	10	4	14
Total	25	25	50

Los resultados de los grupos experimental GE y control GC mostrados en la tabla anterior se muestran en la siguiente gráfica:



Gráfica No. 4 De contingencia examen final

Para el análisis de cada problema desarrollado en la evaluación se realiza una matriz de forma independiente, teniendo en cuenta que el primer problema hace referencia a la medicación de un doctor a su paciente, el segundo problema corresponde a la competencia de varias participantes utilizando el movimiento uniforme y el tercer problema plantea la venta de enciclopedias. Continuando con la estructura del análisis cada matriz tiene el mismo esquema:

MATRIZ ANÁLISIS EXAMEN FINAL (PROBLEMA 1)

CATEGORIAS	GRUPO EXPERIMENTAL	GRUPO CONTROL	CONSIDERACIONES
<p>Identificar las dificultades de los estudiantes en el análisis, planteamiento y solución de problemas.</p>	<p>Un estudiante no resolvió el sistema de ecuaciones lineales, evidenciando errores procedimentales en el método aplicado.</p> <p>Un grupo mínimo de alumnos no analizó sus resultados, percibiendo dificultad en la interpretación y comprobación de los valores hallados.</p>	<p>Un número pequeño de alumnos no planteó el sistema de ecuaciones lineales, de acuerdo con la información dada en la matriz, percibiendo dificultad en la transcripción de un lenguaje escrito a un lenguaje simbólico.</p> <p>Un grupo significativo de</p>	<p>De acuerdo con el planteamiento del problema se genera un sistema lineal de ecuaciones 3x3*, que puede ser desarrollado por cualquier método dado en clase.</p> <p>*$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 = b_1$</p> <p>$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 = b_2$</p> <p>$a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 = b_3$</p>

		<p>estudiantes no resolvió el sistema lineal de ecuaciones evidenciando errores de procedimiento en el método utilizado.</p> <p>Un número elevado de alumnos no analizó sus resultados, verificando su dificultad en la interpretación y comprobación de los valores encontrados en cada incógnita.</p>	
Diseñar y validar una situación	En su totalidad, los estudiantes	Un número representativo de	Los resultados de los estudiantes del grupo

<p>didáctica que facilite el aprendizaje y la enseñanza en la resolución de problemas.</p>	<p>plantearon el sistema lineal de ecuaciones 3x3 y resolvieron aplicando en algunos casos determinantes y en otros la matriz de Gauss – Jordán.</p> <p>Un grupo significativamente alto de alumnos determinó el número de pastillas requeridas por el paciente de cada marca para cumplir con la receta, evidenciando un análisis profundo a los resultados hallados.</p>	<p>estudiantes plantearon el sistema lineal de ecuaciones y lo resolvieron aplicando métodos como la matriz de Gauss – Jordán y determinantes.</p> <p>Un pequeño grupo de alumnos determinó la cantidad de pastillas de cada una de las marcas requeridas por el paciente, percibiendo un análisis en sus resultados.</p>	<p>experimental en este problema son de un nivel alto respecto del desempeño de los integrantes del grupo control. Las estrategias implementadas en el grupo experimental evidencian sus buenos resultados.</p>
--	--	---	---

MATRIZ ANÁLISIS EXAMEN FINAL (PROBLEMA 2)

CATEGORIAS	GRUPO	GRUPO	CONSIDERACIONES
	EXPERIEMENTAL	CONTROL	
Identificar las dificultades de los estudiantes en el análisis, planteamiento y solución de un problema.	<p>Ningún estudiante planteó correctamente el sistema lineal de ecuaciones de 3x3, evidenciando dificultad en la interpretación de la información al no tener en cuenta el concepto físico de rapidez, que corresponde a la razón entre la distancia recorrida y el tiempo empleado simbólicamente:</p> $R = \frac{s}{t}$	<p>La totalidad de los estudiantes planteó erróneamente el sistema lineal de ecuaciones de 3x3, percibiendo dificultad en la interpretación de la información por deficiencia conceptual de rapidez. Por tal razón el planteamiento y el análisis son incorrectos.</p>	<p>La matriz dada en el problema relaciona cada participante con la rapidez en cada deporte de la competencia. Los errores presentados en el planteamiento evidencian que los estudiantes no tomaron en cuenta que cada ecuación se debía escribir en términos de la suma de cada tiempo desarrollando en cada uno de los deportes de la competencia. Es decir, el planteamiento correspondiente es:</p> $t_1 + t_2 + t_3 = t_4$ <p>siendo</p>

	Como el planteamiento fue erróneo, la solución y el análisis presentan errores procedimentales.		t_1 : tiempo empleado en la carrera. t_2 : tiempo empleado en natación. t_3 : tiempo empleado en ciclismo. t_4 : tiempo total de la competencia por integrante.
--	---	--	--

MATRIZ ANÁLISIS EXAMEN FINAL (PROBLEMA 3)

CATEGORIAS	GRUPO	GRUPO	CONSIDERACIONES
	EXPERIMENTAL	CONTROL	
Identificar las dificultades de los estudiantes en el análisis, planteamiento y solución de un problema.	Ningún estudiante presenta dificultad en el planteamiento del problema, por lo que se percibe una buena interpretación de la información en la elaboración de un sistema lineal de	Un número significativo de estudiantes plantearon erróneamente el problema, evidenciando dificultad en la interpretación y	El problema planteado requiere para su solución un sistema lineal de ecuaciones 3x3: $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 = b_1$ $a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 = b_2$ $a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 = b_3$

	<p>ecuaciones de 3x3.</p> <p>Un grupo pequeño de alumnos no resolvió el sistema lineal de ecuaciones, evidenciando errores de procedimiento en el método seleccionado, así como evidencia de sus errores en el análisis en los resultados hallados.</p>	<p>transcripción de un lenguaje escrito a un lenguaje simbólico.</p> <p>El mismo grupo de estudiantes no resolvió correctamente el sistema lineal de ecuaciones de 3x3, conllevando a un análisis erróneo.</p>	<p>La solución del sistema llevará a determinar la comisión del vendedor por cada enciclopedia vendida.</p>
<p>Diseñar y validar una situación didáctica que facilite el aprendizaje y la enseñanza en la</p>	<p>En su totalidad, los estudiantes plantearon correctamente el problema, razón por la que en su mayoría</p>	<p>Un grupo numeroso planteó de forma adecuada el problema utilizando en su solución métodos</p>	<p>Teniendo en cuenta los resultados en el análisis, planteamiento y solución del problema el grupo experimental evidencia un mejor desempeño que los</p>

<p>resolución de problemas.</p>	<p>resolvió de forma adecuada el sistema lineal de ecuaciones, utilizando métodos como la matriz de Gauss – Jordán y determinantes.</p> <p>En el análisis comprobaron sus resultados, determinando la comisión del vendedor en cada enciclopedia vendida.</p>	<p>como determinantes, hallando los valores correspondientes de cada enciclopedia.</p> <p>Este mismo grupo de estudiantes analizó sus resultados hallando la comisión del vendedor por cada enciclopedia vendida.</p>	<p>integrantes del grupo control. Los estudiantes del grupo experimental superan en número a los del grupo control.</p>
---------------------------------	---	---	---

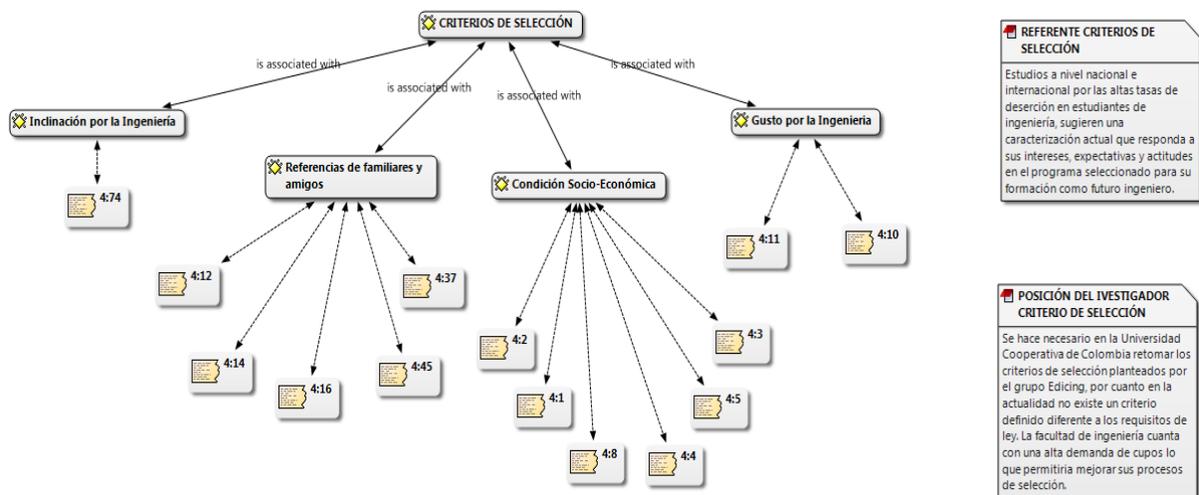
Análisis cualitativo

En el proceso de análisis cualitativo a las entrevistas, se hizo un trabajo organizado y secuenciado, iniciando con la grabación de cada una de las conversaciones del grupo experimental y posteriormente se hizo la reproducción de los diálogos con los integrantes del

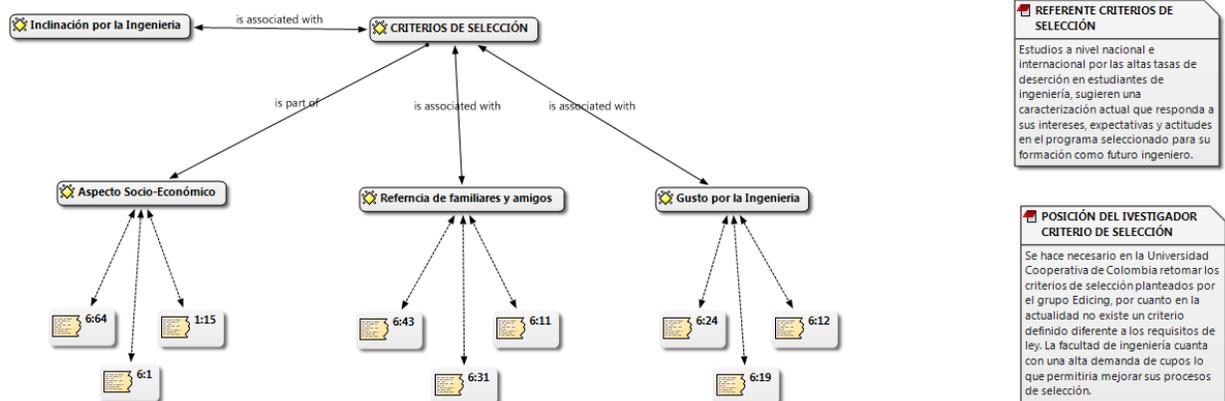
grupo control. Estas reproducciones se transcribieron en Word (ver anexo cinco), las cuales fueron llevadas al programa Atlas Ti con la finalidad de realizar la codificación para el correspondiente análisis.

Para el estudio de la pregunta: ¿por qué eligió esta universidad?, surgieron en los dos grupos –experimental y control– respuestas similares a la forma de selección, entre las cuales se tienen aspecto socio - económico, gusto por la ingeniería, inclinación por la ingeniería y por referencias de familiares y amigos, hallando que el aspecto socio - económico es el mayor criterio de selección, seguido por las referencias de familiares y amigos, de menor trascendencia el gusto por la ingeniería y en el último lugar inclinación por la ingeniería. Una vez organizadas las repuestas de los estudiantes de los dos grupos, se estructuraron en subcategorías, dando origen a la categoría Criterios de Selección. A continuación, se muestran las redes semánticas correspondientes a la categoría, en donde la primera pertenece al grupo experimental y la segunda al grupo control:

Grupo Experimental:



Grupo Control:



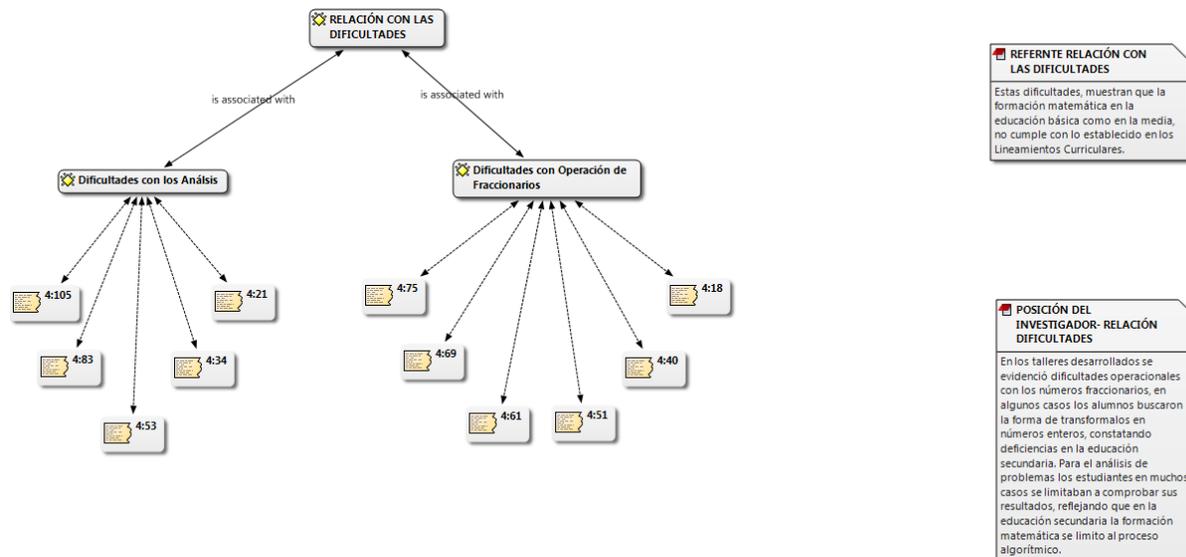
En la matriz que se presenta a continuación, se establecen la categoría y las subcategorías con el números de citas en cada uno de los grupos: experimental y control.

CATEGORÍA	SUBCATEGORIAS	NÚMERO DE CITAS	
		G.E	G.C
CRITERIOS DE SELECCIÓN PROGRAMA	Gusto por la ingeniería.	2	4
	Condición socio-económica.	9	6
	Inclinación por la ingeniería.	1	0
	Referencia de familiares y amigos.	8	4

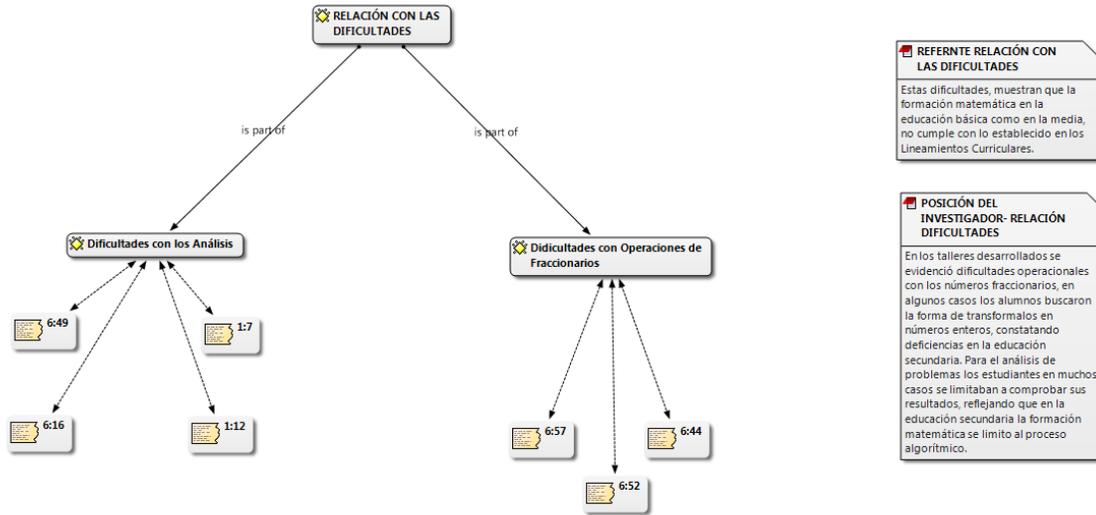
De acuerdo con el número de citas que aparecen reflejadas en la matriz, se evidencia que para un número representativo de los estudiantes de ambos grupos su criterio de selección fue el aspecto socio – económico, el segundo aspecto de selección fue las referencias de familiares y amigos, constatándose un mayor número en los estudiantes del grupo experimental. El tercer criterio de selección correspondió al gusto por la ingeniería, siendo mayor el número en los estudiantes del grupo control. El último aspecto de selección fue la inclinación por la ingeniería, con una cita en el grupo experimental.

La segunda categoría se constituyó con la relación entre las preguntas: ¿Cuál le generó mayor dificultad? haciendo referencia a los conceptos matemáticos aprendidos en la secundaria, ¿en cuál método se le presentó mayor dificultad? haciendo mención al método aprendido en la clase de álgebra lineal para resolver sistemas de ecuaciones lineales, y ¿exactamente, cuáles son las dificultades que se le presentan?, en alusión a la solución de problemas utilizando sistemas de ecuaciones lineales, hallándose afinidad en las respuestas de los estudiantes de ambos grupos, lo que conllevó a definir las subcategorías: dificultades con las operaciones de números fraccionarios y dificultades con los análisis. Las dos subcategorías se agruparon en la categoría Relación con las Dificultades. Se presentan las redes semánticas de la categoría, por cada grupo:

Grupo Experimental:



Grupo Control:



En cuanto al número de citas encontradas en los grupos: experimental y control, por cada subcategoría, se muestra en la matriz que se describe en seguida:

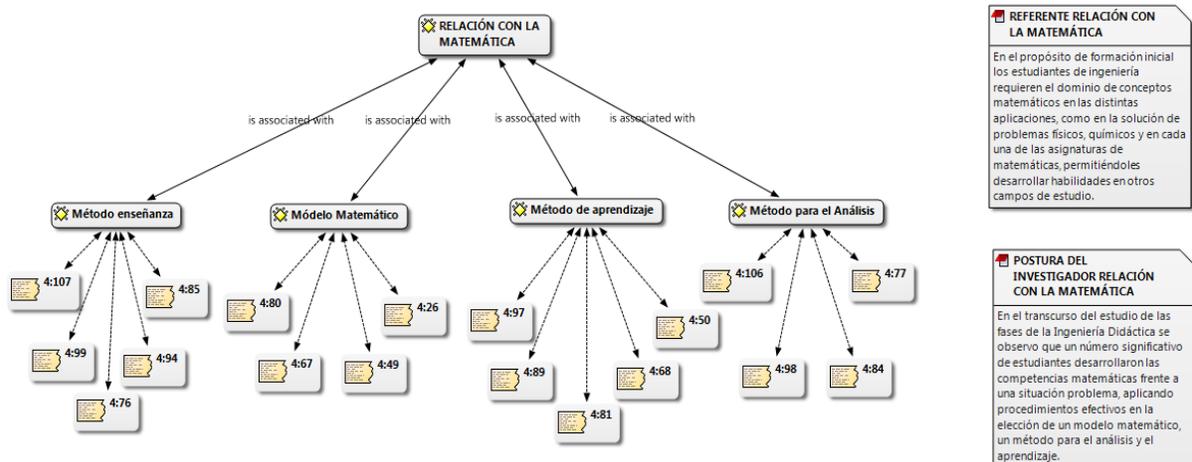
CATEGORÍA	SUBCATEGORIAS	NÚMERO DE CITAS	
		G.E	G.C
RELACIÓN CON LAS DIFICULTADES	Dificultades con los análisis.	5	6
	Dificultades con operaciones de números fraccionarios.	13	5

Se evidencia que la subcategoría dificultades con las operaciones de números fraccionarios presenta un número mayor en los integrantes del grupo experimental y en menor medida en los alumnos del grupo control, con una proporción uno a dos, es decir, que por un estudiante del grupo control hay dos alumnos del grupo experimental con la misma dificultad. En cuanto a la segunda subcategoría dificultades con los análisis, el número de citas es similar en los dos grupos.

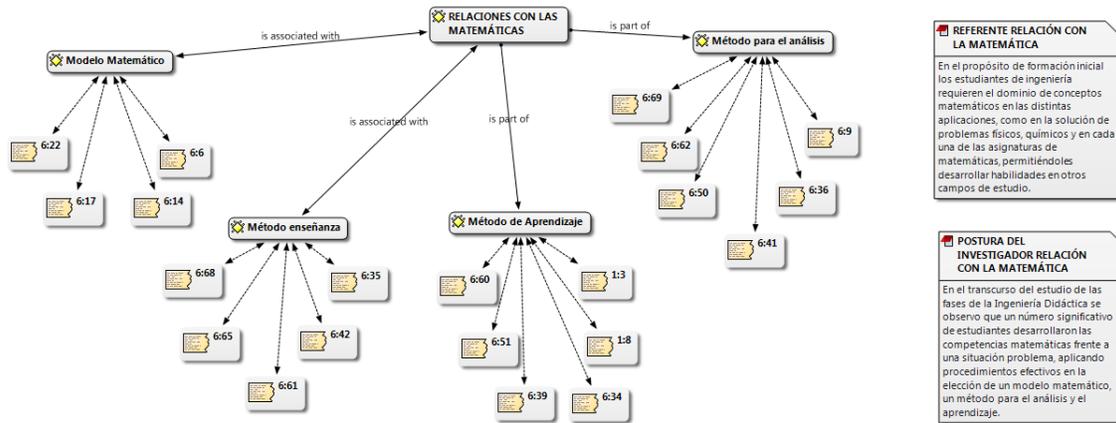
La tercera categoría se estructuró con la correlación entre las preguntas: ¿podría explicarme detalladamente en qué consistía la estrategia?, haciendo énfasis al aprendizaje de conceptos matemáticos en la clase, ¿qué método dado en clase aplicaría?, haciendo hincapié a los diferentes métodos enseñados en la clase, ¿qué sugeriría usted se debe realizar en la clase?, referente a como se pueden superar las dificultades presentadas en los estudiantes, y ¿qué aspectos son fundamentales en sus análisis?, en cuanto a la solución de problemas. En las respuestas dadas por los integrantes de los dos grupos: experimental y control, se formaron las subcategorías: modelo matemático, método de aprendizaje, método para el análisis y método enseñanza, conllevando a determinar la categoría Relación con la Matemática.

Inmediatamente se presentan las redes semánticas de los dos grupos:

Grupo Experimental:



Grupo Control:



En relación con el número de citas encontradas en cada subcategoría por grupo, se presentan en la matriz que se describe a continuación:

CATEGORÍA	SUBCATEGORIAS	NÚMERO DE CITAS	
		G.E	G.C
RELACIÓN CON LA MATEMÁTICA.	Modelo matemático.	15	15
	Método para el análisis.	5	8
	Método de aprendizaje.	12	11
	Método enseñanza.	12	9

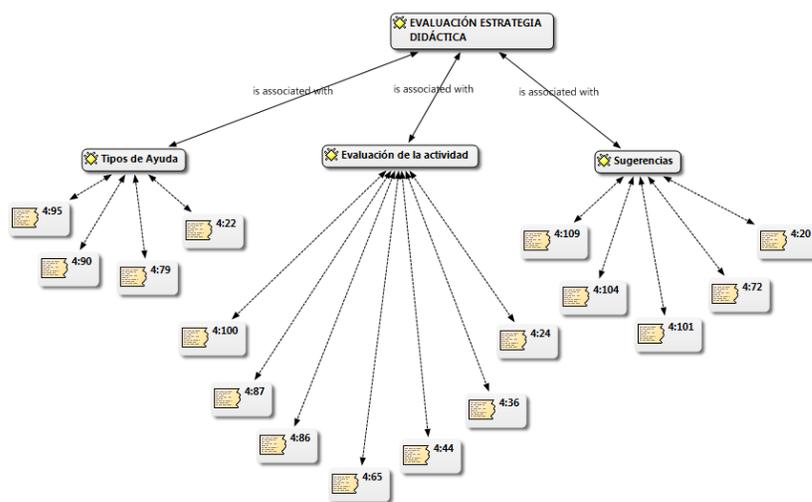
Con base en la matriz se puede constatar que los estudiantes de los dos grupos aplican un mismo modelo matemático en la solución de problemas, así como la utilización de formas similares para su aprendizaje, en la tercera subcategoría métodos para el análisis se percibe una diferencia significativa en los alumnos del grupo control con respecto a los integrantes del grupo experimental, como también se puede evidenciar en la subcategoría método de

enseñanza, hay un número representativo de estudiantes del grupo experimental con respecto a los alumnos del grupo control.

En cuanto a la cuarta categoría, se buscaron las relaciones entre las preguntas:

¿utilizaba alguna estrategia en particular para superar la dificultad?, con relación a las ayudas que utilizó en secundaria para superar las dificultades en la aplicación de conceptos matemáticos, ¿cómo se involucraría usted en ese proceso?, haciendo hincapié si en los conceptos matemáticos aprendidos en la clase de álgebra utiliza los mismos recursos o aplica otras estrategias para superar las dificultades, ¿cómo evalúa la actividad? y ¿qué aspectos se deben mejorar?, las preguntas aluden a la evaluación del proceso desarrollado en la clase en el semestre. A continuación se presentan las redes semánticas de los grupos:

Grupo Experimental:



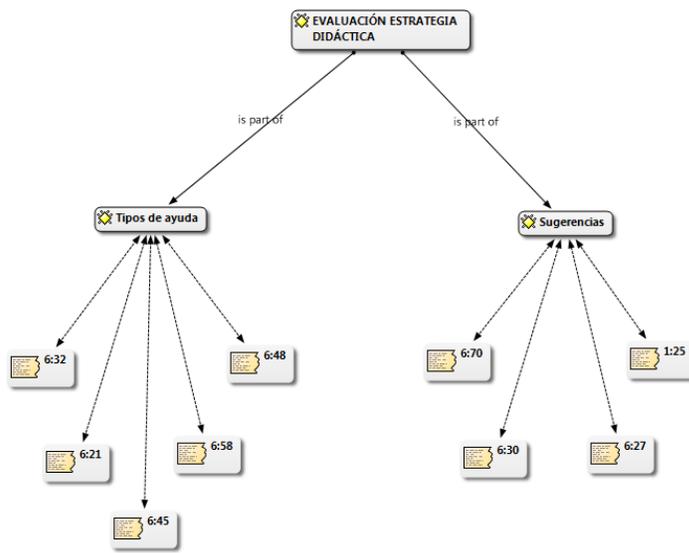
REFERENTE EVALUACIÓN ESTRATEGIA DIDÁCTICA

El éxito de la propuesta dada por Brousseau se centra en dos supuestos esenciales: por un lado, el maestro debe estar dispuesto a experimentar procesos alternativos de enseñanza, dedicar tiempo a diseñar las situaciones problema y discutir las con su grupo de trabajo para validar su pertinencia, y por último, tomar el riesgo de proponerlas a los estudiantes para comprobar o refutar la eficiencia de las mismas en pro del conocimiento que se pretende hacer alcanzar.

POSICIÓN DEL INVESTIGADOR EVALUACIÓN ESTRATEGIA DIDÁCTICA

La facultad de ingeniería ha venido implementando en los horarios de los docentes las tutorías individuales y grupales, sin embargo los estudiantes no aprovechan al máximo estos espacios por cuanto solamente asisten momentos antes de presentar un parcial. Se requiere de la Universidad Cooperativa de Colombia reorganizar el espacio de tutorías como una política institucional, en donde los estudiantes aprovechen estos espacios para superar sus dificultades.

Grupo Control:



REFERENTE EVALUACIÓN ESTRATÉGICA DIDÁCTICA

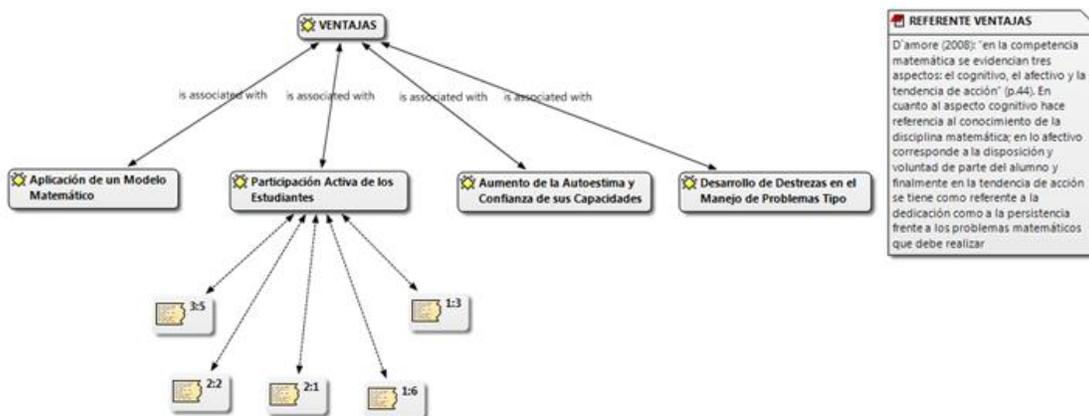
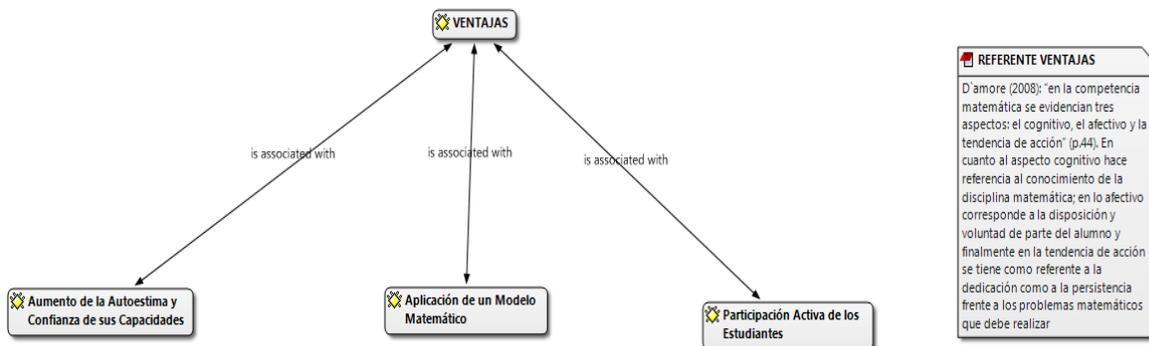
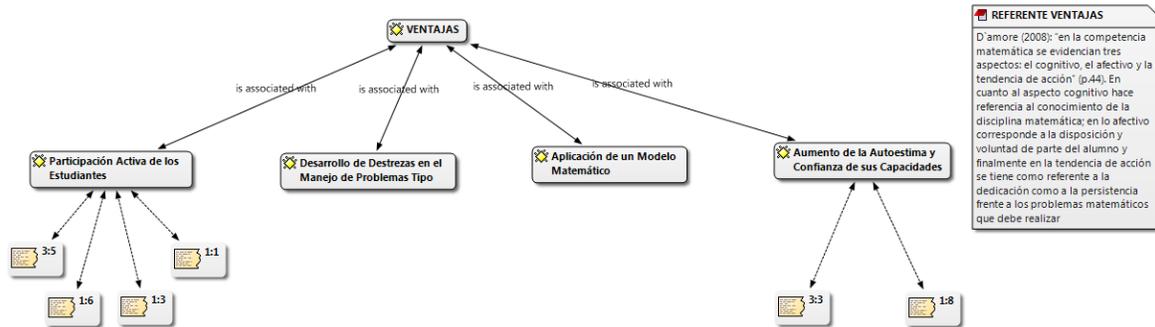
El éxito de la propuesta dada por Brousseau se centra en dos supuestos esenciales: por un lado, el maestro debe estar dispuesto a experimentar procesos alternativos de enseñanza, dedicar tiempo a diseñar las situaciones problema y discutir las con su grupo de trabajo para validar su pertinencia, y por último, tomar el riesgo de proponerlas a los estudiantes para comprobar o refutar la eficiencia de las mismas en pro del conocimiento que se pretende hacer alcanzar.

POSICIÓN DEL INVESTIGADOR EVALUACIÓN ESTRATEGIA DIDÁCTICA

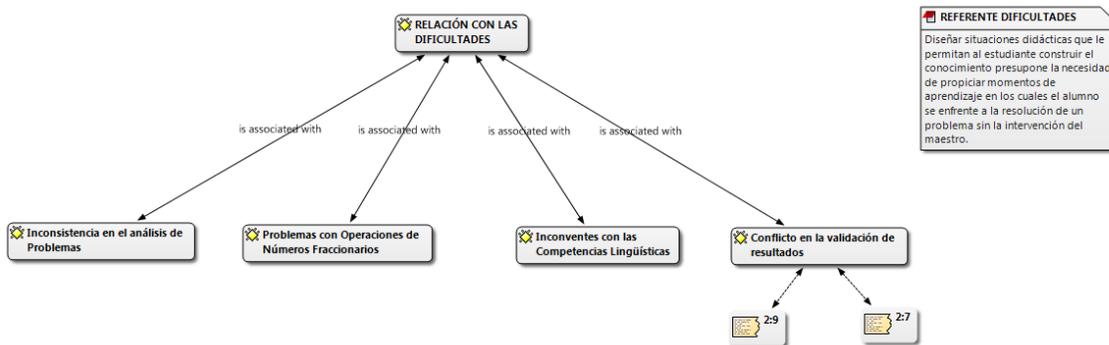
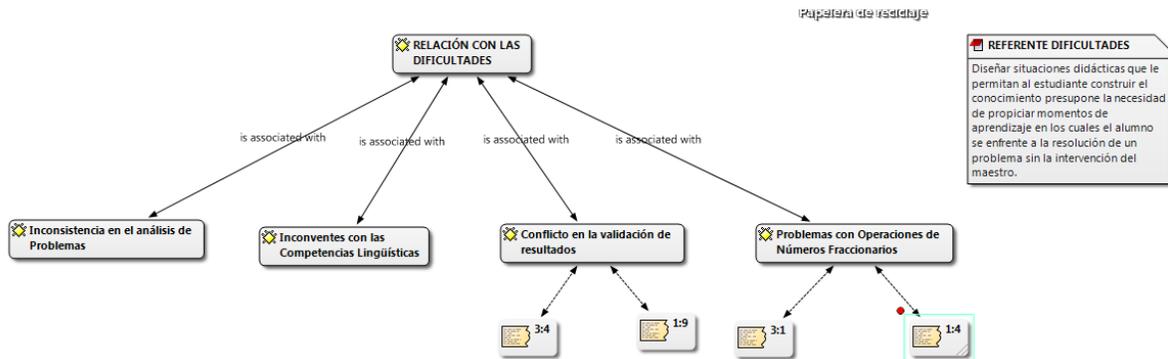
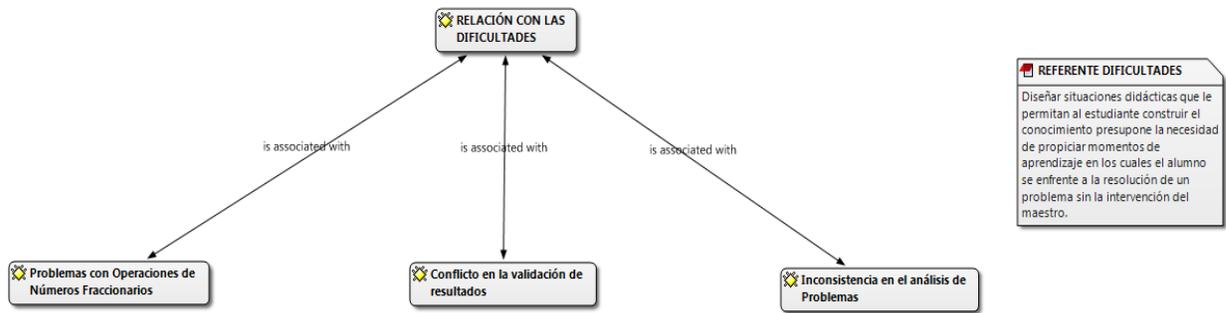
La facultad de ingeniería ha venido implementando en los horarios de los docentes las tutorías individuales y grupales, sin embargo los estudiantes no aprovechan al máximo estos espacios por cuanto solamente asisten momentos antes de presentar un parcial. Se requiere de la Universidad Cooperativa de Colombia reorganizar el espacio de tutorías como una política institucional, en donde los estudiantes aprovechen estos espacios para superar sus dificultades.

Por otra parte, se tuvo en cuenta para esta categoría los diarios de campo realizados por el docente en la aplicación de los tres talleres a los estudiantes del grupo experimental, describiendo las ventajas y las dificultades vivenciadas en el desarrollo de la actividad. Entre las ventajas halladas se tienen: Aumento de la autoestima y confianza de sus capacidades, Aplicación de un modelo Matemático y Participación activa de los estudiantes. Las redes semánticas correspondientes a las ventajas se presentan en las siguientes gráficas:

Grupo Experimental



Con respecto a las dificultades se encontraron: Problemas con operaciones de números fraccionarios, Conflicto en la validación de resultados e Inconsistencia en el análisis de problemas.



CATEGORÍA	SUBCATEGORIAS	NÚMERO DE CITAS	
		G.E	G.C
EVALUACIÓN	Evaluación de la actividad.	12	11
ESTRATEGIA	Tipos de ayuda.	6	11
DIDÁCTICA	Sugerencias.	6	11
	Ventajas.	12	
	Dificultades.	10	

De acuerdo con la matriz los estudiantes del grupo experimental en su totalidad evaluaron la subcategoría Evaluación de la actividad, refiriéndose al modelo didáctico desarrollado en la aplicación de los talleres, para los alumnos del grupo control la evaluación hacia énfasis a las clases desarrolladas durante el semestre. En cuanto a las subcategorías: Tipos de ayuda y Sugerencias, se evidencia mayor número en los integrantes del grupo control con respecto a los estudiantes del grupo experimental, con respecto a las ventajas se hallaron en número equivalente a los entrevistados y en las dificultades en número altamente significativo de citas.

Con el propósito de reconocer las relaciones entre las categorías definidas anteriormente, se realizaron matrices que permitieran visualizar las posibles vinculaciones entre ellas.

A continuación se muestran las categorías Criterios de Selección frente a Relación con la Matemática:

Criterios de Selección	Vinculación	Relación con la Matemática
Gusto por la ingeniería	-	Método de aprendizaje
Condición socio-económica	-	Método para el análisis
Inclinación por la ingeniería	+	Modelo matemático
Referencia de familiares y amigos	+	Método de enseñanza

En la matriz descrita anteriormente, se determinan los enlaces entre las categorías con el símbolo más y las que no tienen vinculación con el signo menos. De acuerdo con los anteriores criterios, se identifican las relaciones entre las subcategorías: Referencia de familiares y amigos con el Método de enseñanza, como también Inclinación por la Ingeniería con Modelo Matemático.

En la siguiente tabla se muestran las categorías Criterios de Selección y Relación con las Dificultades:

Criterios de Selección	Vinculación	Relación con las Dificultades
Gusto por la ingeniería	-	Dificultades con los análisis
Condición socio-económica	-	
Inclinación por la ingeniería	-	Dificultades con la operación de fraccionarios
Referencia de familiares y amigos		

Con base en la matriz se puede constatar que no existe relación entre las categorías, teniendo en cuenta que el símbolo menos significa que no hay vinculación.

Seguidamente se exponen las categorías Criterios de Selección y Evaluación estratégica didáctica:

Criterios de Selección	Vinculación	Evaluación Didáctica	Estrategia
Gusto por la ingeniería	-	Evaluación actividad	
Condición socio-económica	-	Tipos de ayuda	
Inclinación por la ingeniería	-	Ventajas	
Referencia de familiares y amigos	-	Dificultades	

Se puede observar en la matriz que no existe relación entre las categorías, por cuanto no hay vinculación entre las subcategorías.

A continuación se presenta las categorías Relación con la matemática y Relación con las dificultades:

Relación con la Matemática	Vinculación	Relación con las Dificultades
Modelo matemático		
Método para análisis	++	Dificultades con los análisis
Método enseñanza	++	Dificultades con operación de fraccionarios
Método de aprendizaje		

En la matriz se evidencia que existe relación entre las subcategorías: Métodos de análisis, Métodos de enseñanza y Dificultades con los análisis, como también, Métodos de aprendizaje, Método de enseñanza y Dificultades con operación de fraccionarios.

Se exponen las categorías Relación con la matemática y Evaluación estrategia didáctica:

Relación con la Matemática	Vinculación	Evaluación Estrategia Didáctica
Modelo matemático	+++	Evaluación actividad
Método para el análisis	+++	Tipos de ayuda
Método de aprendizaje	+++	Ventajas
Método enseñanza	+++	Dificultades
	+	Sugerencias

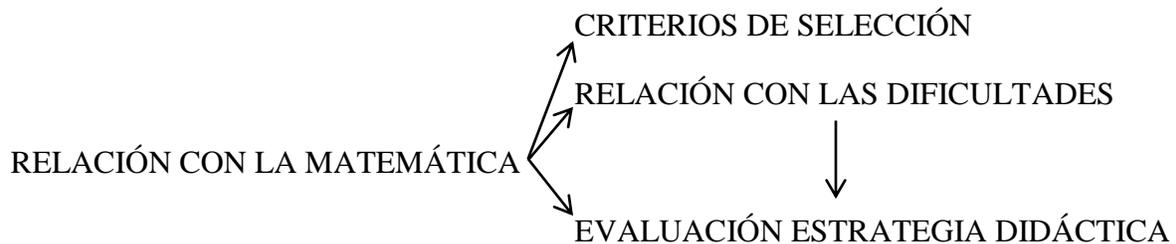
En la matriz se revela las diferentes vinculaciones entre las subcategorías, por lo que se establece entre las categorías una relación de implicación en doble dirección. Sin embargo, se constata una relación de menor predominio entre las subcategorías de la categoría Relación con la matemática y la subcategoría Sugerencias de la categoría Evaluación estrategia didáctica.

Finalmente se presentan las categorías Relación con las dificultades y Evaluación estrategia didáctica:

Relación con las Dificultades	Vinculación	Evaluación estrategia Didáctica
Dificultad con los análisis	+	Dificultades
Dificultad con operaciones de fraccionarios	++	Tipos de ayuda Sugerencias Ventajas Evaluación actividad

De acuerdo con la matriz se tiene que existe una vinculación entre las subcategorías Dificultad con los análisis y las Dificultades, como también Dificultad con operaciones de fraccionarios y las subcategorías Dificultades y Tipos de ayuda. Además, se evidencia que no existe vinculación entre las subcategorías de la categoría Relación con las dificultades y las subcategorías: Sugerencias y Evaluación actividad, de la categoría Evaluación estrategia didáctica.

Con base en las vinculaciones halladas entre las diferentes categorías, se determinan las relaciones entre:



Análisis de la evaluación

Este estudio se realiza por medio de un proceso comparativo, teniendo en cuenta la estadística desarrollada con el Paquete Estadístico para Ciencias Sociales SPSS, aplicada a los resultados obtenidos por los estudiantes de los grupos experimental GE y control GC, en cada uno de los talleres y en el examen final de semestre.

En el siguiente cuadro se presenta el rendimiento del grupo experimental GE, sus promedios por cada taller y examen aparecen en el primer renglón, evidenciando que en el primer taller el resultado es inferior con respecto a los demás talleres y prueba final. En el segundo taller los resultados de desempeño son mayores comparados con los demás, así como en el examen final. El promedio del tercer taller disminuye un poco comparado con el anterior. En cuanto a los resultados de la prueba final aumentan significativamente comparado con el anterior.

En la segunda fila se presentan las desviaciones estándar de cada uno de los talleres y del examen final, denotando que inicia con un valor alto y finaliza con un valor bajo, sin embargo la correspondiente al taller dos disminuye comparada con la anterior, en tanto que la tercera aumenta significativamente respecto a la anterior. Finalmente, en el examen la desviación estándar vuelve a disminuir cotejada con la anterior.

Al totalizar cada uno de los resultados durante la aplicación de la secuencia didáctica el promedio equivale a 3.14 y la desviación estándar a 0,48.

PROMEDIOS Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR

GRUPO EXPERIMENTAL GE

	TALLER 1	TALLER 2	TALLER 3	EXAMEN FINAL	TOTAL
PROMEDIO	2,12	3,6	3,34	3,49	3,14
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,93	0,89	1,15	0,78	0,48

En lo concerniente a resultados logrados por los estudiantes del grupo control GC, se constata que los promedios son bajos en cada uno de los talleres, como en el examen final. Al equiparar estos con los resultados del grupo experimental GE, se demuestra que son bajos con un promedio total de 2,59. Por esta razón las desviaciones estándar son superiores con respecto al grupo experimental GE.

GRUPO CONTROL GC

	TALLER 1	TALLER 2	TALLER 3	EXAMEN FINAL	TOTAL
PROMEDIO	2,15	2,79	2,73	2,7	2,59
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	1,38	1,44	1,51	1,18	0,96

PRUEBA DE HIPÓTESIS

Comparación de medias con desviaciones estándares de la población desconocidas
(la prueba t-student conjunta)

Comparación de muestras dependientes

FORMULACIÓN NECESARIA

Varianza Conjunta:
$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Prueba de medias de dos muestras σ desconocida:
$$t_{\text{calculado}} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{S_p^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

Dónde: S_p^2 = Varianza estimada conjunta de la población

t = Valor calculado de la distribución t-student

Datos Muestrales: Grupo Control GC

CODIGO	NOTA EXAMEN FINAL
310747	4.2
336812	4.2
331456	4.2
325971	4.2
334446	3.5
341013	3.5
359632	3.5
361402	3.5
354038	3.5
362023	3.5
331335	3.3

340086	3.2
361851	2.8
360150	2.8
281997	2.8
351531	2.8
331122	2.8
331322	2.3
319341	2.3
355604	1.4
272264	1.4
339007	1.4
325649	1.0
277780	1.0
296692	1.0

Estadísticos Grupo Control

Promedio, Desviación Estándar y Tamaño de Muestra

$$\bar{x}_1 = 2.804 \quad S_1 = 1.066 \quad n_1 = 25$$

Datos muestrales: Grupo Experimental GE

CODIGO	NOTA EXAMEN FINAL
356804	4.2
352556	4.2
360817	4.2
359229	4.2
350168	4.2
359714	4.2
361704	4.2
362394	4.2
362362	4.2
362304	4.2

352577	3.5
361534	3.5
358106	3.5
357319	3.5
362711	3.5
337442	3.5
348807	3.5
335974	3.5
359396	3.3
323483	2.8
360109	2.8
361916	2.8
352327	2.1
362126	2.1
348928	1.4

Estadísticos Grupo Experimental

Promedio, Desviación Estándar y Tamaño de Muestra

$$\bar{x}_2 = 3.492 \quad S_2 = 0.784 \quad n_2 = 25$$

PROCEDIMIENTO DE CINCO PASOS PARA LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

1. Establecimiento de la Hipótesis Nula y la Hipótesis Alternativa

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

H_0 es la Hipótesis Nula

H_1 es la Hipótesis Alternativa

μ_1 es la nota media poblacional para el grupo control

μ_2 es la nota media poblacional para el grupo experimental

2. Selección de un Nivel de Significancia

Para este tipo de pruebas de hipótesis donde se tienen dos muestras dependientes en la cual se interviene una de las muestras para ser evaluada y la otra no se interviene, entonces se utiliza un nivel de significancia $\alpha = 0.05$

3. Identificación del Estadístico de la Prueba

En este ítem se calcula el valor de la varianza conjunta y se utiliza para encontrar el valor t de la distribución t-student.

$$S_p^2 = \frac{(25-1)(1.066)^2 + (25-1)(0.784)^2}{25+25-2} = 0.8755$$

$$t_{\text{calculado}} = \frac{2.804 - 3.492}{\sqrt{(0.8755) \left(\frac{1}{25} + \frac{1}{25} \right)}} = -2.5996 \approx -2.60$$

4. Se Formula una Regla Para Tomar Decisiones

Grados de libertad: $gl = n_1 + n_2 - 2 = 25 + 25 - 2 = 48$

Nivel de Significancia: $\alpha = 0.05$

Prueba de dos colas

Con los grados de libertad y el nivel de significancia se busca en la tabla de la distribución t-student y se obtiene el valor de t crítico que debe compararse con el valor de t calculado

$$t_{\text{crítico}} = \pm 2.011$$

5. Decisión

La decisión es rechazar la Hipótesis Nula porque $t_{\text{calculado}} = -2.60$ se encuentra fuera de la región del $t_{\text{crítico}} = \pm 2.011$.

$$-2.60 < -2.011$$

Se rechaza la Hipótesis Nula (**H₀**) y se acepta la Hipótesis Alternativa (**H₁**), por lo tanto **se concluye que si existe diferencia en las calificaciones medias obtenidas por los grupos Control y Experimental.**

VALOR p

Se halla el valor t sin considerar el signo, el cual está más cercano al valor calculado $t_{\text{calculado}} = 2.60$. Se mira en la tabla de la distribución t de Student con 48 grados de libertad y se encuentra que el valor es $t = 2.682$ que corresponde a un nivel de significancia de **0.01** (prueba de dos colas).

Luego, el valor de **p** es menor que 0.01.

TABLA 1: INTERPRETACIÓN DE LA IMPORTANCIA DE LA EVIDENCIA EN CONTRA DE H_0 TOMADO DE (Lind, Marchal, & Wathen, 2008)

Si el valor de **p** es menor que:

- a) 0.10, hay cierta evidencia de que H_0 no es verdadera
- b) 0.05, hay evidencia fuerte de que H_0 no es verdadera
- c) 0.01, hay evidencia muy fuerte de que H_0 no es verdadera
- d) 0.001, hay evidencia extremadamente fuerte de que H_0 no es verdadera

CONCLUSIÓN

Como el valor de **p** es menor que 0.01, entonces, se concluye según la tabla 1 que hay evidencia muy fuerte de que la Hipótesis Nula (H_0) no sea verdadera.

RESULTADOS

El análisis realizado en cada una de las fases y en la entrevista permite describir detalladamente lo encontrado durante la investigación, facilitando por una parte la explicación sobre las dificultades presentadas en los estudiantes de los grupos experimental GE y control GC. Por otra parte, verificar que la ingeniería didáctica implementada en el grupo experimental GE, posibilita desarrollar las competencias en los estudiantes por medio de la resolución de problemas.

En lo que respecta a las dificultades evidenciadas durante el proceso llevado a cabo en la práctica de los talleres y la entrevista, arrojan una información valiosa al primer objetivo propuesto en el presente trabajo, el cual corresponde a identificar las dificultades de los estudiantes de primer semestre de ingeniería Industrial en el análisis, planteamiento y solución de un problema. Además, la conexión entre los momentos de planeación, adecuación de las fases, desarrollo de la ingeniería didáctica y aplicación permitió recopilar los diferentes obstáculos en los alumnos de los grupos experimental GE y control GC. Para ilustrar, en la prueba diagnóstica utilizada en los dos grupos se evaluaron cinco ejes temáticos: aritmética de fraccionarios, expresiones algebraicas, factorización, fracciones algebraicas y ecuaciones, encontrando desempeños bajos en las fracciones algebraicas, factorización, ecuaciones y en menor número en la aritmética de fraccionarios.

Así mismo, en la ejecución del primer taller en los dos grupos se hallaron impedimentos como diferenciación de una matriz ampliada, resolución de un sistema de ecuaciones lineales y análisis de resultados, siendo mejor el desempeño de los alumnos del grupo control GC (ver promedios y desviación estándar). Por ejemplo, algunos estudiantes del grupo experimental durante la actividad manifestaron la utilización de otros sistemas numéricos para evitar inconvenientes en el manejo de números fraccionarios, como se puede observar en las citas tomadas del diario de campo del profesor: “**3:1 profe en el desarrollo del sistema no utilice fracción...(7:7)**”, y, “**3:2 lo que hice fue intercambiar el renglón dos por él tres... (7:7)**”, el estudiante afirma que al intercambiar dos renglones en la matriz le permitió encontrar divisiones exactas y de esta forma evitar las operaciones con números fraccionarios.

Después, se asignó un segundo taller en el que se planteó un problema que requería para su solución la utilización de un sistema de ecuaciones lineales, con coeficientes fraccionarios y números mixtos. Algunos estudiantes del grupo experimental, transformaron los coeficientes en números enteros eludiendo de esta forma los números fraccionarios, como se puede confirmar en la cita tomada del diario del profesor: “**1:2 Los alumnos Andrés Ruiz, Nicolás Casas y Johan Barrantes, se me acercan y manifiestan que transformaron.. (10:10)**”, aquí expresan que al transformar las horas a minutos que están representados en los coeficientes les facilita desarrollar el sistema lineal de ecuaciones, corroborando el impedimento presentado en las anteriores actividades.

Con respecto a la categoría relación con las dificultades, se obtuvo evidencia de los obstáculos presentados en los dos grupos a través de las respuestas alcanzadas. A continuación, se presenta una matriz comparativa de porcentajes entre los grupos experimental GE y control GC, que corresponde a la categoría de las dificultades reveladas por los estudiantes:

CATEGORIA RELACIÓN CON LAS DIFICULTADES	GRUPO EXPERIMENTAL	GRUPO CONTROL
Dificultad con operación de números fraccionarios.	52%	20%
Dificultad en el análisis.	20%	24%

Los resultados encontrados muestran que en la subcategoría dificultad con la operación de números fraccionarios, los estudiantes del grupo experimental GE presentan porcentualmente mayores inconvenientes, al opinar que, al realizar situaciones problemáticas donde se requiere el desarrollo de operaciones con números fraccionarios se complejiza el planteamiento, la resolución y el análisis, como se puede observar en las siguientes citas: **“4:33 Los fraccionarios, la multiplicación es lo más complica.. (174:174)”**, y, **“4:40 al cambiar número entero por un fraccionario, tocaba hacerlo con fracciones... (243:243)”**.

Fue común observar que los alumnos tienen muchos inconvenientes para utilizar números fraccionarios en la resolución de problemas, porque no disponían del conocimiento necesario para considerarlos como propios esos saberes.

Por otro lado, en la subcategoría dificultad con los análisis, el porcentaje de los estudiantes del grupo experimental GE es significativamente menor que los alumnos del grupo control GC.

En las entrevistas efectuadas en los dos grupos surge el reconocimiento de los inconvenientes presentados en el momento de analizar, tanto de un resultado como de una situación problema, como se evidencia en las siguientes citas: **“4:83 Me costó un poco de trabajo entender que debía hacer y cómo debía hacerlo... (569:569)”**, **“4:105 se me dificultaba al principio pero**

luego ya empecé a dominarlo... (760:760)”; también, en los estudiantes del grupo control GC se perciben los impedimentos: “P 6: ENTREVISTAS GRUPO CONTROL 2 PARTE.docx - 6:49 [cuando uno le plantean el ejercicio es más fácil que cuando uno tiene que analizar...] (836:836)”.

Por consiguiente, es frecuente encontrar en el aula dilemas para los estudiantes en el momento que requieren analizar los resultados encontrados en la solución de un sistema lineal de ecuaciones, así como en la solución de un problema, por cuanto consideran que el análisis es simplemente hallar un resultado, como también la verificación de sus valores hallados. En consecuencia, las dificultades halladas en cada una de las fases de la ingeniería didáctica, como también en las entrevistas, reflejan el bajo nivel de conocimientos matemáticos de los estudiantes aprendidos en su educación básica y media, quizás porque la enseñanza se focalizó al desarrollo de algoritmos y se le dio poca importancia a potencializar la resolución de problemas. A su vez, D’Amore (2008) expresa que se requiere que el alumno enfrente problemas nuevos, no sólo ejercicios, para medir su capacidad de proyectarse, de arriesgar, haciendo uso de conocimientos aún no del todo asimilados.

Con respecto al segundo objetivo propuesto en la investigación, el cual correspondió al diseño y validación de una situación didáctica que facilitara el aprendizaje y la enseñanza en la resolución de problemas. Para los fines de validación, se confrontaron los análisis a-priori y a-posteriori, con lo implementado en la fase tres a estudiantes del grupo experimental GE, frente al modelo tradicional llevado a cabo en alumnos del grupo control GC, teniendo en cuenta, en los dos grupos la estadística de los talleres, el examen final y la prueba de hipótesis enunciada en la fase dos.

En relación con la estadística descriptiva aplicada a cada taller se encontró un mejor desempeño de los integrantes del grupo experimental GE, de forma progresiva durante la implementación de las fases de la ingeniería didáctica, sin embargo en el primer taller los alumnos del grupo control GC presentaron un resultado sobresaliente y en los otros dos talleres desempeños bajos con respecto a los estudiantes del grupo experimental GE.

Asimismo con el propósito de corroborar los resultados encontrados con la estadística descriptiva se aplicó en cada uno de los talleres una estadística inferencial, utilizando los promedios y la desviación estándar en el planteamiento de las hipótesis nula y alterna, por medio de la regla t-student en el intervalo de confianza IC hallado validando el rendimiento de cada grupo en los respectivos talleres. Por ejemplo, en el primer taller se propuso como hipótesis nula H_0 : “los integrantes del grupo control tienen mejor desempeño que los estudiantes del grupo experimental” y la alterna H_1 : “los estudiantes del grupo experimental tienen mejor desempeño que los integrantes del grupo control”, aceptando la hipótesis nula por cuanto los resultados hallados en el intervalo de confianza IC lo confirman. Por otro lado, en el segundo taller se formuló como hipótesis nula H_0 : “el desempeño en los dos grupos es igual”, y como hipótesis alterna H_1 : “el desempeño en los dos grupos es diferente”, rechazando la hipótesis nula H_0 de acuerdo con los resultados encontrados en el intervalo de confianza IC y aceptando la hipótesis alterna H_1 . En relación con el taller tres, se plantea como hipótesis nula H_0 : “el rendimiento de los alumnos del grupo experimental es mejor comparado a los integrantes del grupo control”, y como hipótesis alterna H_1 : “el rendimiento de los integrantes del grupo control es mejor comparado a los estudiantes del grupo experimental”, rechazando la hipótesis alterna por cuanto los datos encontrados en el intervalo de confianza IC garantiza la hipótesis nula.

En síntesis, se confirma por medio de la estadística inferencial aplicada en cada uno de los talleres el buen desempeño de los integrantes del grupo experimental GE de forma progresiva, comparado con los resultados logrados por los alumnos del grupo control GC. Es decir, en el desarrollo de cada taller los estudiantes del grupo experimental GE fueron mejorando sus promedios, caso contrario en los integrantes del grupo control GC se evidenció un desempeño deficiente con promedios por debajo de tres.

Con respecto al resultado evidenciado en el examen en cada uno de los grupos, se constató por medio de la estadística descriptiva un mejor desempeño en los integrantes del grupo experimental GE, comparado con los resultados obtenidos por alumnos del grupo control GC. En efecto, los promedios de los estudiantes del grupo control GC no mejoraron durante la aplicación de cada una de las actividades, así como en el examen final.

De modo similar, en la hipótesis planteada en la fase dos, se desarrolló la estadística inferencial empleada en cada uno de los talleres. Para ello, se utilizaron los promedios y la desviación estándar obtenidas en la aplicación del examen final en cada uno de los grupos, formulando en la hipótesis nula H_0 : “las medias muestrales en los grupos experimental GE y control GC son iguales”, y, como hipótesis alterna H_1 : “las medias muestrales en los grupos experimental GE y control GC son diferentes”. De acuerdo con los puntos críticos estandarizados de la curva t-student, se aceptó la hipótesis alterna H_1 por cuanto el $t_{calculado}$ se encuentra por fuera de la región del $t_{critico}$, concluyendo que existe diferencia entre las calificaciones medias obtenidas en los grupos experimental GE y control GC.

En consecuencia, se logró verificar el buen desempeño en los estudiantes del grupo experimental GE en comparación con los resultados obtenidos por los alumnos del grupo control GC, así como comprobación de la hipótesis formulada en la fase dos del análisis a-priori, la cual plantea que: “aplicando la ingeniería didáctica se desarrollan competencias matemáticas en estudiantes de ingeniería industrial de primer semestre de la Facultad de Ingeniería de la universidad Cooperativa de Colombia”, teniendo en cuenta los resultados de la estadística inferencial desarrollada durante las correspondientes fases de la ingeniería didáctica. Díaz Godino (2008) afirma que: “la matemática es una actividad humana que implica la solución de problemas, por lo que la competencia matemática requiere familiaridad con los tipos de problemas, y los recursos disponibles para su solución” (p. 82).

Por otra parte, en el análisis cualitativo se estableció una correspondencia de implicación en doble dirección entre las categorías relación con la matemática y evaluación estrategia didáctica, puesto que las voces de los entrevistados en sus respuestas permitieron identificar las diferentes conexiones entre las subcategorías de las categorías mencionadas anteriormente. Específicamente, en la categoría relación con la matemática se establecieron cuatro subcategorías, como modelo matemático, método para el análisis, método de aprendizaje y método de enseñanza. Para los integrantes del grupo experimental GE, fue importante el desarrollo de los sistemas de ecuaciones lineales por determinantes, para el caso de sistemas de 3x3 como se ilustra en la siguiente cita: “**4:96 Yo creo que el método de Cramer... (686:686)**”, argumentando que se les facilitó y lo comprendieron mejor: “**4:97 Me parece que sus pasos están más estructurados y se entiende de una manera más fácil y ... (688:688)**”, convirtiéndose en un modelo matemático para la mayoría de los estudiantes. Con respecto a la

subcategoría método para el análisis, fue común observar en los alumnos su deficiente interpretación en cada uno de los resultados encontrados, sin embargo se trabajó en el diseño de una matriz comparativa que les permitiera mejorar sus procesos, como se puede evidenciar en la cita: **“4:99 Yo creo que en especial ese método le facilita a uno el desarrollo lógico... (703:703)”**, así como la concientización de los pasos necesarios para un buen análisis, como se ilustra: **“4:98 Yo creo que en principio comprensión de lectura ya en un segundo plano sería saber que me están dando en el problema y que me están pidiendo en... (699:699)”**, como también: **“4:106 leer el problema detalladamente, analizar y sacar los datos... (762:762)”**. En relación con la subcategoría método de aprendizaje, una vez se desarrollaron las secuencias de enseñanza fue frecuente en los integrantes del grupo experimental GE asumir distintos métodos para su práctica, como por ejemplo: **“4:91 Practicando los ejercicios y tratando de... (630:630)”**, así como: **“4:48 Prestaba atención y en casa veía ... (298:298)”**, logrando en los alumnos autonomía de sus formas de aprendizaje en el análisis, planteamiento y solución de un problema. A cerca de la subcategoría método de enseñanza, los estudiantes reconocieron las bondades por cuanto les facilitó su aprendizaje como se puede confirmar en las siguientes citas: **“4:85 Si es bueno ya que permite que analicemos un poco más y hagamos un proceso... (575:575)”**, y, **“4:94 Porque hubo un buen seguimiento del docente y participación del grupo... (646:646)”**.

En relación con la categoría evaluación estrategia didáctica, se formularon las subcategorías evaluación de la actividad, tipos de ayuda y sugerencias, adicionando a estas, las ventajas y dificultades encontradas en los diarios de campo elaborados por el investigador.

Específicamente en la subcategoría evaluación estrategia didáctica, los integrantes del grupo experimental reconocieron en su proceso de aprendizaje, la importancia de la metodología

aplicada durante las clases, como se puede ilustrar en las siguientes citas: **“4:36 Porque me favoreció mucho para el examen final y para aclarar muchas inquietudes y dudas de los problemas anteriores... (198:198)”**, y, **“4:65 Porque ya que todo lo aprendimos de eso, tuvimos un mejor desempeño en nuestro examen... (396:396)”**, permitiendo evidenciar las ventajas de la estrategia didáctica con un aumento significativo en la participación de los estudiantes en el desarrollo de los talleres, como se revela en las citas: **“1:1 El estudiante Cesar Forero manifiesta que en cuadro hay un error de texto.. (5:5)”**, y, **“3:5 El estudiante Oscar Martín levanta la mano para que le atienda su.. (7:7)”**; así como el desarrollo de destrezas en el manejo de problemas tipo y aumento de la autoestima y confianza de sus capacidades, como se refleja en la cita: **“3:3 cogí cada ecuación reemplace los valores de las incógnitas y se cumple la igualdad y la solución del sistema.. (8:8)”**. A cerca de la subcategoría sugerencias, los alumnos del grupo experimental GE solicitan observar con más detenimiento la participación y dificultades que se presentan en la clase, por el contrario, los estudiantes del grupo control GC reclaman las tutorías individuales, como también la realización de más ejercicios y explicación del docente, como se puede confirmar en las siguientes citas: **“P 1: ENTREVISTAS GRUPO CONTROL.docx - 1:25 [La implementación de tutorías ...] (653:653)”**, y, **“1:6 [Asistiría más en tutorías, más clases y más ejercicios como he..] (197:197)”**.

Por tanto, en las entrevistas surge el reconocimiento de las diferencias de la ingeniería didáctica aplicada en el grupo experimental GE cuyo trabajo estuvo organizado sobre la base de los procesos, estimulando la creatividad y el manejo de situaciones problema propios de la ingeniería, contrario al modelo tradicional desarrollado con el grupo control GC. D'Amore, manifiesta que: “se trata de elaborar estrategias didácticas con las cuales el estudiante se sienta

atraído no sólo a examinar cadenas de contenidos, sino a participar en la construcción de sus propias competencias a partir de conceptos elegidos” (p. 19).

CONCLUSIONES

Referente al Objetivo General de la Investigación.

“Construir una situación didáctica para el desarrollo de las competencias matemáticas en estudiantes de Ingeniería Industrial de la universidad Cooperativa de Colombia”

Por medio de la adecuación e implementación de cada una de las fases de la ingeniería didáctica, se construyó una situación didáctica que facilitó el desarrollo de competencias matemáticas en un grupo de estudiantes de primer semestre de la universidad Cooperativa de Colombia. Para ilustrar, en la fase uno se realizó un análisis preliminar al contexto educativo, las nociones previas y los contenidos del curso, permitiendo la adecuación de secuencias de enseñanza y diseño de actividades en la fase dos. Así mismo, se adaptaron talleres relacionados con problemas de aplicación a la ingeniería, evidenciando en cada uno de los integrantes avances significativos en el desarrollo del segundo y tercer taller en lo relacionado con el manejo de los campos numéricos, aplicación de reglas, planteamiento de un problema, resolución de sistemas lineales de ecuaciones y análisis de los resultados.

Del mismo modo, los resultados encontrados en el examen final del curso reflejaron un alto desempeño en el planteamiento del problema, solución del sistema lineal de ecuaciones utilizando diferentes métodos de manera apropiada, así como un análisis profundo a la solución hallada. Por consiguiente, la adecuación de las secuencias de enseñanza y la elaboración de situaciones didácticas fueron dos aspectos fundamentales en el aprendizaje y la

enseñanza de la matemática, que permitieron en los estudiantes fortalecer sus habilidades y adquirir un rol activo en la construcción de sus competencias.

Referentes a los Objetivos Específicos

Objetivo 1

“Identificar las dificultades de los estudiantes de primer semestre de ingeniería industrial en el análisis, planteamiento y solución de problemas”

Para comenzar, es importante precisar que para la identificación de las dificultades evidenciadas en la investigación, fueron producto del trabajo desarrollado desde el inicio del curso hasta su finalización de cada una de las fases de la ingeniería didáctica implementadas en los integrantes del grupo experimental.

Con la prueba diagnóstica aplicada a los estudiantes antes de iniciar el semestre se encontraron dificultades en el campo numérico de los racionales, expresiones algebraicas, factorización, fracciones algebraicas y solución de ecuaciones lineales de primer grado. Es decir, las dificultades halladas inicialmente evidencian un nivel bajo en los saberes aprendidos durante la educación secundaria. Con respecto, al primer taller se percibieron dificultades en la diferenciación de los elementos de una matriz ampliada, inconvenientes en la aplicación de las reglas para resolver un sistema lineal de ecuaciones y bajo rendimiento en sus desempeños. Por otro lado, en el segundo y tercer taller se hallaron dificultades en la transcripción de un texto escrito en un lenguaje simbólico para el planteamiento de un problema, dominio de operaciones en el campo numérico de los racionales, errores en el método escogido para la

resolución del sistema lineal de ecuaciones, análisis de un problema, interpretación de los valores hallados en cada una de las incógnitas y comprobación de resultados. En lo relacionado con el examen, se revelaron inconvenientes en el segundo problema por sus deficiencias conceptuales de rapidez, referidos en la interpretación de una situación física, conllevando a errores en el planteamiento, procedimiento y análisis.

Objetivo 2

“Diseñar y validar una situación didáctica que facilite el aprendizaje y la enseñanza en la resolución de problemas”

Primeramente, en lo referente al diseño de la situación didáctica, se tuvo en cuenta los resultados de la prueba diagnóstica para el análisis preliminar lo que conllevó a contextualizar relaciones entre los contenidos del curso y los saberes aprendidos de los alumnos en la educación secundaria, facilitando la enseñanza y el aprendizaje de los nuevos contenidos por medio de las secuencias de enseñanza planeadas, construidas y desarrolladas en la fase dos.

Con respecto a la fase tres, se observaron los comportamientos de los estudiantes en cada una de las actividades propuestas, reflejando un incremento en su participación al disponer ciertas habilidades matemáticas en el momento de utilizarlos en el planteamiento, solución del sistema lineal de ecuaciones, análisis y comprobación de resultados.

En relación con la validación de la situación didáctica, fue fundamental el proceso evaluativo llevado a cabo durante cada una de las fases, con mayor atención a la hipótesis planteada en la segunda fase. Por ejemplo, los resultados encontrados en cada uno de los talleres permitieron replantear las estrategias y las actividades de las secuencias de enseñanza formuladas en la fase dos, conllevando a desempeños y resultados superiores comparados con respecto a los

integrantes del grupo control. Del mismo modo, la comprobación de la hipótesis enunciada en la fase dos reafirma los resultados encontrados en cada uno de los talleres y examen final, al garantizar que existe una diferencia significativa en los desempeños de los alumnos del grupo experimental con respecto a los integrantes del grupo control. Así mismo, la aplicación de la ingeniería didáctica permite desarrollar competencias matemáticas en estudiantes de ingeniería industrial de primer semestre. De igual manera, los estudiantes en la entrevista reconocen y valoran la metodología implementada durante el curso, al facilitarles su aprendizaje y desempeño frente a una situación problema.

Conclusiones Finales

1. Se probó que la aplicación de situaciones didácticas orientadas a desarrollar competencias matemáticas, afianza en los estudiantes sus conocimientos matemáticos en el uso de métodos, propiedades y modelos matemáticos en el planteamiento y solución de un problema del campo de la ingeniería.
2. En la construcción del modelo didáctico se realizó un estudio amplio al plan de asignatura, facilitando constituir las relaciones entre los objetivos, las nociones previas, los contenidos y las secuencias de enseñanza. Específicamente, se organizaron los saberes aprendidos en la secundaria con los nuevos contenidos, sobre la base de las secuencias de enseñanza definidas en la fase dos, con el objetivo de estimular la creatividad y el gusto de las matemáticas en los alumnos, por medio de situaciones problema.

3. En el desarrollo de cada una de las fases, se observaron avances progresivos en los desempeños de los integrantes del grupo experimental, en el momento de enfrentar las situaciones problema por medio de los talleres. Por ejemplo, en la prueba diagnóstica y primer taller los resultados fueron bajos comparados con el grupo control, caso contrario, en los talleres siguientes la participación de los estudiantes del grupo experimental fue mejorando, así como los desempeños registrados en cada una de las actividades. En relación con los resultados del examen, se observó un mayor rendimiento de los alumnos del grupo experimental, utilizando diferentes modelos matemáticos y campos numéricos en la solución de los tres problemas planteados.

4. Las dificultades con mayor frecuencia evidenciadas en la prueba diagnóstica y talleres fueron: operaciones en el campo numérico de los racionales, planteamiento de un problema, solución de un sistema lineal de ecuaciones, análisis de resultados y bajo nivel de productividad. Esto conllevó a reestructurar las secuencias de enseñanza y actividades de refuerzo, logrando mejores desempeños de los integrantes del grupo experimental en el sistema numérico, propiedades de los métodos de solución de sistemas lineales de ecuaciones, análisis y comprobación de resultados.

5. La implementación de la ingeniería didáctica por medio de las secuencias de enseñanza y situaciones problema en el aula, permite el desarrollo de competencias en los estudiantes de ingeniería. Para ilustrar, en el momento en que se implementan las secuencias de enseñanza, se genera una relación entre: conocimiento, estudiante y

docente, derivando en cada participante unas funciones propias para alcanzar la competencia. Por ejemplo, el docente debe proponer situaciones de aprendizaje que fortalezcan las habilidades matemáticas en la comprensión, planteamiento, solución y comprobación de un problema, teniendo en cuenta la planificación, organización e intervención de la clase, así como la evaluación de los aprendizajes. En relación con el estudiante, este desempeña un papel importante en el aprendizaje cuando es capaz de involucrarse en una actividad en donde requiere la aplicación de los saberes aprendidos en clase.

6. La encuesta aplicada a los estudiantes de los grupos experimental GE y control GC, permitió establecer un conocimiento detallado de los alumnos en las cuatro variables específicas de aprendizaje, facilitando información de suma importancia en el desarrollo de la pregunta de investigación. Por ejemplo, en el ámbito personal establecer las motivaciones frente a la selección del programa de ingeniería, teniendo en cuenta los aspectos intelectuales que los estudiantes se reconocen para su buen desempeño en las diferentes asignaturas de la carrera. En lo referente a los ámbitos social y familiar, permitió determinar su medio socio cultural, en el cual les promueve un estímulo cultural que les facilita sus procesos de aprendizaje. Finalmente, en el ámbito escolar determinar un método de enseñanza que les permitiera desarrollar competencias matemáticas partiendo de sus saberes aprendidos en la educación secundaria.

7. Por medio de las observaciones realizadas por el docente en los diarios de campo en la aplicación de los talleres, se evidenciaron dificultades en los desempeños de los estudiantes en el campo de los sistemas numéricos, análisis de resultados, planteamiento y solución de un sistema de ecuaciones lineales. Con las dificultades identificadas se redireccionaron las secuencias de enseñanza, logrando avances significativos y mejores desempeños en el examen final, como se pudo observar en la estadística aplicada y en la prueba de hipótesis. Así mismo, la entrevista realizada al final del proceso muestra la validez del método aplicado por medio de las secuencias de clase.

8. La presente investigación ha sido un logro importante tanto en lo personal como profesional, al permitirme crecer como docente y directivo docente. Con respecto a la docencia, mis prácticas pedagógicas y desempeños han mejorado notoriamente, evidenciándose en las evaluaciones de mis estudiantes. Por otro lado, dentro del proceso de investigación surge como interrogante: ¿si en la universidad Cooperativa de Colombia seccional Bogotá, se mejoran los procesos de selección para el ingreso al programa de ingeniería y en el área de las ciencias básicas se aplica la ingeniería didáctica, se mejoran los procesos académicos en la facultad de ingeniería?

Proyección de la investigación

1. En la implementación de un modelo didáctico se requiere de la participación y retroalimentación de profesionales pedagogos, como también de pares académicos que enseñan la asignatura. Particularmente, la planeación de las secuencias de enseñanza y cada una de las situaciones didácticas de un curso, construidas y diseñadas por expertos en conjunto conllevará a mejores procesos de enseñanza-aprendizaje.
2. La facultad de ingeniería debe facilitar a los docentes del área de ciencias básicas, espacios de socialización y retroalimentación que permitan fortalecer los procesos de enseñanza-aprendizaje.
3. La facultad de ingeniería debe realizar cambios en el proceso de selección de los estudiantes, tomando como referente las competencias que debe desarrollar un futuro ingeniero industrial, por esto, es de suma importancia hacer un estudio de los resultados de la prueba diagnóstica aplicada a los futuros estudiantes de ingeniería.

BIBLIOGRAFÍA

Albéniz, V., Cañón, J. C., Salazar, J., & Silva, E. (2007). Tres Momentos del Compromiso Docente En Ingeniería. Análisis crítico de la experiencia colombiana. Bogotá: Arfo Editores e Impresores.

Artigue, M., Douady, R., Moreno, L., & Gómez, P. (1998). Ingeniería Didáctica en Educación Matemática. Bogotá: Una empresa docente. Universidad de los Andes

Camargo, M. M. (2010). Educación por Competencias:¿Qué tanto es un asunto de pedagogía? Seminario Educación, Formación, Pedagogía y Didáctica II , 1-9.

D'Amore, B., Godino, J. D., & Pinilla, M. I. (2008). Competencias Matemáticas. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.

Elliot, J. (2000). El Cambio Educativo desde la Investigación-Acción. Madrid: Ediciones Morata.

Gallego, R. (1999). Competencias Cognoscitivas. Un enfoque epistemológico, pedagógico y didáctico. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.

Gallego, R. (2004). Discurso Constructivista sobre las Tecnologías. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.

Goetz, J. P., & Lecompte, M. D. (1988). *Etnografía y Diseño Cualitativo en Investigación Educativa*. Madrid: Ediciones Morata.

Grossman, S. I. (1987). *Álgebra Lineal*. México: Grupo Editorial Iberoamérica.

ICFES-ACOFI. (2005). *Marco de Fundamentación Conceptual y Especificaciones de pruebas ECAES Ingeniería Industrial*. Educación en Ingeniería, 27-40.

Marcellán, F., Nicolau, G. R., Galán, L., Olivé, J., & Suárez, B. (2006). *Libro Blanco. Títulos de Ingeniería Rama Industrial*. Madrid: Aneca.

Mckernan, J. A. (2001). *Investigación-Acción y Curriculum*. Madrid: Ediciones Morata.

Nacional, M. d. (1998). *Matemáticas Lineamientos Curriculares*. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.

Nacional, M. d. (8 de Mayo de 2001). Decreto 0792 de Mayo 8 de 2001. Por el cual se establecen estándares de calidad en programas académicos de pregrado en Ingeniería. Bogotá, Colombia.

Pochulu, M. D., & Rodriguez, M. A. (2012). Educación Matemática, Aportes a la formación docente desde distintos enfoques teóricos. Buenos Aires, Argentina: Editorial Universitaria de Villa María.

Pozo, J. I., & Echaverría, M. d. (2009). Psicología del Aprendizaje Universitario: La Formación en Competencias. Madrid: Ediciones Morata.

Precálculo. (2001). James Stewart; Lothar Redlin; Saleem Watson. México: International Thomson Editores.

Reyes, M. F. (2006). Diez Factores de Éxito para la Formación de Competencias en Ingeniería a partir de una experiencia práctica. Educación en Ingeniería, 37-49.

Rincón, A. R., & Ferrer, E. O. (2010). Prospectiva de la Ingeniería Industrial en Colombia. Capítulo de Ingeniería Industrial ACOFI. Educación en Ingeniería, 1-12.

Romero, L. R. (2006). Revista de Educación. Recuperado el 18 de Julio de 2013, de <http://www.revistaeducacion.mec.es>

Sampiri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2006). Metodología de la Investigación. México: Mc Graw Hill Interamericana.

Tezanos, A. d. (2004). Una Etnografía de la Etnografía. Bogotá: Ediciones Antropos.

Tobón, S. (2007). Competencias en la Educación Superior. Bogotá: Ecoe Ediciones.

Tobón, S., Rial, A., Carretero, M. Á., & García, J. A. (2006). Competencias, Calidad y Educación Superior. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.