

LA EXPRESION CORRECTA DE UN RESULTADO EXPERIMENTAL. DISEÑO DE APRENDIZAJE

por Dr. JOAQUÍN RODRÍGUEZ GUARNIZO

Para optimizar nuestra tarea docente, venimos desarrollando una línea de trabajo, que está cristalizando en una metodología didáctica, apoyada en la presentación estructurada de los conceptos y contenidos propios de nuestra disciplina —Física y Química—, convencidos de que ello se traduce en una mejora de la calidad del aprendizaje.

Como punto de partida de nuestro trabajo hemos considerado, por un lado, el planteamiento de Ausubel¹, según el cual, un alumno que sea capaz de subsumir la información que se le presenta, será también capaz de aprender significativamente y de manera más perdurable. Y por otro, la idea de Hofacker², de que la estructura de una temática dada si se presenta adecuadamente, contiene en sí misma el organizador conceptual más eficiente.

Nuestra línea de trabajo consiste esencialmente en la articulación y posterior estructuración de los diferentes elementos de aprendizaje, lo que nos permite el diseño lógico del aprendizaje de cada una de las unidades temáticas del curriculum.

Para mostrar la metodología didáctica a que antes aludíamos hemos elegido el desarrollo correspondiente a la unidad temática: *Expresión correcta de un resultado experimental*, justificando su elección, las razones que exponemos a continuación.

Si desde hace tiempo venimos preocupándonos de incluir en el curriculum del futuro Profesor de E.G.B., una serie de unidades temáticas centradas en el problema de la medida, la progresiva y discutida implantación de los Programas Renovados de la E.G.B., propugnando el empleo de una metodología lo más experimental posible, ha apoyado nuestra programación, ya que a lo largo de los diferentes ciclos se pone de relieve la importancia que tiene la función medir —y por tanto la problemática de la medida de las diferentes magnitudes— en la formación de los alumnos de E.G.B.

Por todo ello, entendemos que debe prestarse una gran atención al apartado metrológico dentro del programa de formación de los Profesores de E.G.B. habién-

¹ AUSUBEL, D. P.: *Educational psychology: a cognitive view*. Holt, Rinehart and Winston. New York, 1968.

² HOFACKER, U.: «Mejor comprensión de los procesos psicológicos en el aprendizaje de la Química». *Nuevas tendencias en la enseñanza de la química*. Ed. de la UNESCO. Montevideo. 1975. págs. 65-80.

donos marcado como objetivo de su enseñanza, no sólo que el futuro docente consiga el conocimiento y dominio de los instrumentos y técnicas operativas propias de la medida de las diferentes magnitudes, sino también: 1.º) Dotarle de todos los elementos de crítica que le permitan analizar la calidad de las medidas por él efectuadas, 2.º) capacitarle para que conozca lo que puede exigirse a cada dispositivo medidor, 3.º) que sepa expresar correctamente —con significado físico— los resultados obtenidos, y 4.º) que pueda lograr, en suma, todas las consecuencias didácticas que el análisis de una experiencia, por elemental que sea, le puede reportar. Por la importancia que estimamos tienen estas metas, creemos justificado incluir en un programa para la formación científica del Profesorado de E.G.B., el tratamiento de la unidad temática elegida, de acuerdo con los objetivos generales que proponemos a continuación:

- a) *Captar que toda medida está inexcusablemente afectada por una incertidumbre.*
- b) *Aceptar la necesidad de adoptar determinados criterios que nos permitan especificar la calidad de un resultado experimental y*
- c) *Adquirir información sobre los siguientes aspectos concretos:*
 - *Naturaleza de los errores que se cometen en toda medida y su clasificación.*
 - *Expresión del resultado de una medida.*
 - *Problemática de la asignación del límite de error a una medida directa.*
 - *Tratamiento estadístico de los resultados obtenidos mediante un procedimiento experimental.*
 - *Asignación del límite de error a una medida indirecta.*

La figura 1 muestra el diagrama general de aprendizaje, que empleamos como iniciación al tratamiento en aula de esta unidad temática, y que nos permite centrar la atención sobre la problemática propuesta.

Desde un punto de vista global pensamos que el eslabón inicial del aprendizaje de esta unidad temática estriba en la captación del *carácter aproximado de toda medida*. Este hecho empírico e inexcusable, conllevará el que nos adentremos en la *problemática del error en las medidas y la adopción del valor medio, como la mejor estimación del verdadero valor* de la cantidad, de la magnitud que tratamos de medir.

Estos dos bloques conceptuales deben lograr que el que aprende sienta la *necesidad de adoptar un límite o cota de error, para expresar con sentido físico el resultado de una medida*. Una vez captado este planteamiento, se abren —siempre desde nuestro punto de vista— dos líneas de aprendizaje, una que se preocupa de la asignación de un *límite de error basado en el grado de apreciación del instrumento utilizado*, y otra centrada en la asignación del *límite de error basado en consideraciones de tipo estadístico*. Ambas líneas confluyen en un logro concreto de aprendizaje: la expresión correcta del resultado de una medida, que se debe alcanzar en dos etapas, primeramente, *la expresión del resultado de una medida directa*, y posteriormente, *la expresión del resultado de una medida indirecta*.

DIAGRAMA GENERAL DE APRENDIZAJE

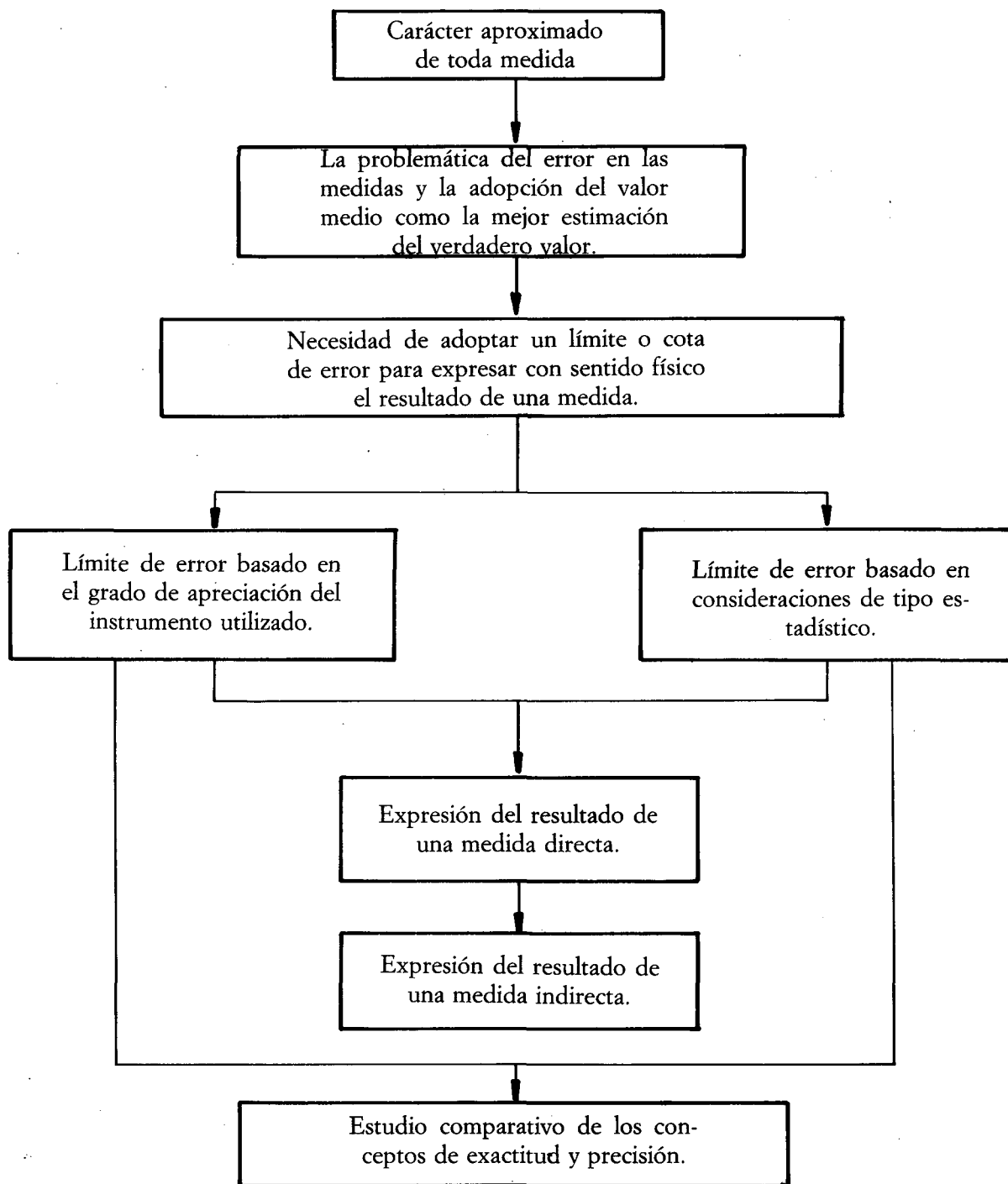


FIGURA 1

Por último, con respecto a lo que contempla este diagrama general de aprendizaje, creemos que no estaría completo el tratamiento de esta unidad, si no nos preocupásemos de estudiar los conceptos de exactitud y precisión, básicos en esta problemática. Precisamente, las dos grandes vías de avance que antes señalábamos, nos posibilitarán un *estudio comparativo de los conceptos de exactitud y precisión*.

La Tabla 1 muestra los elementos de aprendizaje que entendemos comporta el tratamiento de esta unidad temática, y que mediante la técnica de Morgannov-Heredia³ hemos *articulado* y posteriormente *estructurado*.

Por *articulación* entendemos el proceso de análisis que nos permite encontrar las relaciones de antecedente-consecuente entre los diferentes elementos de aprendizaje considerados, y por *estructuración* estimamos el ulterior proceso de síntesis, en el que se representan las relaciones existentes entre todos los elementos de aprendizaje intervinientes.

La técnica a que hacemos referencia, consiste esencialmente en la elaboración de una tabla de doble entrada (Tabla 2) en la que se representa la interdependencia de los elementos de aprendizaje, fruto del proceso de articulación. A partir de ella es posible elaborar una gráfica (figura 2), en la que se pone de manifiesto la interrelación encontrada, es decir, la estructura de la unidad temática estudiada.

LA EXPRESION CORRECTA DE UN RESULTADO EXPERIMENTAL

1. Concepto de magnitud.
2. Concepto de cantidad.
3. Concepto de unidad.
4. Concepto de medida.
5. Tipos de medida.
6. Incertidumbre que acompaña a toda medida.
7. Clasificación y tipos de errores.
8. Valor verdadero de una medida.
9. Valor probable de una medida.
10. Error absoluto.
11. Error relativo.
12. Grado de apreciación, Sensibilidad, Precisión y Poder resolutivo de un instrumento de medida.
13. Límite de error, Cota de error y error instrumental.
14. Necesidad de asignar un límite de error al resultado de una medida directa.
15. Límite de error y error absoluto.
16. Límite de error relativo y error relativo.
17. Expresión del resultado de una medida directa especificando su límite de error.
18. Dilución del error.
19. Cifras exactas e inexactas.
20. Cifras significativas.

³ HEREDIA, B.: «A logical method to establish the sequence in a teaching program or curriculum: articulation and structure». Int. J. Exp. Research in Education. XVI, 2, 1979 (232-251).

21. Empleo de las cifras significativas como expresión de la incertidumbre de un resultado.
22. Significado del guarismo cero.
23. Empleo de la notación exponencial.
24. Número de cifras con que debe expresarse la incertidumbre de un resultado.
25. Número de mediciones necesarias.
26. Adecuación del dispositivo medidor al orden de la magnitud medida.
27. Distribución normal de los errores indeterminados.
28. Desviación media.
29. Desviación estándar.
30. Desviación estándar de la media.
31. Error probable.
32. Criterios de rechazo de datos experimentales.
33. Incertidumbre de un resultado obtenido mediante una suma o diferencia de datos experimentales.
34. Incertidumbre de un resultado obtenido mediante un producto de datos experimentales.
35. Incertidumbre de un resultado obtenido mediante un cociente de datos experimentales.
36. Incertidumbre de un resultado obtenido mediante una potenciación de datos experimentales.
37. Otro criterio para la asignación del límite de error a una medida indirecta.
38. Criterios para la operación con cifras significativas.
39. Suma y resta de cifras significativas.
40. Producto de cifras significativas.
41. Cociente de cifras significativas.
42. Potenciación con cifras significativas.
43. Exactitud.
44. Precisión.
45. Estudio comparativo de ambos conceptos.

TABLA 1. *Elementos de aprendizaje*

Todo ello no sólo posibilita determinar la estructura de un contenido, o como dice Huerta Ibarra⁴, la «organización lógica de las experiencias de aprendizaje», sino que nos permite establecer una *secuencia lógica de aprendizaje* compatible con la *estructura* determinada, las *exigencias del principio de transferencia del aprendizaje* y la *naturaleza del propio contenido que se analiza*. Es más, la obtención de la estructura lógica correspondiente a una unidad temática, posibilita no sólo el diseño de esa *secuencia lógica de aprendizaje*, sino que permite proponer las *secuencias lógicas de enseñanza*, que facilitan fundamentalmente, la captación de las diferentes interrelaciones entre los elementos de aprendizaje.

En el diseño de la secuencia lógica de aprendizaje, seguimos la línea propuesta por Altieri⁵ y ya desarrollada por nosotros en anteriores trabajos. Empleamos un

⁴ HUERTA IBARRA, J.: *Organización lógica de las experiencias de aprendizaje*. Ed. Trillas. México, 1977.

⁵ ALTIERI, D. P.: «Un modelo operacional para la individualización de la enseñanza». *La educación hoy*. 1, 1, 1973, (33-36).

LA EXPRESION CORRECTA DE UN RESULTADO EXPERIMENTAL

Estructura lógica de los elementos de aprendizaje

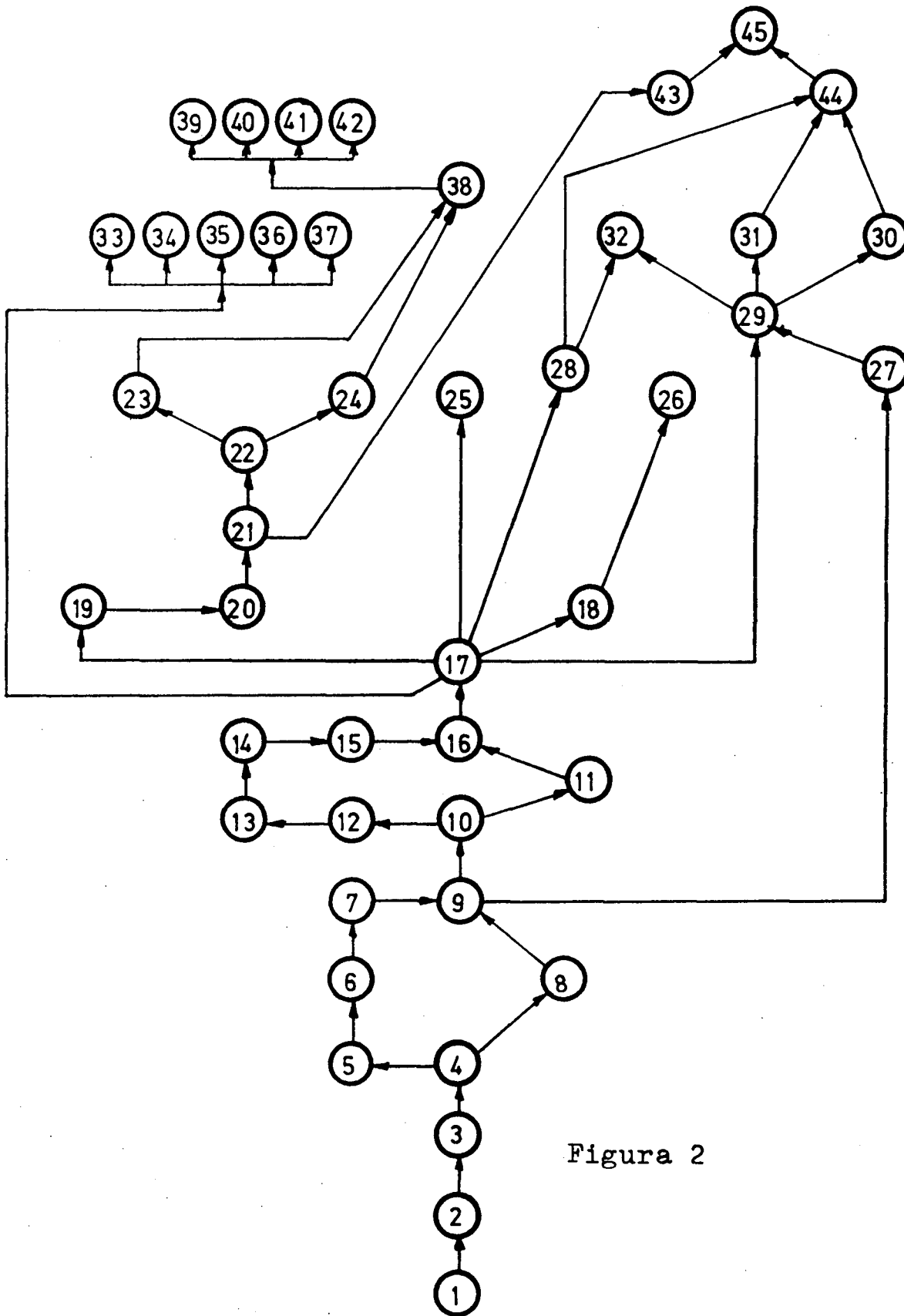


Figura 2

lenguaje gráfico propio de la informática, caracterizado por mostrar paso a paso la serie de instrucciones consecutivas que conducen al logro de los objetivos de aprendizaje deseados. Los cuarenta y cinco elementos de aprendizaje que comporta nuestra unidad temática, los distribuimos en tres bloques: primero) el recorrido principal del programa o proceso central de aprendizaje, segundo) un área de destrezas previas o área de adiestramiento, y un tercero) que encuadra lo que constituyen actividades de enriquecimiento (figuras 3, 4, 5, 6 y 7).

La ventaja de emplear diagramas de flujo de este tipo estriba tanto en el logro de una gran concisión en las instrucciones de aprendizaje, como en permitir la visualización global de todo el algoritmo que se propone. Por otro lado, la utilidad de este tipo de guía de aprendizaje es doble, en el sentido de que no sólo conduce el aprendizaje, sino que, clarificando cada una de las metas a conseguir, facilita la evaluación del proceso, tanto desde el punto de vista del docente como del discente.

Con el fin de facilitar el desarrollo de la unidad temática que nos preocupa, hemos distribuido los elementos de aprendizaje en los siguientes contenidos parciales:

- I. *Concepto de error en las medidas físicas*
- II. *Expresión correcta del resultado de una medida directa*
- III. *Conceptos estadísticos que permiten la adopción de un límite de error*
- IV. *Asignación de un límite de error a una medida indirecta*
- V. *Conceptos de exactitud y precisión*

para los cuales y de acuerdo con la estructura lógica obtenida, proponemos las siguientes secuencias lógicas de enseñanza (figuras 8, 9, 10, 11 y 12).

El organigrama de cada una de las secuencias explicita la ordenación jerárquica y la interrelación de los elementos de aprendizaje correspondientes, todo lo cual proporciona una dimensión integrada del aprendizaje. Una metodología basada en esta línea de trabajo, orienta y guía el proceso de aprendizaje, señala los puntos concretos de evaluación, y permite no sólo la construcción de los adecuados instrumentos de evaluación, sino también la detección de dificultades del aprendizaje⁶.

En suma, el diseño de los organigramas correspondientes a las distintas secuencias de enseñanza, y el desarrollo de una unidad temática en base a ellos, estimamos que: 1) permite la fijación de objetivos, 2) facilita la construcción de instrumentos de evaluación y 3) rentabiliza el proceso de aprendizaje. Y si es importante que al docente le ayuden en la programación, planificación y exposición conceptual, no es menos cierto que al discente le permiten centrar el aprendizaje, proporcionándole un procedimiento lógico de alimentar la información a la mente, facilitándole una visión globalizada del tema objeto de estudio.

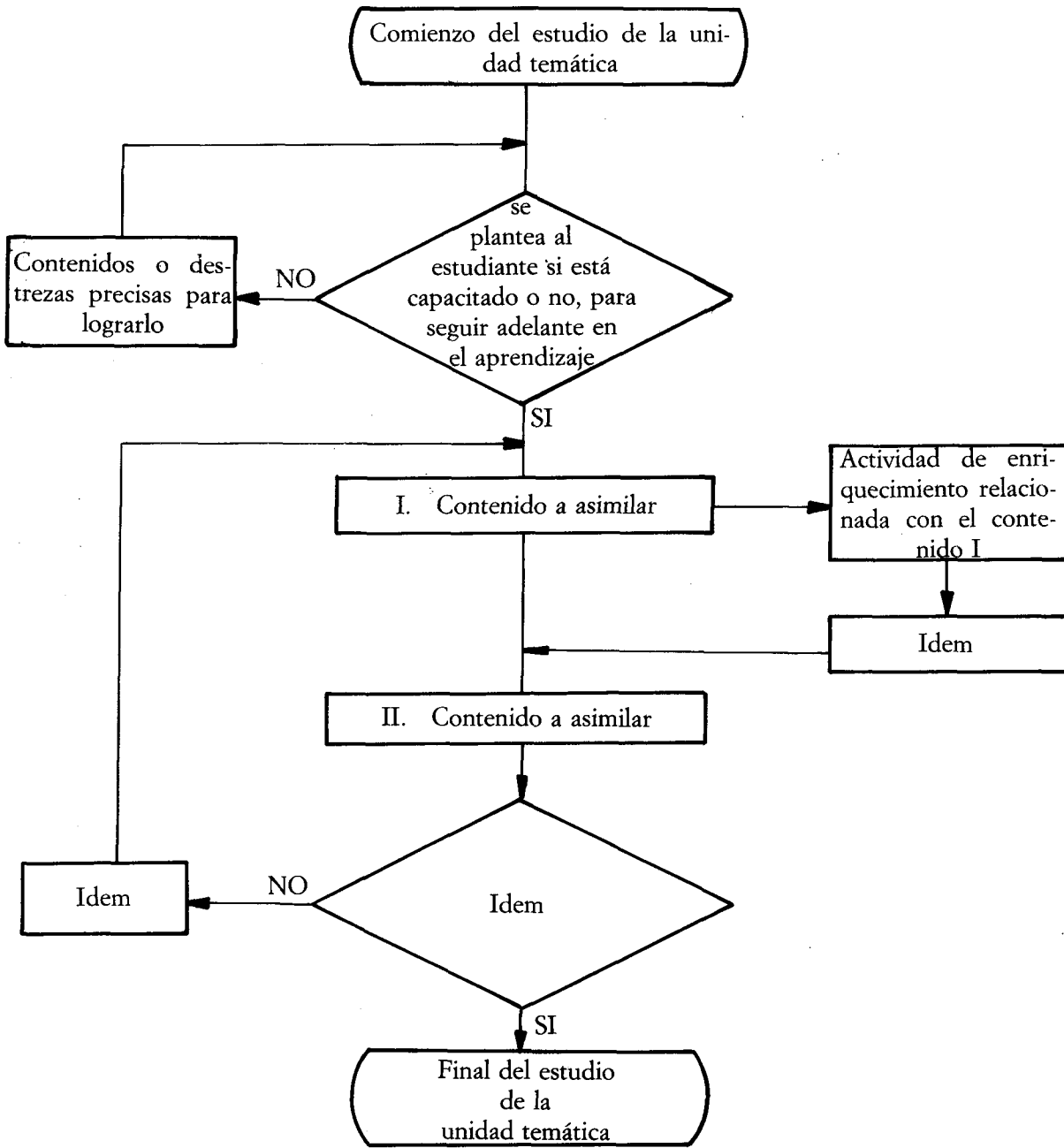
⁶ RODRÍGUEZ GUARNIZO, J.: «Estructuración y evaluación de las dificultades del aprendizaje de cuestiones de metrología de longitudes». Rev. Española de Pedagogía, n.º 151, 1981, (55-73).

SECUENCIA LOGICA DE APRENDIZAJE

AREA DE ADIESTRAMIENTO

PROCESO CENTRAL

ACTIVIDADES DE ENRIQUECIMIENTO



- Comienzo o final de la unidad
- ◇ Cuadrado de decisión
- Bloque de realización

FIGURA 3

LA EXPRESION CORRECTA DE UN RESULTADO EXPERIMENTAL

SECUENCIA LOGICA DE APRENDIZAJE

AREA DE ADIESTRAMIENTO PROCESO CENTRAL ACTIVIDADES DE ENRIQUECIMIENTO

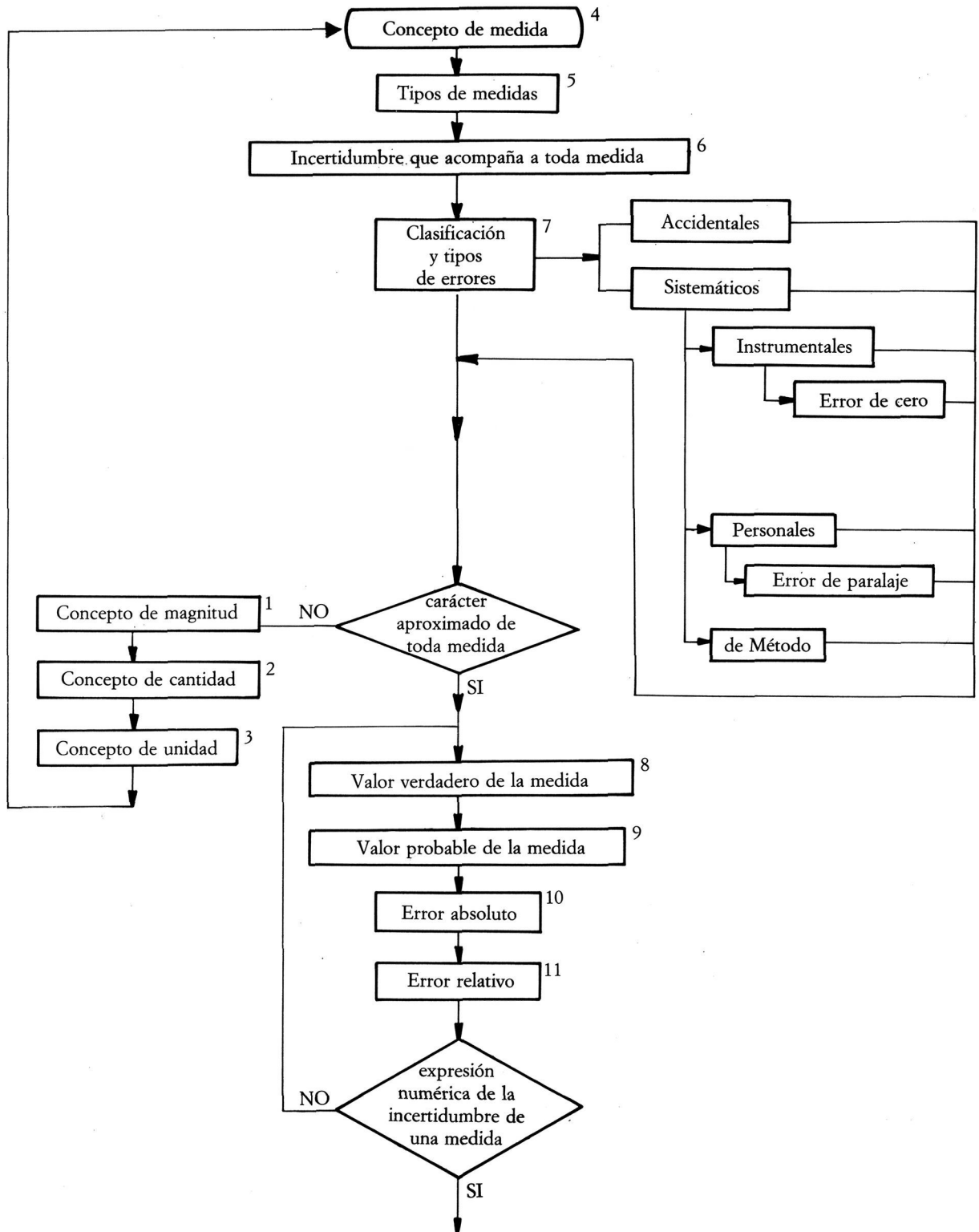


FIGURA 4

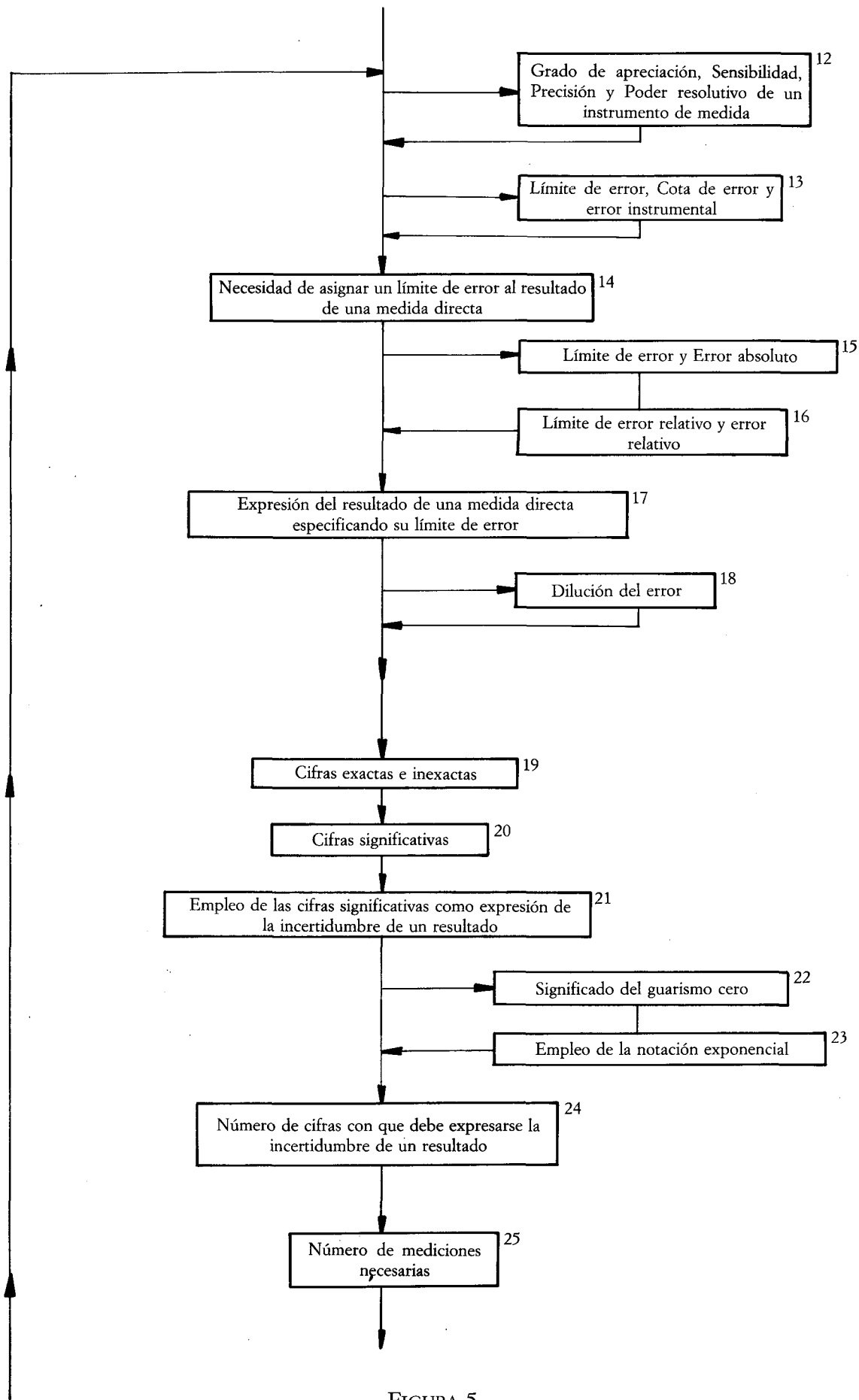


FIGURA 5

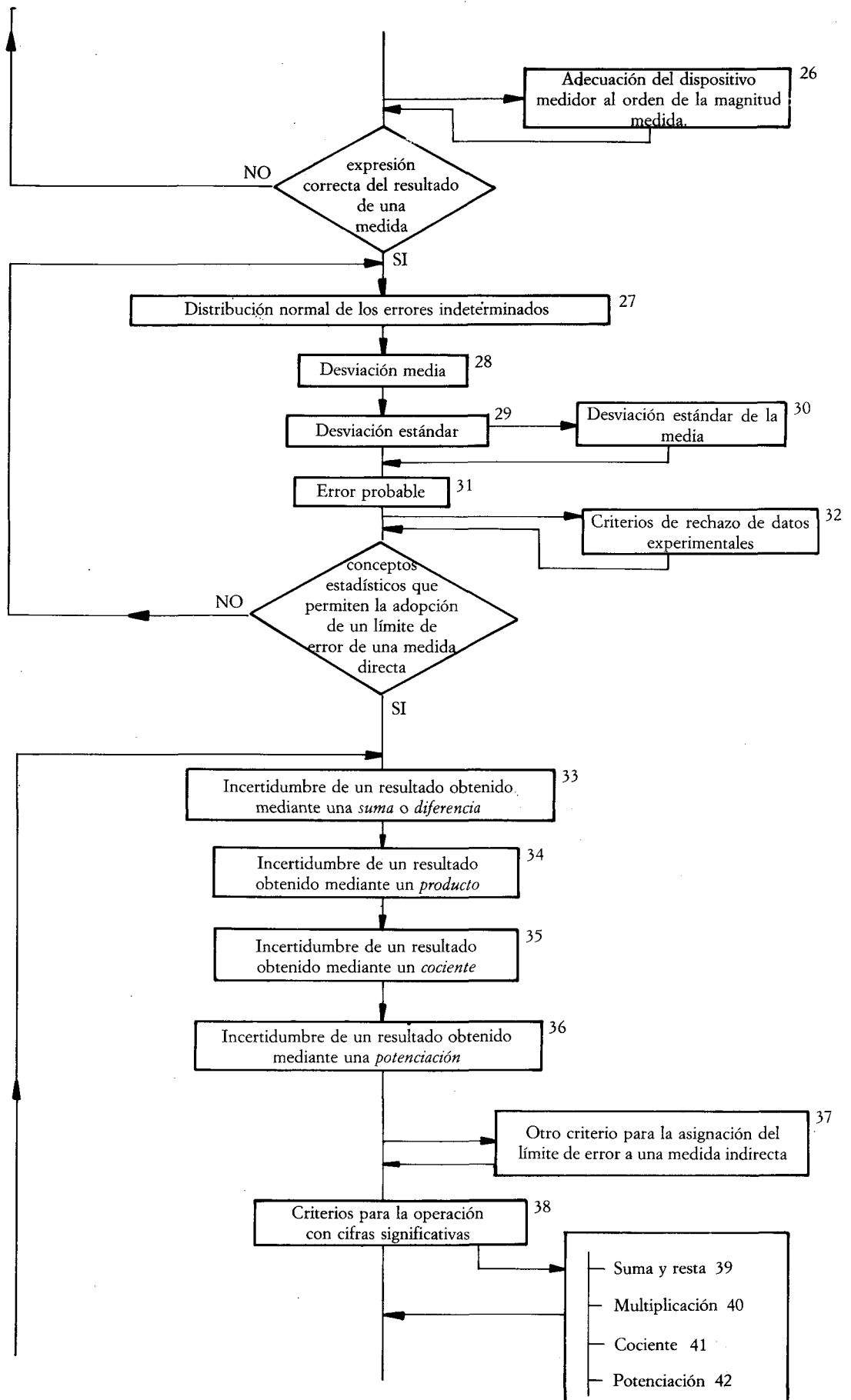


FIGURA 6

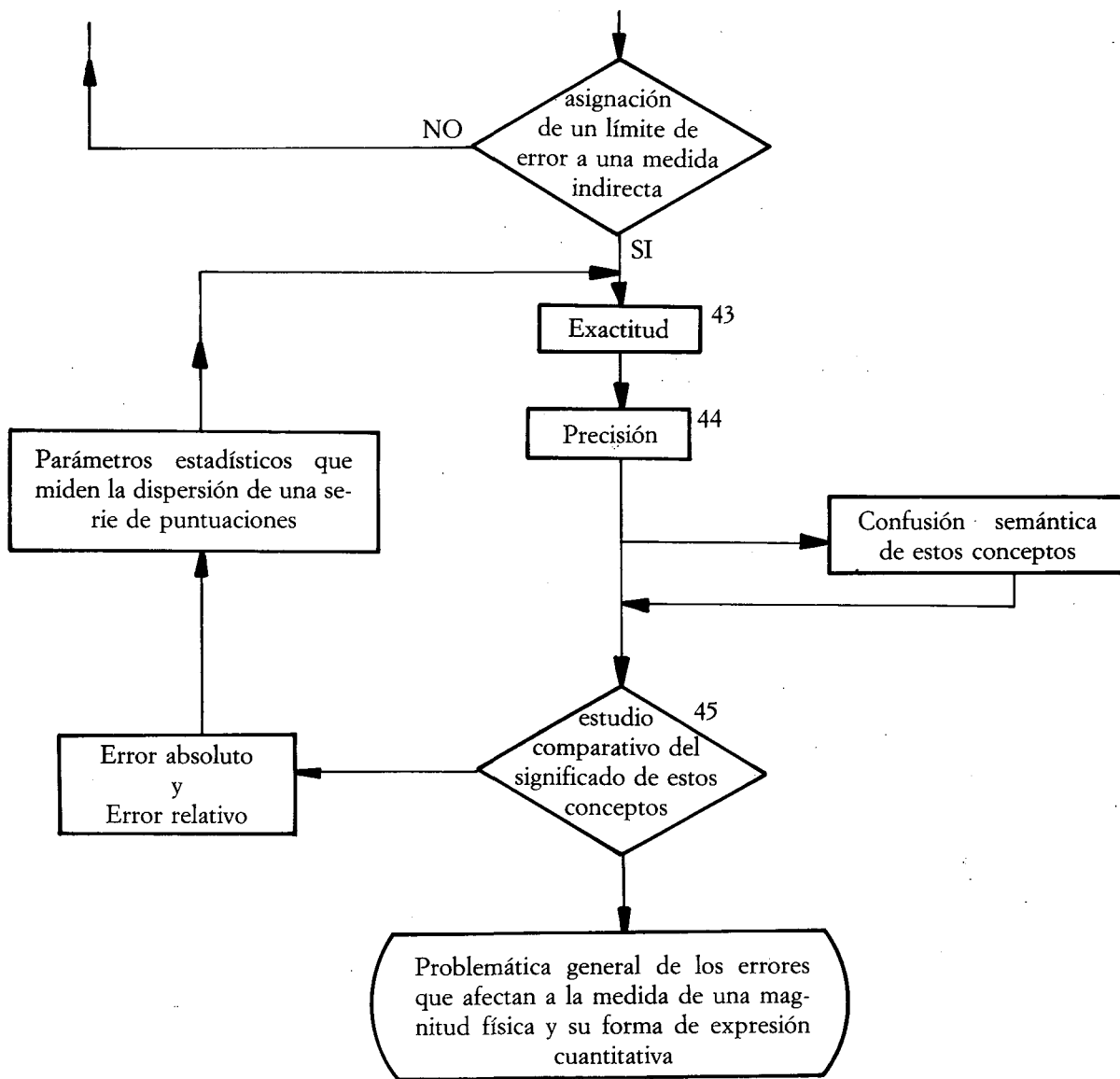


FIGURA 7

CONCEPTO DE ERROR EN LAS MEDIDAS FISICAS

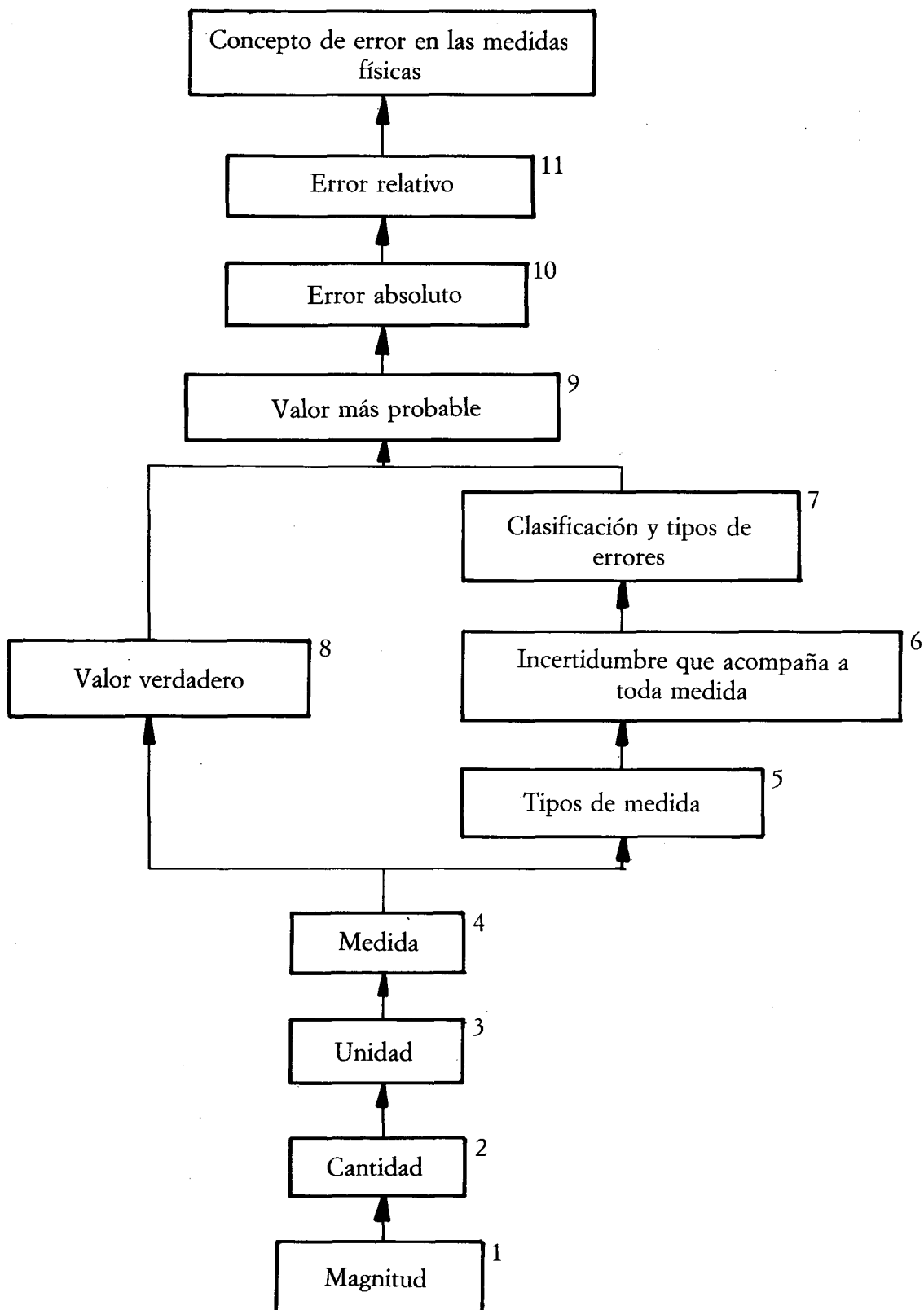


FIGURA 8

EXPRESION CORRECTA DEL RESULTADO DE UNA MEDIDA DIRECTA

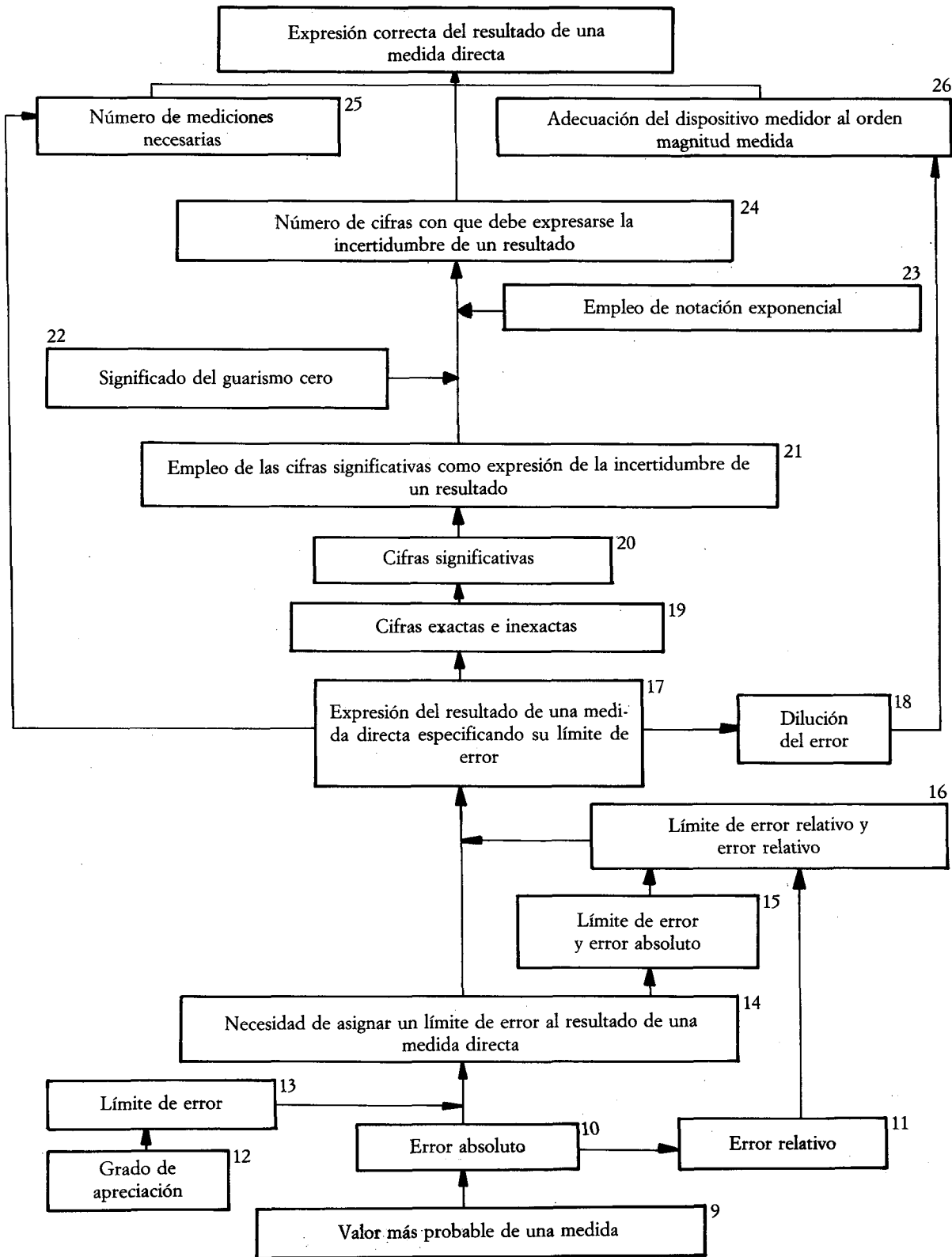


FIGURA 9

CONCEPTOS ESTADÍSTICOS QUE PERMITEN LA ADOPCION DE UN LIMITE DE ERROR

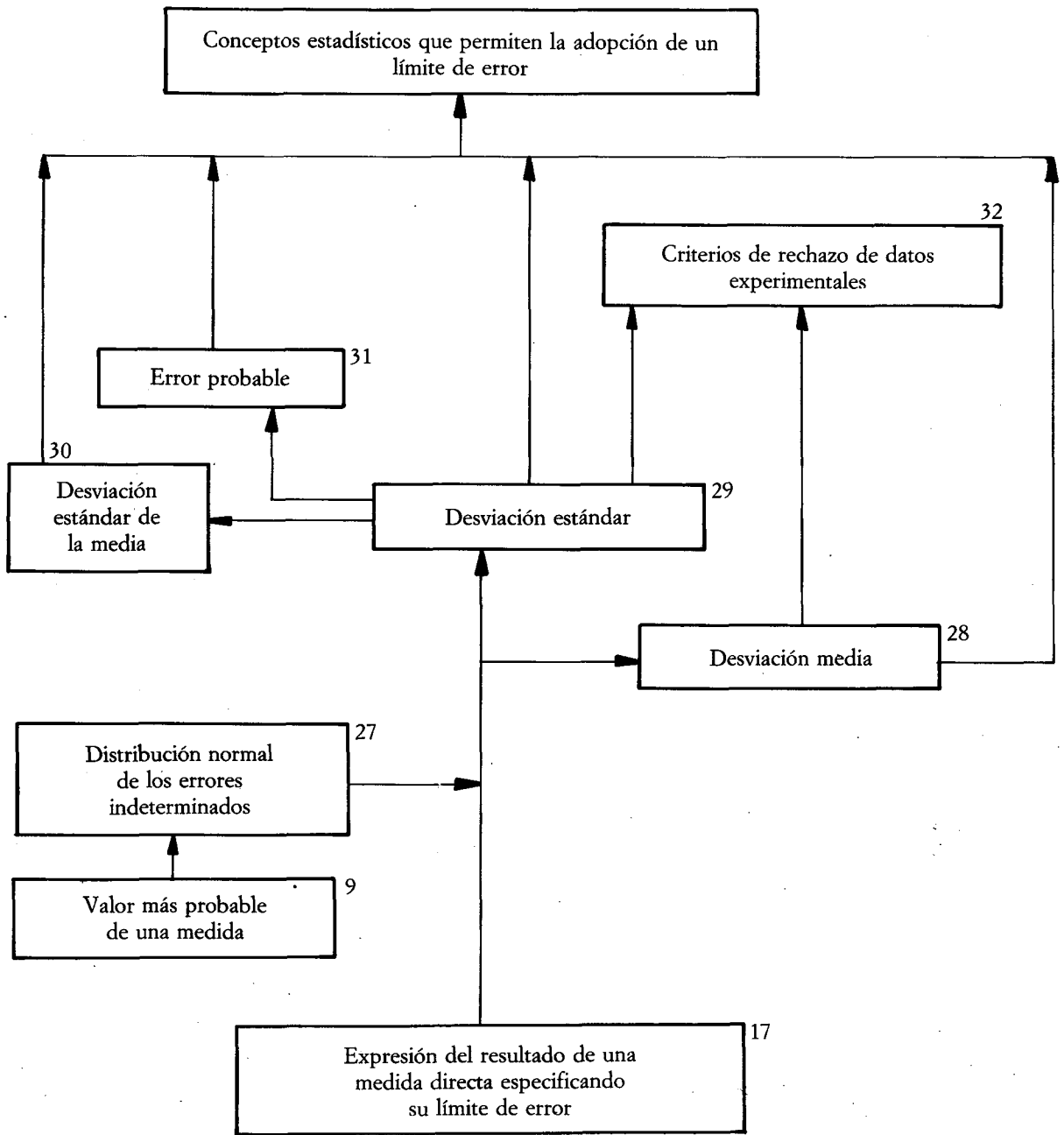


FIGURA 10

ASIGNACION DEL LIMITE DE ERROR A UNA MEDIDA INDIRECTA

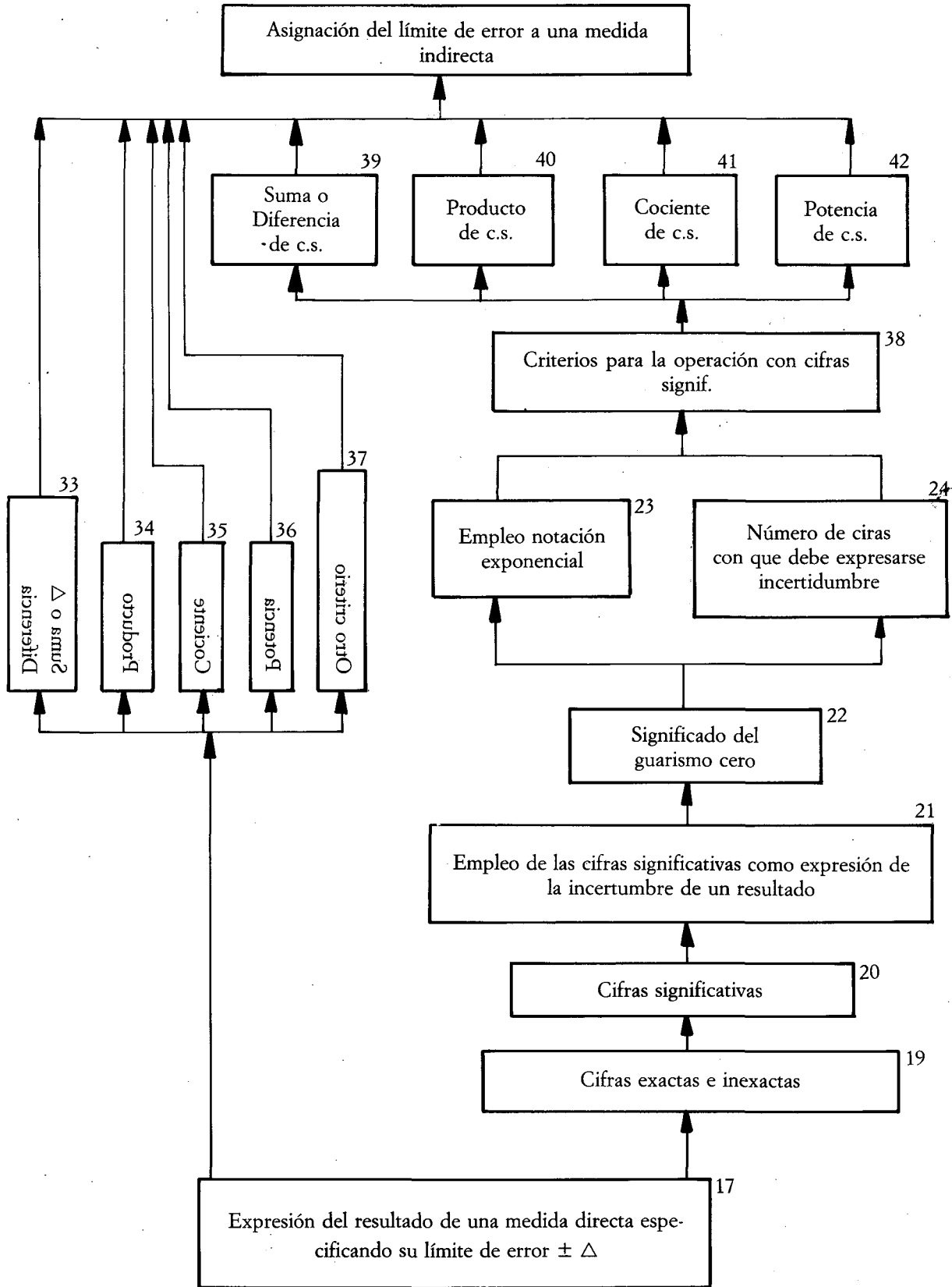


FIGURA 11

CONCEPTOS DE EXACTITUD Y PRECISIÓN

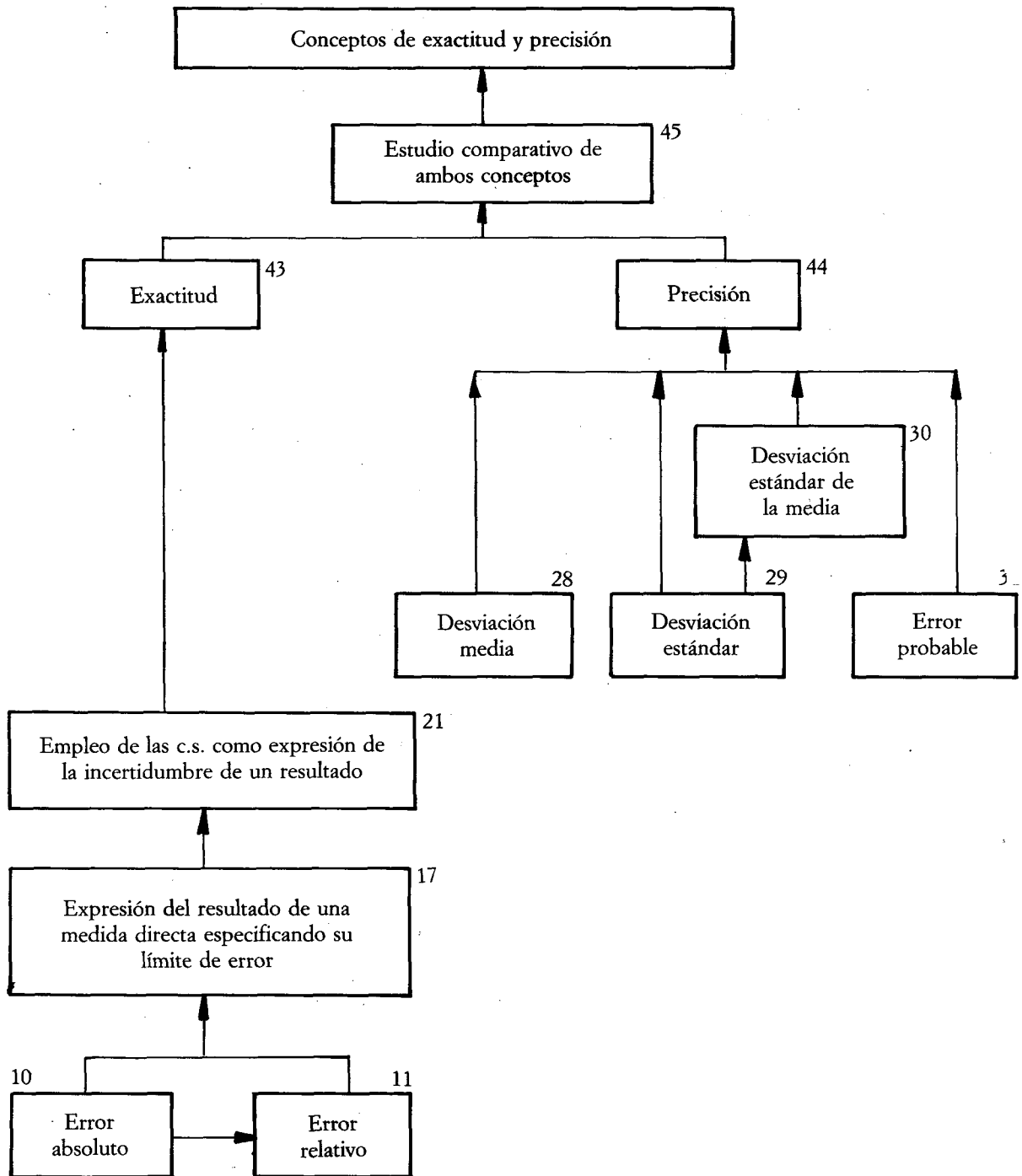


FIGURA 12

Dr. JOAQUÍN RODRÍGUEZ GUARNIZO
 Escuela Universitaria de Profesorado
 TOLEDO

NOTA: Aspectos importantes de este trabajo formaron parte de una comunicación presentada por el autor, al I Congreso de Tecnología Educativa, que organizado por la Sociedad Española de Pedagogía, se celebró en Madrid, en abril de 1983.