

# TEST PARA EL DIAGNÓSTICO E IDENTIFICACIÓN DE ERRORES Y DIFICULTADES RELACIONADAS CON EL RAZONAMIENTO CUANTITATIVO EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS

## TEST FOR THE DIAGNOSIS AND IDENTIFICATION OF ERRORS AND DIFFICULTIES RELATED TO QUANTITATIVE REASONING IN UNIVERSITY STUDENTS

Sonia Maritza Mendoza<sup>1</sup>,

Pastor Ramirez<sup>2</sup>,

Alejandra María Serpa<sup>3</sup>

Grupo de Investigación Euler,  
Grupo de Investigación Arquímedes

### RESUMEN

Al realizar una prueba educativa, se utiliza una gran cantidad de esfuerzo para evaluar la adquisición de conocimientos o el progreso en

<sup>1</sup> Doctora en Educación. Docente investigadora Universidad Francisco de Paula Santander (Cúcuta - Colombia). Grupo de Investigación Euler. Orcid ID: 0000-0001-8477-2937. Correo electrónico: soniamaritza@ufps.edu.co

<sup>2</sup> Magister en Educación Matemática, Docente Departamento de Matemáticas y Estadística de la Universidad Francisco de Paula Santander (Cúcuta - Colombia). Grupo de Investigación Euler. Orcid ID: 0000-0003-3469-5325. Correo electrónico: pastoramirez@ufps.edu.co

<sup>3</sup> Magister en Práctica Pedagógica. Docente investigadora Universidad Francisco de Paula Santander (Cúcuta - Colombia). Grupo de Investigación Arquímedes. Orcid ID: 0000-0002-1249-6379. Correo electrónico: alejandramariaserpa@ufps.edu.co  
E-mail de contacto: soniamaritza@ufps.edu.co

el desarrollo académico de los estudiantes de manera sistemática y con la inversión de pocos recursos y tiempo. Estas pruebas presentan variaciones dependiendo del tipo y propósito de la misma. Independientemente del tipo de prueba que se desarrolle y los complejos procedimientos que aplican los diseñadores, estos deben ser familiares para las personas que los presentan, así como para las personas que los evalúan, analizan y concluyen. Por lo tanto, la planificación de la prueba debe ser clara y relevante, refiriéndose a los contenidos que se incluirán y evaluarán posteriormente con el instrumento. Según el ICFES, (Instituto Colombiano para la Promoción de la Educación

Superior), todas las preguntas formuladas en las pruebas aplicadas se construyen colectivamente por unidades de trabajo constituidas por expertos en cálculo, medición y evaluación, docentes en el ejercicio de sus habilidades y conocimientos en educación básica e instituciones de educación superior y consejeros especializados en cada una de las competencias y temas evaluados.

El presente artículo describe la metodología de preparación de la prueba para la evaluación de la competencia del razonamiento cuantitativo, la fiabilidad y validez, su desarrollo y el análisis posterior específico.

#### **PALABRAS CLAVE:**

Razonamiento cuantitativo, pruebas saber pro, errores, dificultades

#### **I. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

Este artículo expone el proceso de construcción de pruebas destinado a evaluar el razonamiento cuantitativo a estudiantes de ingeniería de primer año de la Universidad Francisco de Paula Santander; aportando al desarrollo de investigación orientado al diagnóstico de esta competencia y posiblemente manejará las dificultades correspondientes y la caracterización de los errores que se pueden distinguir, y que los estudiantes generalmente enfrentan desde el momento en que comienzan su educación superior; en base a estos datos recopilados, se buscan estrategias pedagógicas y curriculares distinguidas y divergentes en presencia de errores y dificultades reconocidos.

Con los resultados obtenidos a través de esta prueba, los diferentes programas ofrecidos por la institución podrían contrastar la realidad del estudiante con su ingreso a la educación superior con la otra realidad que se puede lograr con la apropiación de conceptos basados en errores y la eliminación de dificultades para mejorar su

rendimiento y posiblemente su conocimiento al final de su educación superior a través de los resultados de Saber Pro Tests del programa al que se le asigna con respecto a la competencia del razonamiento cuantitativo.

El Ministerio de Educación evalúa las competencias de todos los estudiantes en diferentes niveles de capacitación (básico, intermedio y superior), y uno de ellos es el razonamiento cuantitativo, lo que cobra gran relevancia en la capacitación de los profesionales; tiene una gran importancia, ya que corresponde a las competencias de conocimiento y/o matemáticas que permiten a un ciudadano participar de manera activa e informada en el ámbito social, cultural, político y social, en el contextos administrativo, económico, educativo y laboral, (ICFES) [1]. Por lo tanto, se debe prestar mucha atención al desarrollo de esta competencia, si es posible, detectar las causas que afectan el desarrollo óptimo en este aspecto y, por lo tanto, poder proponer estrategias para evitar dificultades en el aprendizaje y la toma de decisiones, ya que en algunos casos es evidente que los estudiantes no se apropian del conocimiento, sino que repiten las reglas sin ningún razonamiento, cometiendo errores en los procesos de resolución de problemas, entre los múltiples obstáculos y las dificultades que son evidentes en aprendizaje de las matemáticas. Confirmando según lo expresado por I Putu Hendra [2] “el proceso de resolver problemas es el objetivo principal en el aprendizaje de problemas matemáticos”. Además de algunos casos, el estudiante tiene un desempeño satisfactorio en el aprendizaje de las matemáticas, pero probablemente oculta ciertas fallas operacionales y / o de procedimiento de los objetos matemáticos que bloquean el siguiente aprendizaje.

La construcción de la prueba tiene en cuenta varios factores que el ICFES (Instituto Colombiano para la Promoción de la Educación

Superior) presenta en sus guías de la Prueba Saber PRO en un período de tiempo de 2014 a 2018. El material importante y nutrido es una tarea exhaustiva de compilar; el ICFES publica en su página el material, teniendo en cuenta lo que: “su uso solo está autorizado para fines académicos y de investigación” [3]; Posteriormente, se realiza una selección del material pertinente y la prueba que se desea aplicar se genera con características similares a las que los estudiantes enfrentarán cuando presenten sus Pruebas Saber PRO, la cual tiene en cuenta el tiempo, las competencias, los contenidos y los niveles de dificultad así como la estructura de los elementos, entre otros aspectos que la integran.

La competencia del razonamiento cuantitativo se aplica en la primera sesión y pertenece a uno de los cinco módulos que se evalúan dentro del grupo de competencias genéricas y son obligatorias sin distinción del programa evaluado. La Tabla 1 muestra seis módulos, los primeros cinco (comunicación escrita, razonamiento cuantitativo, lectura crítica, habilidades de ciudadanía e inglés) se consideran transversales en la capacitación de los profesionales, el último módulo corresponde a un cuestionario socioeconómico. También es posible apreciar el número de preguntas de cada módulo y el tiempo total de la primera sesión que es de cuatro horas y cuarenta minutos.

Módulos	Preguntas por módulo	Tiempo de la sesión
Comunicación escrita	1	4 horas y 40 minutos
Razonamiento cuantitativo	35	
Lectura crítica	35	
Competencias ciudadanas	35	
Inglés	55	
Cuestionario socioeconómico	17	
Total de preguntas de la sesión	<b>178</b>	

**Fuente:** ICFES, Guía de Orientación Saber Pro, Módulos de Competencias Genéricas 2017[3].

La segunda sesión corresponde a las competencias específicas de cada programa, los estudiantes tienen 1 hora y 30 minutos para responder.

De las 35 preguntas que conforman el módulo de Razonamiento Cuantitativo el cual pertenece al conjunto de conocimientos y/o competencias matemáticas, se distribuye en un 34% a preguntas orientadas a la competencia de Interpretación y Representación, lo que permite determinar de esta manera la capacidad de los estudiantes para comprender y gestionar los

diferentes tipos de representaciones (tablas, gráficos, diagramas y series) de objetos matemáticos, con respecto a la capacidad para plantear y resolver problemas adecuadamente a través de diferentes estrategias matemáticas encontramos a la competencia Formulación y Ejecución la que cuenta con el 33% de la totalidad de las preguntas, la competencia de Argumentación también cuenta con el mismo porcentaje de preguntas, la competencia de Argumentación busca establecer la justificación de las afirmaciones a través de razones válidas que sustentan refutar la interpretación de cierta

información y los procedimientos expuestos para la solución de problemas de situaciones.

El módulo de razonamiento cuantitativo de SABER PRO TEST distribuyó su contenido en tres categorías; la primera corresponde a las estadísticas que incluyen las representaciones en tablas y gráficos, las operaciones entre conjuntos, conteos, probabilidad, descriptivas, nociones de inferencias y errores de estimación, con el mayor peso (49%) de todas las preguntas en este módulo, la segunda categoría son los contenidos agrupados en relación con el Álgebra y el Cálculo que incluye; fracciones, relaciones, decimales, porcentajes, operaciones aritméticas con sus respectivas propiedades, relaciones lineales y relacionadas y tasa de cambio con el 40% de las preguntas del módulo, en la tercera categoría se agrupan los contenidos relacionados con la geometría, ya que incluye figuras geométricas con sus medidas, relaciones de paralelismo y ortogonalidad, desigualdad triangular y sistemas de coordenadas cartesianas, esta tercera categoría cuenta con el 11% de las preguntas del módulo.

Dado que este módulo transversal se evalúa en todos los programas, los contextos en los que se desarrollan las preguntas se relacionan con situaciones de finanzas personales o familiares, con actividades que se desarrollan en el trabajo sin incluir el conocimiento técnico específico de una profesión, con la comunidad o asuntos sociales relacionados, con factores políticos, económicos y ambientales producto de la interacción social de los ciudadanos, y con las situaciones científicas típicas de la ciencia del conocimiento del público en general desde lo social y cultural.

## II. MARCO TEORICO

### ERRORES Y DIFICULTADES

Las dificultades y los errores que los estudiantes

presentan al aprender matemáticas son un tema común en las conversaciones de los profesores de matemáticas en todos los niveles educativos. En el proceso de construcción de conocimientos y/o competencias matemáticas, los errores y las dificultades se presentan de manera consistente, que deben identificarse y reorientarse para superar las dificultades relacionadas con este aprendizaje. Entonces, no solo el profesor debe determinarlos, sino que el estudiante debe reconocerlo y admitir la necesidad de superarlo para obtener el aprendizaje deseado. Dado que la identificación de errores puede contribuir positivamente en el proceso de aprendizaje [4]. Desde el punto de vista del profesor, la determinación de los errores y dificultades de los alumnos les permitirá generar estrategias para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje en torno al razonamiento cuantitativo.

Las dificultades y los errores en el aprendizaje de las matemáticas son un punto focal de investigación en Educación Matemática que se ha estudiado durante muchos años, con resultados que han permitido generar soluciones para algunas situaciones, aunque aún quedan muchas preguntas por resolver. Los errores se derivan de las estrategias y reglas utilizadas por los estudiantes para resolver problemas basados en experiencias matemáticas desarrolladas previamente

La Tabla 2 muestra la información que el ICFES [1] publica con respecto a los resultados de Saber Pro Test 2016. Esta información corresponde al porcentaje promedio de respuestas incorrectas de los estudiantes, asociado con tres afirmaciones relacionadas con el razonamiento cuantitativo (1<sup>a</sup> valida los procedimientos y estrategias matemáticas que utilizan los estudiantes para dar solución a problemas, 2<sup>b</sup> aquí se aprecia el porcentaje en que los estudiantes frente a un problema que involucre información cuantitativa, plantea e implementa estrategias que llevan a soluciones adecuadas y en la 3<sup>c</sup>

el porcentaje en que los estudiantes comprenden y transforman la información cuantitativa y esquemática presentada en distintos formatos), que sirve como un indicador del desempeño del estudiante para realizar acciones complejas que articulan varios pensamientos Procesos,

permitiendo identificar con mayor detalle las dificultades reveladas por los alumnos. La tabla permite comparar la información de la institución (Universidad Francisco de Paula Santander) con la información nacional (Colombia).

Tabla 2: Porcentaje de respuestas incorrectas asociadas a cada afirmación en Razonamiento Cuantitativo			
Nivel de agregación	1 <sup>a</sup>	2 <sup>b</sup>	3 <sup>c</sup>
Institución	56%	48%	41%
Colombia	57%	50%	43%
<sup>a</sup> Valida procedimientos y estrategias matemáticas utilizadas para dar solución a problemas <sup>b</sup> Frente a un problema que involucre información cuantitativa, plantea e implementa estrategias que lleven a soluciones adecuadas. <sup>c</sup> Comprende y transforma la información cuantitativa y esquemática presentada en distintos formatos Fuente: ICFES, Resultados de Saber Pro Test 2016 [1].			

Dados los resultados anteriores, es evidente que la Institución (Universidad Francisco de Paula Santander) tiene porcentajes similares a los resultados nacionales en relación con las respuestas incorrectas, pero sigue causando preocupación ya que el 56% de los estudiantes evaluados aún no han validado el procedimiento y las estrategias matemáticas para resolver problemas, en un porcentaje menor el 48%, fueron respuestas incorrectas al plantear e implementar estrategias que conduzcan a soluciones adecuadas para un problema que involucra información cuantitativa. Comprender y transformar la información cuantitativa y esquemática presentada en diferentes formatos fue erróneo para el 41% de los estudiantes.

Teniendo en cuenta lo anterior, es relevante la determinación de los diferentes errores y dificultades de los estudiantes que asisten al primer año de ingeniería y que están relacionados con las respuestas incorrectas

asociadas con las afirmaciones (1<sup>a</sup>, 2<sup>b</sup> y 3<sup>c</sup>) de razonamiento cuantitativo. Con esta información se lleva a cabo una clasificación de estas dificultades en un contexto menos ecuménico, como la evidencia pro marcos; en categorías más simples que facilitan la comprensión y la dimensión de la dificultad y, por lo tanto, pueden generar insumos para el enfoque de proyectos futuros orientados a resolver estas dificultades.

Al observar el desempeño de los estudiantes universitarios en las áreas de matemáticas, se podría decir que la mayoría de ellos presentan u ocultan serias dificultades operativas, estructurales y de procedimiento de los objetos matemáticos, incluidos aquellos que presentan un desempeño aparentemente satisfactorio frente a los objetivos establecidos para el cumplimiento de las asignaturas; Situación que dificulta el aprendizaje esperado. Asumiendo un error con la aparición de una herramienta

importante para la adquisición de un nuevo y mejor conocimiento. [5]. En el proceso de adquisición y consolidación del conocimiento humano, la aparición y permanencia de dificultades y errores es innegable, lo que complica el desarrollo normal de la comprensión del conocimiento. Considerando cualquier error como conocimiento defectuoso o fragmentado; aunque es una opción e incluso podría considerarse como una realidad distorsionada pero permanente en el conocimiento científico.

La falta de conocimientos básicos, la poca apropiación de conceptos y muchas otras situaciones obligan a caracterizar los errores; para la investigación, se toma la definición de Socas [6]: “El error debe considerarse como la presencia en el alumno de un esquema cognitivo inadecuado y no solo la consecuencia de una falta específica de conocimiento o una distracción”, por lo que presenta dos orígenes. del error desde la complejidad de los objetos matemáticos y los procesos de pensamiento de los mismos, basados en las diferentes etapas del desarrollo humano (semiótico, estructural y autónomo) que influyen en los sistemas de representación, que los diferencia en las siguientes etapas: (a) Errores De álgebra que tienen su origen en la aritmética. Para entender la generalización de las relaciones y los procesos se requiere que estos se hayan asimilado en el contexto aritmético. (b) Errores procesales. Los estudiantes usan incorrectamente fórmulas o reglas de procedimiento. (c) Errores de álgebra debidos a las características del lenguaje algebraico: ejemplo de este tipo de errores es el significado del signo “=” en álgebra y la sustitución formal. Los errores que tienen su origen en actitudes afectivas y emocionales tienen una naturaleza diferente: falta de concentración (confianza excesiva), bloqueos, olvidos, etc.

Cuando un estudiante elabora los significados de los objetos algebraicos para lograr un

nivel de comprensión, se relacionan los diferentes elementos del modelo mencionado anteriormente. Con frecuencia, los errores surgen cuando se manipula una representación dentro de un sistema de representaciones, que suele ser algebraico. También puede ocurrir cuando hay una elección incorrecta de un sistema semiótico al resolver un problema matemático. De manera similar, Duval [7] señala que “muchas de las dificultades encontradas por los estudiantes en diferentes niveles del currículo se pueden describir y explicar cómo una falta de coordinación de los registros de representación. Además, la construcción inadecuada de un concepto puede deberse a una Falta de articulación entre los diferentes registros semióticos de representación”.

Para permitir la categorización de los errores, se hace referencia a Radatz [8] que establece que los conocimientos aritméticos y numéricos predominan en la mayoría de los estudios relacionados con los errores en matemáticas, por lo que propone a partir del procesamiento de la información, las siguientes categorías: 1. Errores debidos a dificultades de lenguaje. 2. Errores debidos a dificultades en la obtención de información espacial. 3. Errores debidos al mal aprendizaje de hechos, habilidades y conceptos previos. 4. Errores debidos a asociaciones incorrectas o rigidez del pensamiento, que generalmente son causadas por la incapacidad del pensamiento para adaptarse a nuevas situaciones. 5. Errores debidos a la aplicación de reglas o estrategias irrelevantes, que a menudo surgen al aplicar con éxito reglas o estrategias similares en áreas de diferentes contenidos.

Constantemente los docentes observan la gran cantidad de errores que los estudiantes cometen repetidamente y es de gran preocupación, ya que, en el curso del estudio de las matemáticas, se espera que los estudiantes cuenten con las herramientas necesarias para

resolver problemas en el contexto en el que se desarrollarán profesionalmente.

Para Priyani y Ekawati [9], los errores que más tienden a cometer a los estudiantes con los problemas matemáticos son (1) El error principal, que es determinar la solución final que se ha cometido (2) Los errores conceptuales al traducir el problema verbal al problema matemático y (3) Errores operacionales. Sin embargo, pocos maestros le dan una importancia adecuada al error, ya que esto permite un aprendizaje significativo si se conoce y se orienta adecuadamente, por lo que el estudio de errores y dificultades ha sido una de las principales preocupaciones de la Educación Matemática.

Cuando la ciencia está terminada, se trata de obtener conocimiento verdadero, aunque para alcanzaresta verdad, hapasadoporinnumerables dificultades, errores y discrepancias. Es decir, los procesos de aprendizaje contienen errores sistemáticos y, por lo tanto, el error como tal, se convierte en un objeto de disertación para la educación matemática. En Socas [6] se considera que las dificultades de aprendizaje de las matemáticas tienen origen, en el alumno, la asignatura, el profesor y la institución educativa, para este autor estos diversos orígenes están interrelacionados y los ubica en lo que denomina microsistema educativo, adicionalmente para Socas [10], son cuatro los “componentes básicos” que acarrear problemas al currículo de matemáticas son: “las habilidades necesarias para desarrollar habilidades matemáticas que definen la competencia de un estudiante en matemáticas, la necesidad de contenido previo, el nivel de abstracción requerido y la naturaleza lógica de la escuela de matemáticas”.

Es allí en el microsistema educativo donde se generan, vinculan y fortalecen las dificultades de manera compleja, que se reflejan en la práctica como obstáculos y se exteriorizan

en el desempeño de los estudiantes en forma de errores. Estas deficiencias se consideran representaciones cognitivas inadecuadas como resultado de ciertas carencias del conocimiento o de los propios errores de los estudiantes.

Las dificultades pueden organizarse de la siguiente manera: 1) Dificultades asociadas con la complejidad de los objetos de las matemáticas. 2) Dificultades asociadas con los procesos de pensamiento matemático. 3) Dificultades asociadas con los procesos de enseñanza desarrollados para el aprendizaje de las matemáticas. 4) Dificultades asociadas con los procesos de Socas [6] también proporcionan algunas particularidades de los problemas presentados por los estudiantes, tales como: un obstáculo es un conocimiento adquirido, no una falta de conocimiento. Tiene un dominio de efectividad y se utiliza para producir respuestas adaptadas a un cierto contexto. Cuando este conocimiento se usa fuera de su contexto, genera respuestas inapropiadas, incluso incorrectas. Estas dificultades pueden presentarse individualmente o interrelacionadas, constituyendo marcos complejos que se refuerzan y sintetizan como impedimentos en la práctica del conocimiento matemático y que se materializan como errores. Cuando los estudiantes enfrentan nuevos conocimientos que exigen el desafío de retomar los conceptos adquiridos y desarrollar nuevas estructuras, es en esta actividad que surgen errores en su desempeño. Desarrollo cognitivo de los alumnos. 5) Dificultades asociadas a actitudes afectivas y emocionales hacia las matemáticas. Las dos primeras están relacionadas con la disciplina misma, la tercera con los procesos de enseñanza, la cuarta con los procesos cognitivos de los estudiantes y la quinta con el terreno afectivo”.

## CONFIABILIDAD Y VALIDEZ

Según la teoría clásica, la fiabilidad de una prueba se relaciona con los errores de medidas aleatorias presentes en las puntuaciones obtenidas a partir de su aplicación. Por lo tanto, una prueba es más fiable cuantos menos errores de medida contengan las puntuaciones obtenidas por los individuos a quienes se les aplica [11].

Por lo tanto, una prueba es fiable cuando mide adecuadamente aquello que está midiendo, independientemente de su validez. Por tal motivo, en la práctica ningún instrumento de medida es cien por ciento fiable, esto es, si se mide un mismo objeto varias veces con la misma prueba se obtienen medidas ligeramente diferentes [12]. El análisis de confiabilidad se puede realizar desde una óptica interna o externa de acuerdo con las posibilidades de la investigación [13].

Por otro lado, La validez se refiere al grado en que un instrumento realmente mide el constructo teórico o la variable que pretende medir. Por ejemplo, un instrumento válido para medir la inteligencia debe medir la inteligencia y no otro aspecto similar. Un instrumento puede ser fiable pero no válido; pero si es válido ha de ser también fiable. Se puede decir, que la validez tiene tres grandes componentes: validez de contenido, validez de criterio y validez de constructo [14].

Una de las técnicas utilizadas para validar instrumentos de medición en el que el constructo contiene escala tipo Likert es el Alpha de Cronbach [15]. El valor de alfa oscila de 0 a 1. Cuanto más cerca se encuentre el valor del alfa a 1 mayor es la consistencia interna de los ítems analizados.

## CONFIABILIDAD GUTTMAN

Guttman publicó seis medidas (Lambda 1, Lambda 2... Lambda 6. Simbolizadas: L1, L2... L6), de confiabilidad basadas en el método de la mitad dividida. La confiabilidad de Guttman es una buena medida de confiabilidad y produce un valor más alto que el alfa de Cronbach. Mientras que el alfa de Cronbach tiende a subestimar la verdadera confiabilidad, la confiabilidad de Guttman sobreestima la confiabilidad cuando el tamaño de la muestra es pequeño [16]. [17]. [18].

Según Guttman, L6 tenderá a ser mayor que L2 y que L3, cuando los ítems tengan una intercorrelación relativamente baja de orden cero, pero una alta correlación múltiple. De lo contrario L6 tenderá a ser menor o igual a L2 [19]. Cabe recalcar que el valor de L3 es igual al Alpha de Cronbach.

## III. METODOLOGÍA

Inicialmente, se recopila una cantidad de material generado por el ICFES en el período de 4 años, de 2014 a 2018, que es relevante para el proyecto, del cual se analizan y seleccionan varias preguntas que forman el cuerpo de la prueba del razonamiento cuantitativo; que se construye mediante 35 preguntas de selección únicas con cuatro opciones de respuesta (A, B, C, D), que el ICFES en sus guías de orientación presenta como preguntas de ejemplo, pero que la institución ya ha aplicado en evaluaciones anteriores. Entonces, cada uno de estos elementos ya ha pasado las pruebas de validez y confiabilidad respectivas. Para mantener los esquemas utilizados en este tipo de pruebas, la prueba de 35 preguntas consta de 17 preguntas de contenido estadístico, que representa el 49% del total de elementos del módulo, el 11% corresponde a 4 preguntas en el área de geometría y el resto son las 14 preguntas de álgebra y cálculo. Al mismo tiempo, se tuvo en cuenta que la competencia

interpretativa estaba representada por el 34% de las preguntas, es decir, 12 correspondían a la competencia interpretativa, el resto entre la competencia argumentativa y la competencia de formulación y ejecución. Una vez que el material ha sido seleccionado, el diseño de la prueba se desarrolla, de tal manera que es un documento que facilita la lectura y el desarrollo del mismo; posteriormente, se realiza una prueba piloto con 25 estudiantes que asisten al segundo semestre del programa de licenciatura en matemáticas de la Universidad Francisco de Paula Santander, ya que estos estudiantes tienen características similares al objeto de estudio de la investigación con la que se relaciona. Este documento debe ser estudiantes de primer año en estudios de ingeniería, por lo que deben completar los cursos de cálculo diferencial y/o cálculo integral. Teniendo en cuenta los tiempos propuestos por el ICFES a los estudiantes al presentar las pruebas Saber PRO proporcionalmente a cada pregunta con el tiempo proporcionado para la primera sesión, que es donde se evalúa el módulo de razonamiento cuantitativo, se observa una disponibilidad de 55 minutos para 35 preguntas, pero para este caso un lapso de tiempo de 2 horas estuvo disponible, ya que el interés de la investigación no es solo que los estudiantes seleccionen la respuesta correcta, sino que los errores y las dificultades que presentan son evidentes. Para poder categorizarlos, para que los alumnos desarrollen los procesos correspondientes a cada pregunta, para la correspondiente selección de la respuesta.

Los investigadores durante la prueba piloto realizan un monitoreo constante, verificando los diferentes aspectos presentados en la resolución de la prueba para mejorar el instrumento, ya que el análisis de los errores no solo permite reflexionar sobre los temas que trabajarán y el contenido matemático que es referenciado, pero también trasciende el razonamiento de las afirmaciones de un problema. [20].

#### IV. RESULTADOS, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

El instrumento inicial es sometido a una prueba piloto con 25 estudiantes, en la que se les presentan 35 preguntas con cuatro opciones de respuesta (A, B, C, D) de selección de respuesta única, además de solicitarles escribir el proceso necesario para la obtención del resultado seleccionado. Un gran número de estudiantes presenta dificultades en contestar el total de las 35 preguntas en las dos horas que fue el tiempo asignada para tal propósito, argumentando que no comprendían la pregunta, que no determinaban cual era el proceso necesario para darle solución a la preguntaba o que el tiempo no era suficiente para desarrollar todo el cuestionario. Dadas las anteriores situaciones, se procede a analizar con mayor detenimiento las respuestas y procedimientos realizados por los estudiantes a las 35 preguntas, el cual, gran porcentaje contestaron solo 21 de estas, las otras preguntas las dejaron en blanco omitiendo así su respuesta, en consecuencia de lo anterior, en la Tabla N°3 se presenta el análisis de las 14 preguntas de mayor omisión de respuesta que fueron eliminadas de la prueba, para de esta manera, conseguir un instrumento que evidencie los errores y dificultades que presentan los estudiantes siendo el objetivo principal del instrumento, el cual hace parte de una investigación que requiere que el estudiante además de marcar una de las cuatro opciones de respuesta, desarrolle le procedimiento en el cuadro de respuesta, y así, determinar el error que está cometiendo, si es que esto sucede. Considere el error como una fuente de información muy importante que permite reorientar los procesos de enseñanza - aprendizaje, donde el estudiante tiene la oportunidad de argumentar, discutir y responder a los elementos relacionados con el razonamiento lógico y matemático. [21].

En la tabla 3 se evidencia que en las preguntas 18 y 19 fue omitida la respuesta por el 100% de los estudiantes en la prueba piloto, la segunda pregunta fue omitida por el 84%, en las preguntas 28, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33 y 35 fueron omitidas por un 40% o más de los estudiantes evaluados y la pregunta 24 fue omitida en su respuesta por un 36%, pero el 52% de estudiantes que contestaron erróneamente este ítem no realizaron el respectivo procedimiento

para poder determinar el error o dificultad ante la situación presentada.

En la búsqueda de construir el mejor instrumento para los fines investigativos mencionados anteriormente, se procede a analizar las 21 preguntas restantes de la prueba piloto, para la cual se hace el análisis de fiabilidad aplicando el método Alfa de Cronbach y el de consistencia interna de Guttman.

**Tabla 3:** Preguntas con grado alto de porcentaje de respuesta omitida en la prueba piloto

Pregunta #	Análisis
2	La clave D, es contestada por el 8% de los estudiantes, fue omitida por un 84%.
18	Esta pregunta fue omitida por el 100% de los estudiantes
19	Igualmente esta pregunta es omitida por el 100% de los estudiantes
24	La clave es la C, contestada por el 12%. El porcentaje de omisión es del 36%
25	La clave es la D, contestada por el 8% de los estudiantes, es omitida por un 48%
26	La clave es la A, contestada por un 16%, la omisión fue del 48%
27	La clave es la B, contestada por el 8% y omitida por el 40% de los estudiantes
28	Aunque la clave es la C, contestada por el 20%, la omisión es del 40%
29	La clave es la B, contestada por el 20% y la omisión del 44%
30	La clave A, contestada por el 16% de los estudiantes y la omisión del 40%
31	La clave A, contestada por el 8% y la omisión del 44%
32	La clave es la C, contestada por el 28% y la omisión del 48%
33	La clave es la D, contestada por el 20%, la omisión del 40%
35	La clave C, contestada por el 40% y fue omitida por el 48% de los estudiantes.

**Fuente:** Elaboración propia

La tabla 4, muestra un valor Alfa de Cronbach de 0.062, el cual es bajo, demuestra un puntaje de consistencia interna del instrumento, pero no llega más a detalle con los ítems, solo hace un criterio de exclusión de los mismos para reajustar dicha consistencia, por tal motivo se utiliza el método de consistencia interna de Guttman.

**Tabla 4:** Coeficiente de fiabilidad Alfa de Cronbach

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N° de elementos
,062	,042	21

**Fuente:** Elaboración propia

Dado que el valor del Alfa de Cronbach ofrece inicialmente un valor inferior a 0,062, según Tabla 4, se recurre al Método de Guttman como muestra las estadísticas de fiabilidad en la Tabla 5, el cual propone seis escalas de confiabilidad que otorgan límites inferiores para la verdadera fiabilidad del cuestionario. Lambda 1 ( $L_1$ ) es una estimación simple, base para calcular algunos de los otros límites inferiores. Lambda 3 ( $L_3$ ) es una mejor estimación que  $L_1$ , en el sentido de que es más grande y es equivalente al Alfa de Cronbach. Lambda 2 ( $L_2$ ) es mejor que  $L_1$  y  $L_3$ . Lambda 5 ( $L_5$ ) es mejor que  $L_2$  cuando hay un ítem que tiene una alta covarianza con los otros ítems, que a su vez no tienen covarianzas entre sí. Tal situación puede ocurrir en una prueba que tiene ítems que pertenecen al uso de varios campos de conocimiento diferentes, más una pregunta que puede responderse con el conocimiento de cualquiera de esos campos. Lambda 6 ( $L_6$ ) es mejor que  $L_2$  cuando las correlaciones entre ítems son bajas en comparación con la correlación múltiple al cuadrado de cada ítem cuando se regresa a los ítems restantes.  $L_4$  es, de hecho, el coeficiente de la mitad dividida de Guttman.

Como se puede ver en la Tabla 5, para el caso analizado en dónde se han incluido en el análisis de fiabilidad diferentes ítems asociados con la misma escala, el valor que mejor representa la fiabilidad de la prueba corresponde al  $L_6$  que es de 0.895, valor que mejora el Alfa de Cronbach obtenido al analizar todos los ítems dentro de un único constructo.

**Tabla 5:** Coeficiente de fiabilidad de Guttman

Estadísticas de fiabilidad		
Lambda	1	,059
	2	,262
	3	,062
	4	-,430
	5	,183
	6	,895
N de elementos		21

**Fuente:** Elaboración propia

## v. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta que las preguntas fueron seleccionadas de las pruebas Saber Pro diseñadas por el ICFES en el periodo de 2014 hasta el año 2018, por lo que cada uno de estos ítems ya han superado las pruebas de validez y confiabilidad respectiva, pero por motivos de contextualizar el instrumento se hizo nuevamente dicha prueba arrojando un bajo índice en la prueba de Alfa de Cronbach de 0.062, esto quiere decir que unos de los factores que afectan a la fiabilidad del test es que cuanto más homogénea sea la muestra habrá menos variabilidad y, por tanto, la fiabilidad será menor. En cambio, si la muestra hubiese sido más heterogénea, la fiabilidad sería mayor, además, el interés de la investigación no es solamente que los estudiantes seleccionen la respuesta correcta, sino que sean evidentes los errores y dificultades que están presentando para así poder categorizarlos, por lo que los estudiantes deben desarrollar los debidos procesos a cada pregunta, para la correspondiente selección de la respuesta.

Por tal motivo se utiliza la escala de Guttman que es la herramienta adecuada para obtener el grado de identificación que los sujetos tienen sobre un tema específico. La representación de las respuestas hace que esta escala sea meramente intuitiva, el valor que mejor representa la fiabilidad de la prueba corresponde al  $L_6$  que es de 0.895. Valor que mejora el Alfa de Cronbach obtenido.

Además, contrastando las respuestas seleccionadas por los estudiantes de la prueba piloto con la respuesta correcta para cada uno de los ítems, se observa que en las preguntas: 1, 3, 4, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 21, 22 y 23 el mayor porcentaje de selección de respuesta corresponde a opciones diferentes a la respuesta correcta, por lo cual permitirá determinar los errores y dificultades que presentan los estudiantes, siendo este el objetivo principal del instrumento. En las preguntas 5, 8, 9, 17, y 20 los estudiantes acertaron con la respuesta correcta, pero se incluyeron en el instrumento resultante dado el bajo porcentaje de omisión de respuestas en algunas. La pregunta 34 corresponde al tema de geometría de la competencia interpretativa, por lo cual se incluye para que quede el mismo porcentaje de representación el tema y la competencia con las pruebas saber pro que presentan los estudiantes.

El test resultante para la investigación quedó estructurado con 21 preguntas de las cuales el 49% de estas corresponde a contenidos de Estadística, los temas de Álgebra y Cálculo quedan representados por 8 preguntas que equivalen al 40% y 2 preguntas están orientadas a temas de geometría (11%). En lo que respecta a la clasificación de las competencias Interpretativa, Formulación - Ejecución y Argumentativa, estas quedaron de igual cantidad de preguntas en cada una de ellas (7).

En cada una de las preguntas además de seleccionar la opción de respuesta que el estudiante considere correcta, él debe realizar el proceso necesario que evidencia la obtención del resultado, ya que con estos se busca categorizar las dificultades que los estudiantes presentan y además identificar los errores que se evidencien para así contrastarlos con los resultados de respuestas erróneas del ICFES que presentaron los estudiantes evaluados en años anteriores del mismo programa al que está adscrito la población de estudio, para generar planes de mejoramiento y superar las dificultades presentadas.

## VI. REFERENCIAS

- [1] Guía de orientación. Módulo de razonamiento cuantitativo. Pruebas Saber PRO 2016 -2. Publicación del Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación © ICFES, 2016.
- [2] El efecto del enfoque abierto hacia el razonamiento matemático de los estudiantes: I Putu Hendra Widiartana 2018
- [3] Guía de orientación saber PRO módulo de competencias genéricas 2018. Publicación del Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación © ICFES, 2018.
- [4] Rico, L., Kilpatrick, J., y Gomez, P., 1998 Problemas y dificultades de los estudiantes resolución de problemas evaluación historia
- [5] Engler, A., Gregorini, M.I., Müller, D., Vrancken, S. y Hecklein, M., 2004. Los errores en el aprendizaje de la matemática. Revista Premisa, 6 23 2332

- [6] Socas, M. 1997 Dificultades, Obstáculos y Errores en el Aprendizaje de las Matemáticas en la Educación Secundaria V
- [7] Duval, R. 1993 Registros de representación semiótica y funcionamiento cognitivo del pensamiento México
- [8] Radatz, H. 1980). Errores de los estudiantes en el proceso de aprendizaje de Mathematics: A survey. Para el aprendizaje de las matemáticas, 11 20
- [9] Análisis de error de problemas matemáticos en TIMSS: un caso de estudiantes de secundaria de Indonesia H A Priyani y R Ekawati
- [10] Socas, M. 2007 Dificultades y errores en el Aprendizaje de las Matemáticas Análisis desde el enfoque lógico semiótico. Investigación en Educación. Matemática, 11, 19-52.
- [11] [http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/69325/3/Psicometr%C3%ADa\\_M%C3%B3dulo%20%20Fiabilidad.pdf](http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/69325/3/Psicometr%C3%ADa_M%C3%B3dulo%20%20Fiabilidad.pdf)
- [12] <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/19380/23/Tema%205-Fiabilidad.pdf>
- [13] Frias-Navarro, D. (2021). Apuntes de consistencia interna de las puntuaciones de un instrumento de medida. Universidad de Valencia. España. Disponible en: <https://www.uv.es/friasnav/AlfaCronbach.pdf>.
- [14] <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/19380/25/Tema%206-Validez.pdf>
- [15] Cronbach, LJ Coeficiente alfa y la estructura interna de las pruebas. *Psychometrika* **16**, 297–334 (1951). <https://doi.org/10.1007/BF02310555>.
- [16] [www.real-statistics.com/reliability/internal-consistency-reliability/split-half-methodology/guttman-reliability/](http://www.real-statistics.com/reliability/internal-consistency-reliability/split-half-methodology/guttman-reliability/).
- [17] [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-07503-7\\_19](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-07503-7_19).
- [18]. [https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/en/SSLVMB\\_24.0.0/spss/tutorials/rely\\_tvsurvey\\_guttman.html](https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/en/SSLVMB_24.0.0/spss/tutorials/rely_tvsurvey_guttman.html).
- [19]. Guttman, L. (1945). A basis for analysing test-retest reliability. *Psychometrika*, 10, 255-282.
- [20] Cañadas M., Castro, E. 2002 Errores en la resolución de problemas matemáticos de carácter inductivo. Investigación en el aula de matemáticas. Resolución de problemas 147 154.
- [21] Del Puerto, S., Minnaard, C., 2006 Análisis de los errores: una valiosa fuente de información sobre el aprendizaje de las matemáticas. *Revista Iberoamericana de Educación* 38 4