



# **L09. Elementos de la Evaluación de Seguridad (III).**

**Organismo Internacional de Energía Atómica**

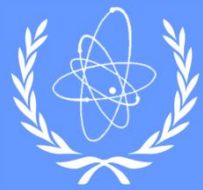


# OBJETIVO

*Identificar los elementos claves en el desarrollo de la evaluación de seguridad:*

- Identificación de modelos y datos necesarios
- Cálculo de dosis
- Evaluación de resultados. Análisis de incertidumbres



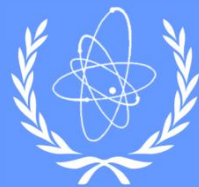


# INTRODUCCIÓN

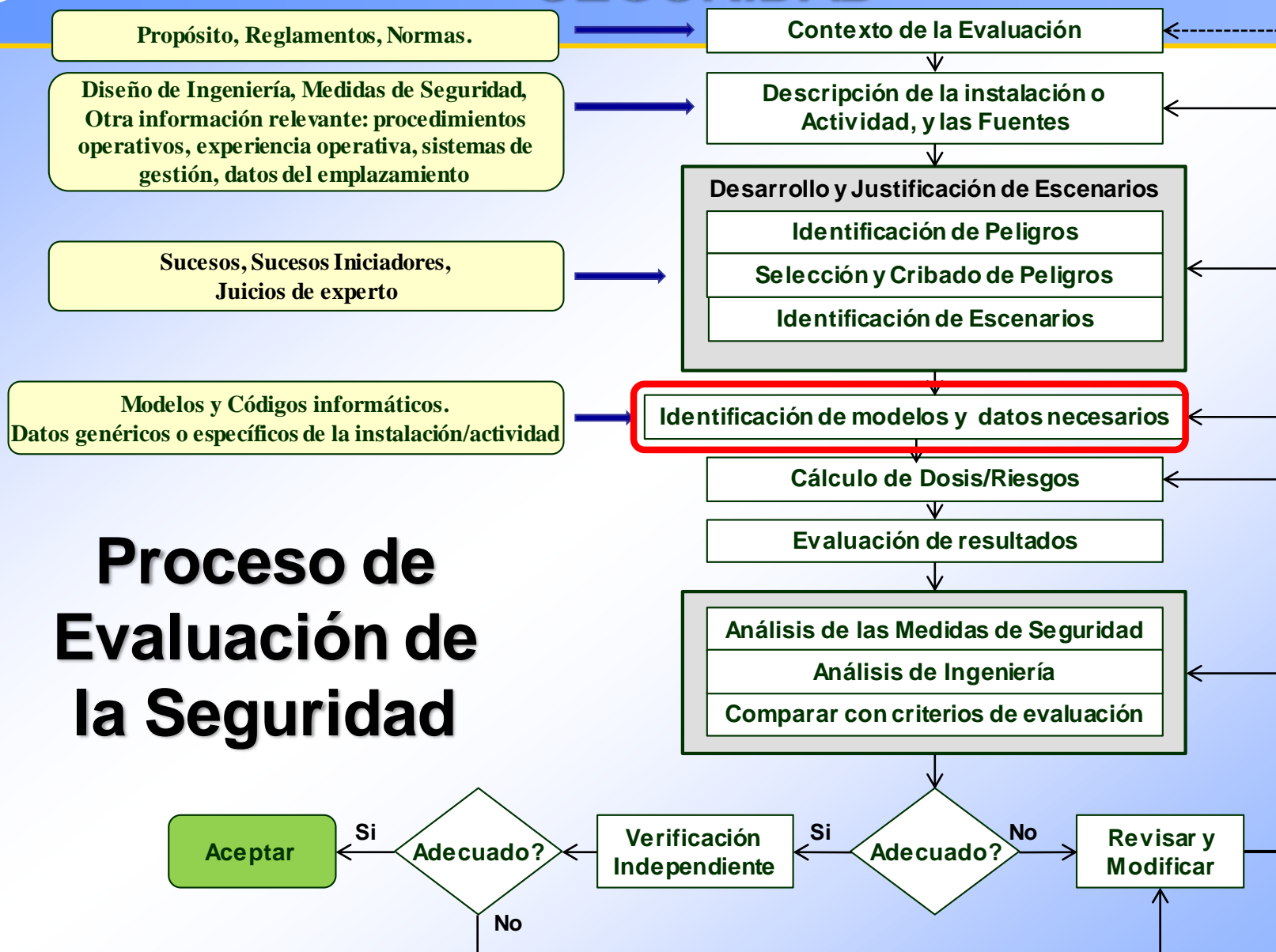
**En las presentaciones anteriores sobre Elementos de la Evaluación de Seguridad, aprendimos acerca de:**

- **¿Por qué hacer la evaluación de seguridad?. Enfoque general. Objetivos de la evaluación de seguridad.**
- **Identificación de algunos de los elementos claves en el desarrollo de la evaluación de seguridad:**
  - *Contexto de evaluación. Los criterios de seguridad y los parámetros.*
  - *Descripción de la instalación o actividad y las fuentes radiactivas.*
  - *Desarrollo y justificación de escenarios.*

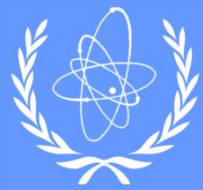
**Ahora continuaremos desarrollando estos temas**



# PROCESO DE EVALUACION DE LA SEGURIDAD



## Proceso de Evaluación de la Seguridad



# FORMULACIÓN Y APLICACIÓN DE MODELOS

- Las evaluaciones correspondientes se llevarán a cabo una vez definidos los escenarios (y antes del cribado). Esto se hace habitualmente utilizando modelos de evaluación.
- Los modelos de evaluación incluyen:

## *Modelos conceptuales*

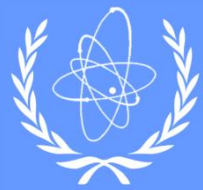
Proporciona una descripción de los componentes del sistema y las interacciones entre ellos. Incluye hipótesis relativas a la geometría del sistema, la química, el comportamiento físico, biológico y mecánico.

## *Modelos matemáticos*

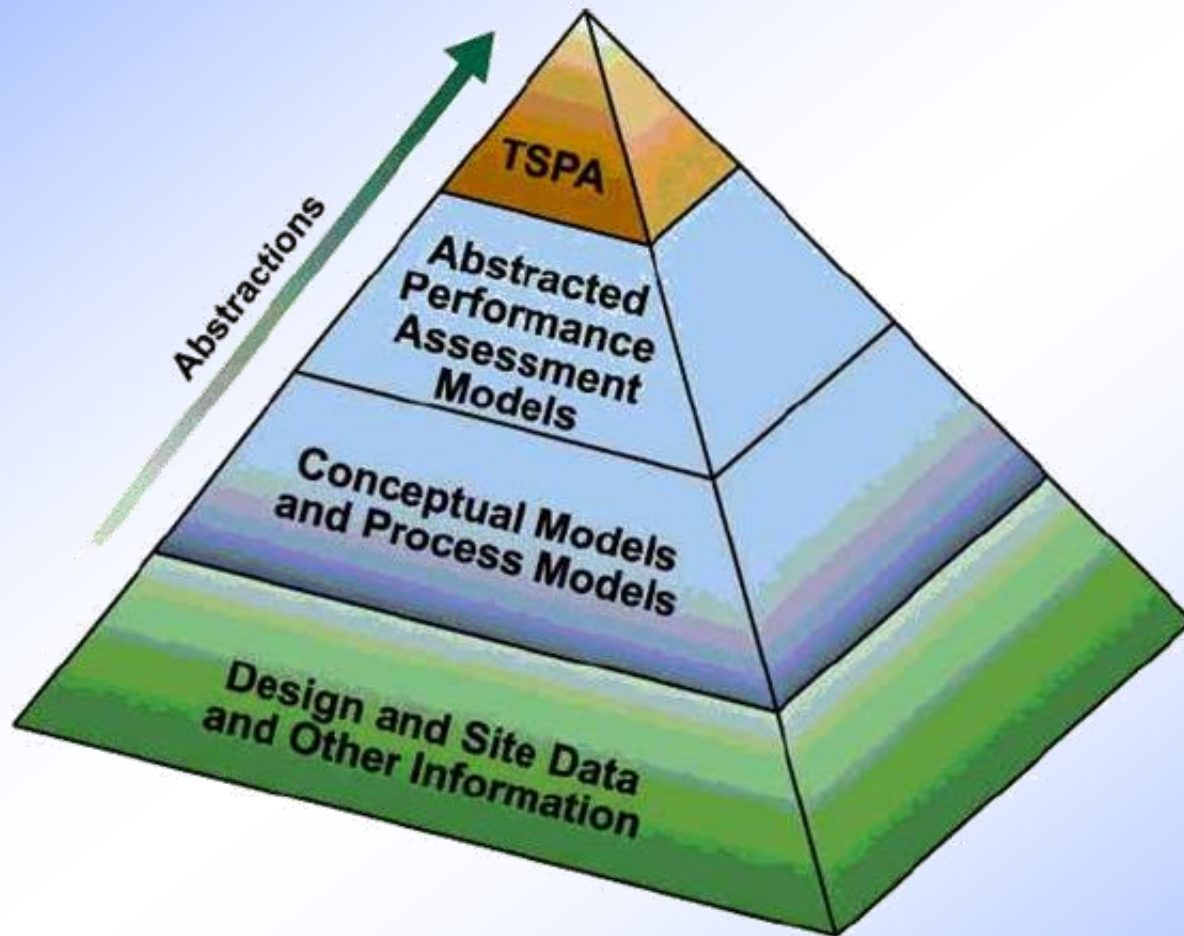
Es la representación del modelo conceptual utilizando ecuaciones matemáticas.

- **Códigos informáticos**

Es la aplicación de software al modelo matemático y facilita la realización de los cálculos.



# SOPORTE PARA LOS MODELOS

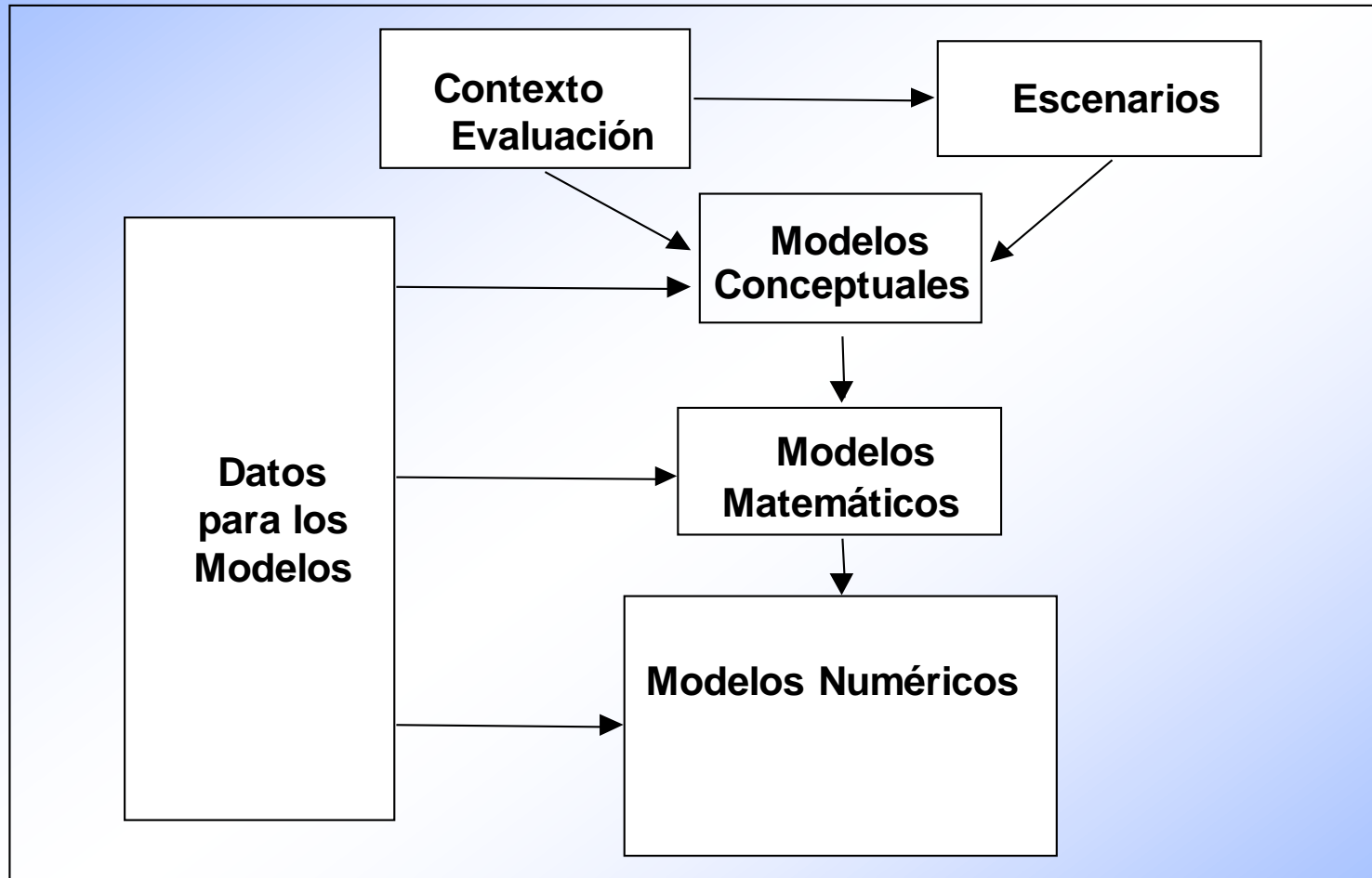


*Need for clarity and transparency*



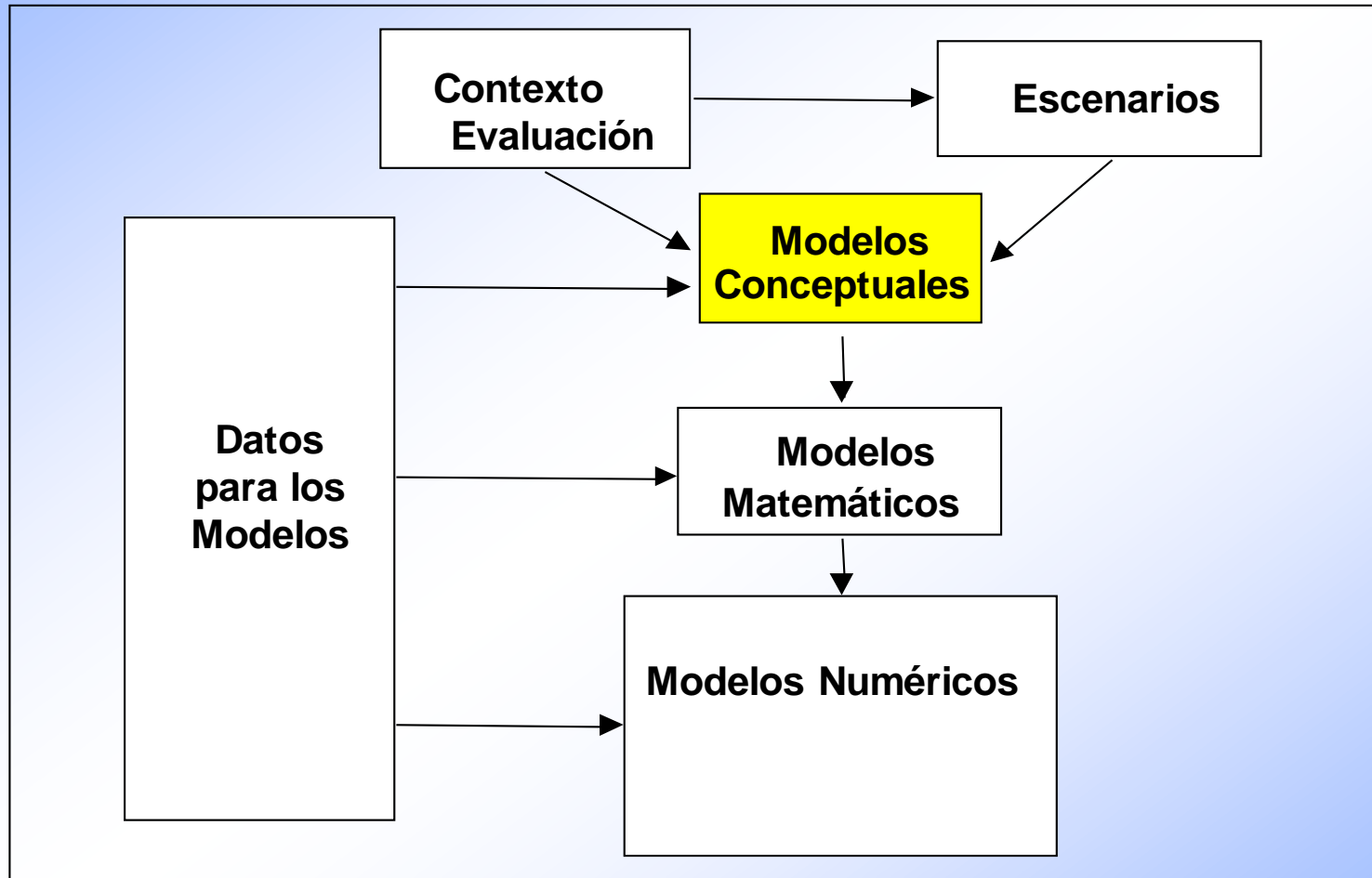


# FORMULACIÓN Y APLICACIÓN DE MODELOS





# FORMULACIÓN Y APLICACIÓN DE MODELOS







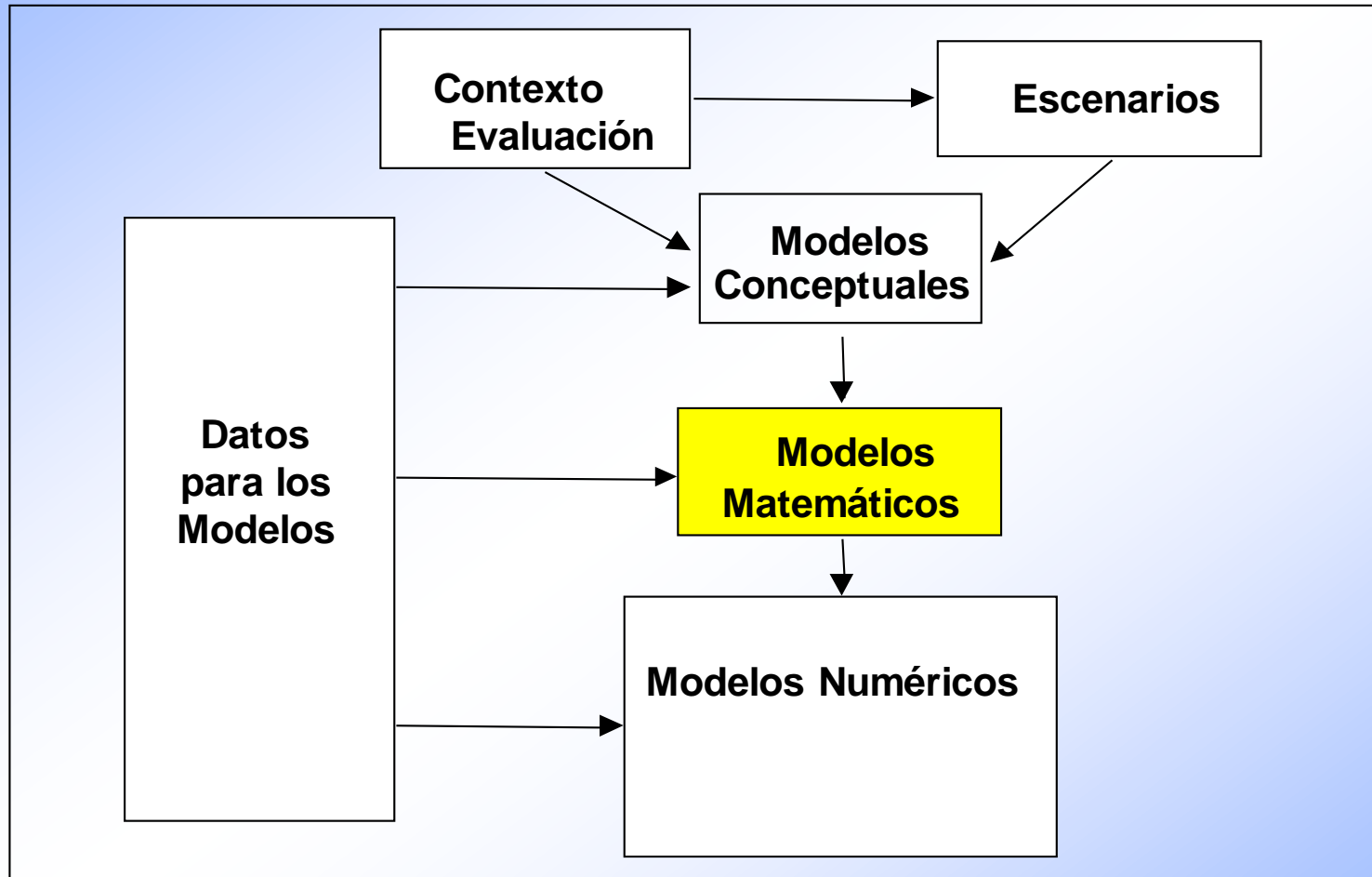
# MODELOS CONCEPTUALES

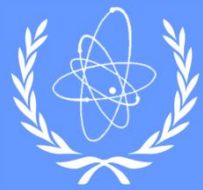
- ✓ Se puede definir como un conjunto de supuestos cualitativos utilizados para describir un sistema o subsistema para un propósito dado.
- ✓ Como mínimo, estos supuestos se refieren a la geometría y la dimensionalidad del sistema, las condiciones iniciales y de contorno, dependencia temporal, y la naturaleza de los procesos físicos y químicos relevantes.
- ✓ En el análisis de evaluación de seguridad, el modelo conceptual consiste en:
  - ✓ *Características, sucesos y procesos (SIP);*
  - ✓ *Las relaciones entre estos SIP;*
  - ✓ *El alcance del modelo de aplicación en términos espaciales y temporales.*

*SIP: Suceso Iniciador Postulado*



# FORMULACIÓN Y APLICACIÓN DE MODELOS





# MODELOS MATEMÁTICOS

**Una vez desarrollados los modelos, es necesario asignar valores a los diferentes parámetros..**

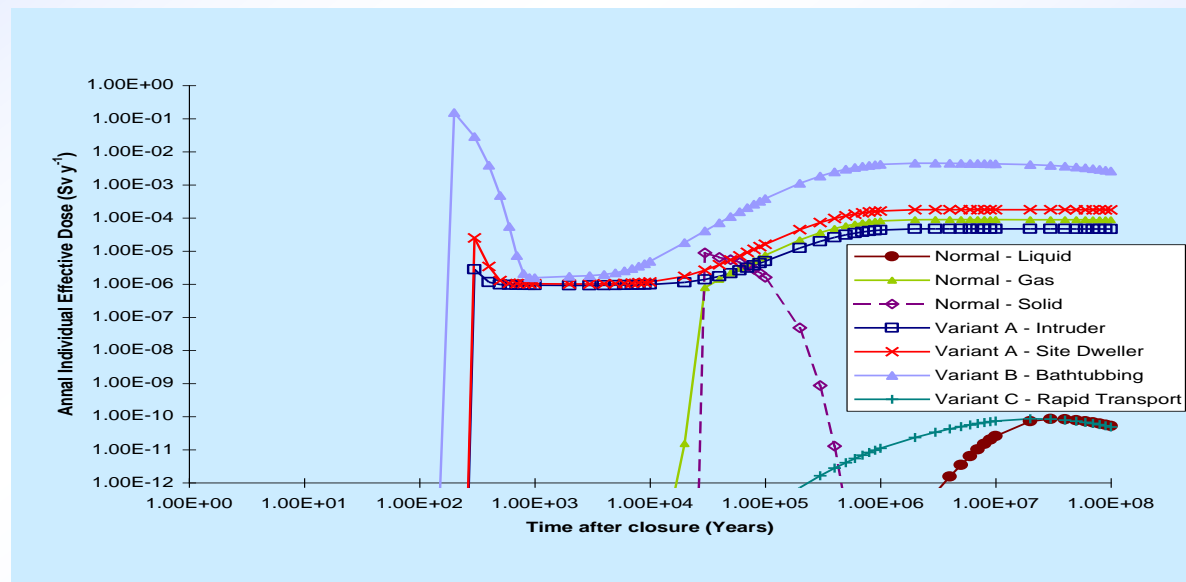
**Durante la parametrización del modelo se debe asegurar que:**

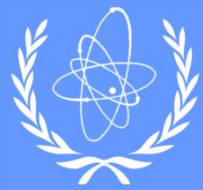
- *Los valores de los parámetros utilizados como entradas de los modelos y códigos utilizados en los cálculos de evaluación están documentados. El proceso de parametrización del modelo debe ser rastreable para los datos de origen;*
- *Se mantendrán registros de cómo se han usado los datos de caracterización específicos del emplazamiento y del sistema para derivar los valores de los parámetros utilizados en los cálculos de evaluación;*
- *Cuando se ha utilizado un enfoque probabilístico en las evaluaciones, se debe proporcionar una justificación de las distribuciones de probabilidad seleccionadas.*



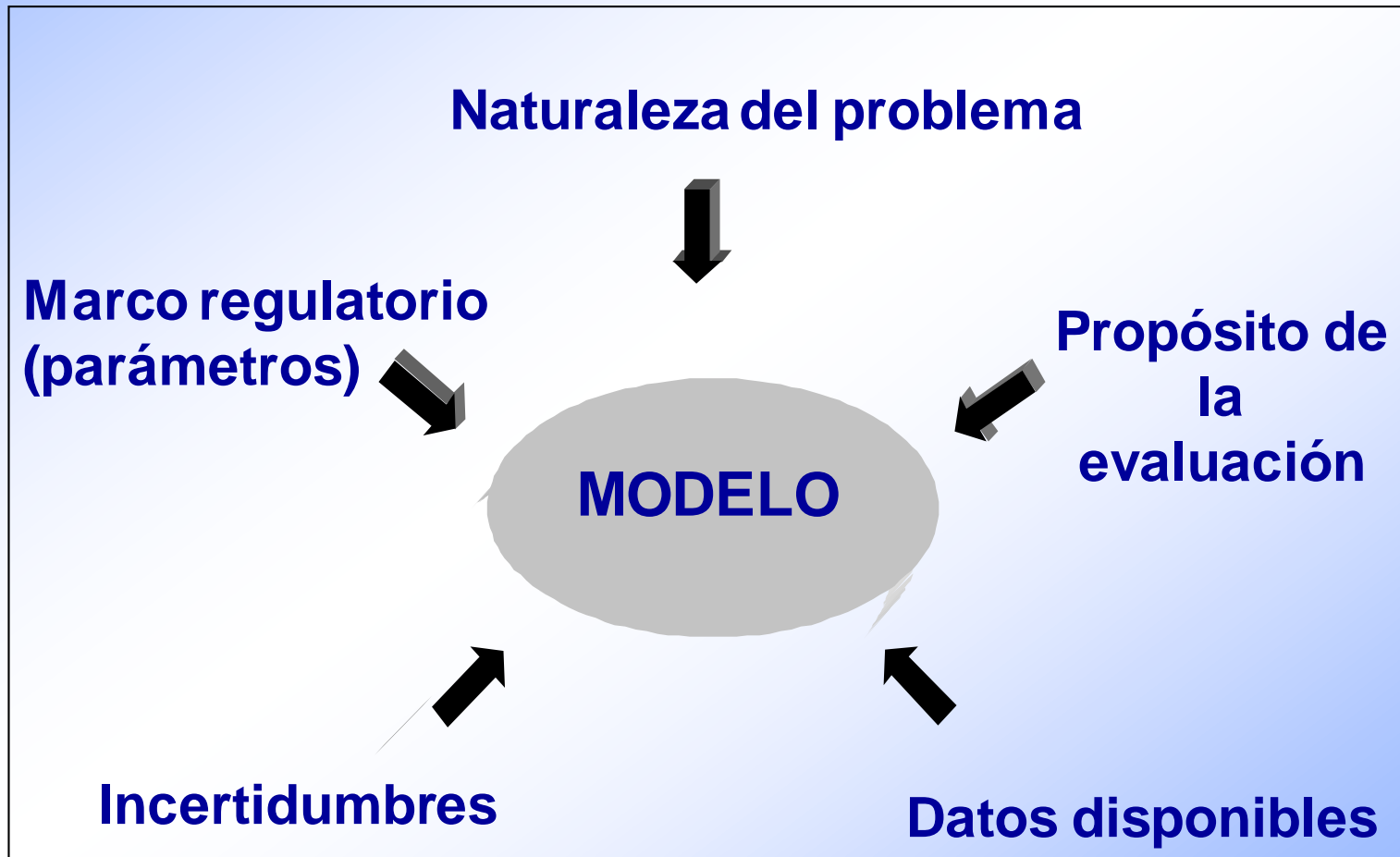
# MODELOS MATEMÁTICOS

- *El modelo matemático representa adecuadamente el modelo conceptual.*
- *Para los modelos matemáticos y códigos informáticos, los ejercicios de verificación y validación se llevan a cabo y se documentan para fomentar la confianza en la idoneidad del modelo para los fines previstos.*



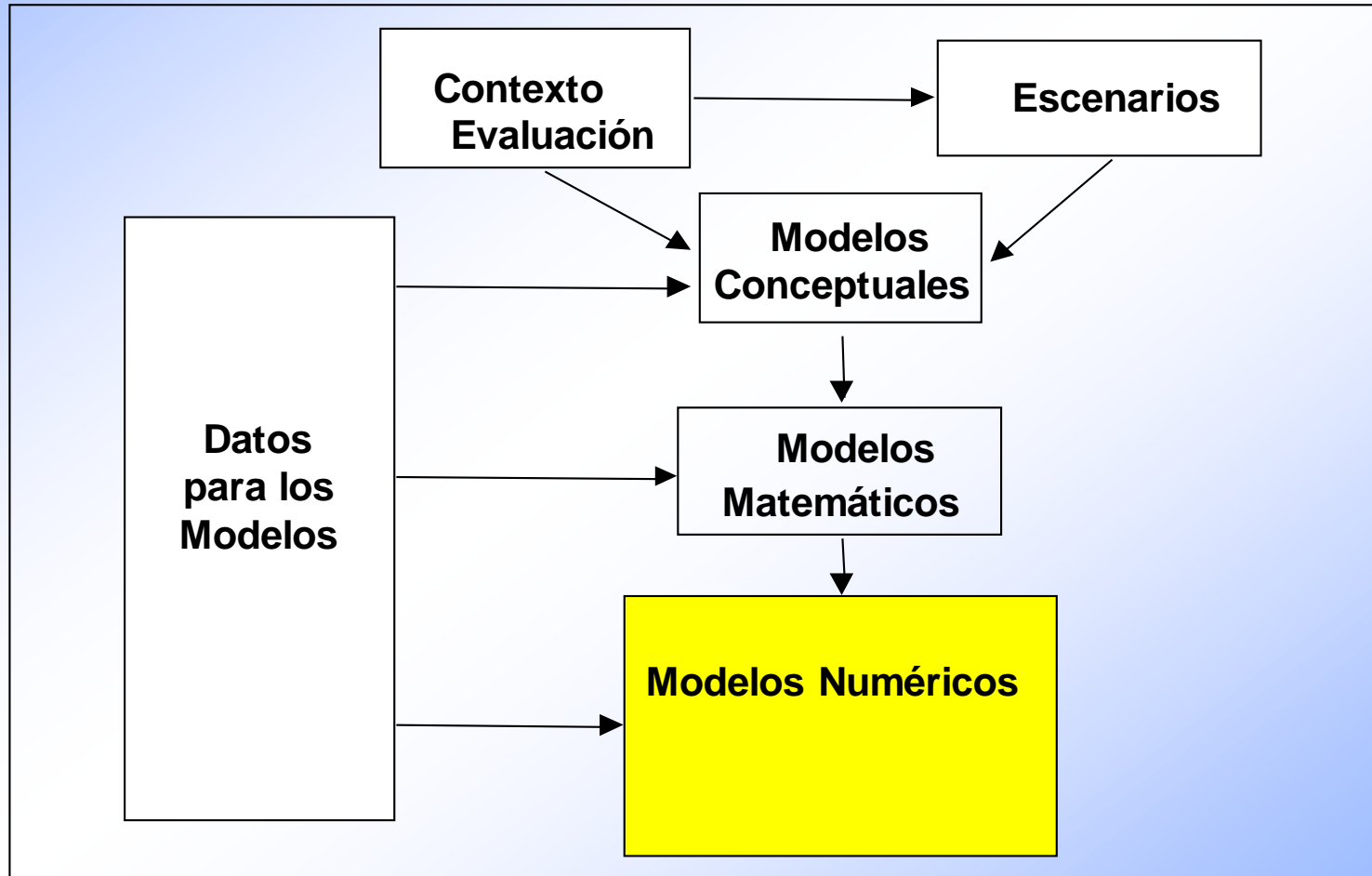


# FACTORES QUE AFECTAN LA COMPLEJIDAD DEL MODELO





# FORMULACIÓN Y APLICACIÓN DE MODELOS







# MODELOS NUMÉRICOS / CÓDIGOS INFORMÁTICOS

## Tipos de códigos

### ✓ Códigos propietarios

*Tienen la ventaja de que los códigos se han desarrollado y comprobado previamente, y tienen una historia de aplicación en una amplia gama de casos.*

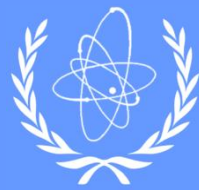
### ✓ Códigos modificados y desarrollados específicamente para la aplicación de los modelos matemáticos seleccionados

*Tienen que ser desarrollados y comprobados. La ventaja es que se adaptan a las necesidades de los problemas específicos que se abordarán.*

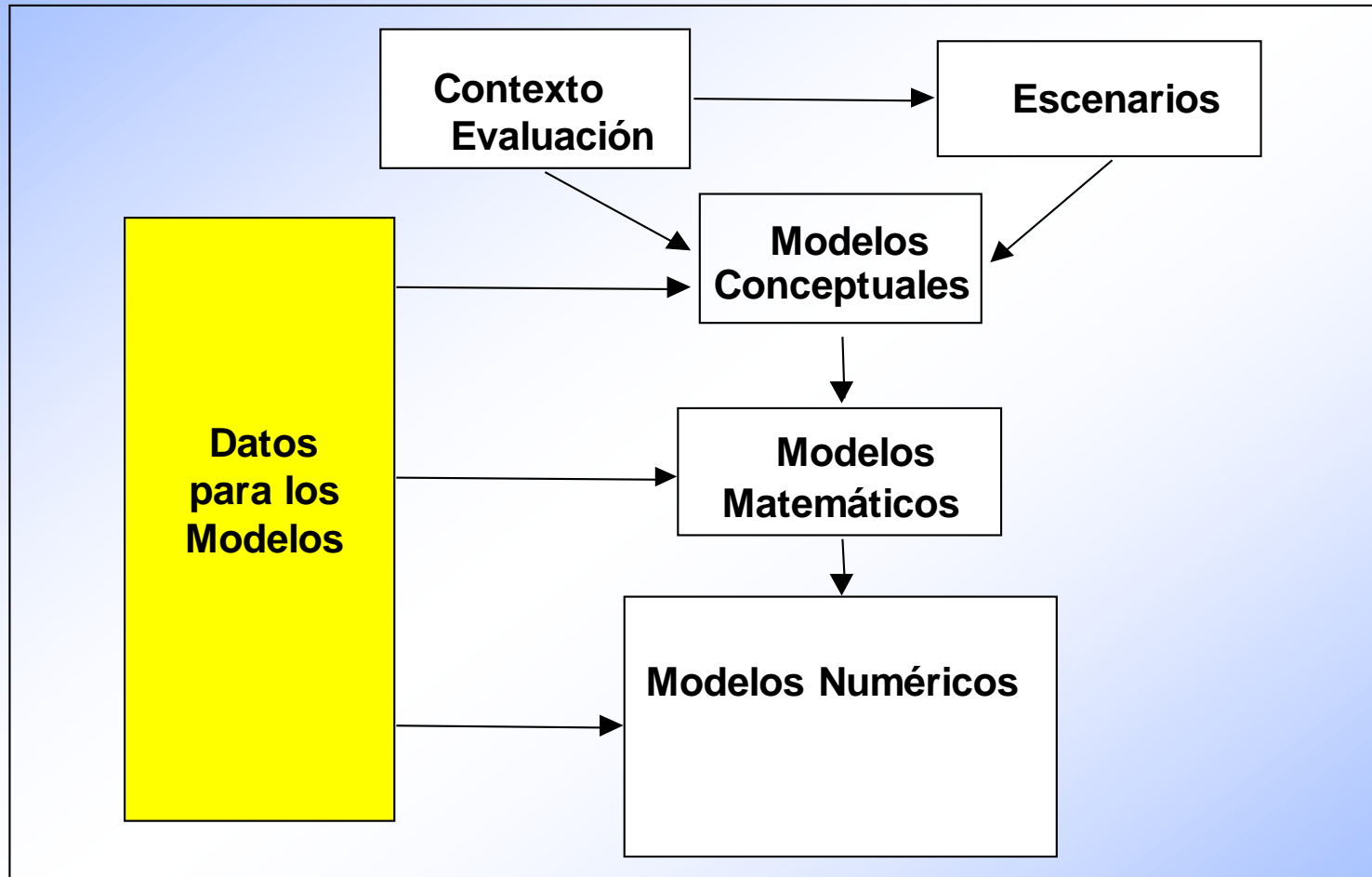
*Aumentan la confianza en los códigos a través de un proceso de verificación, calibración y validación.*

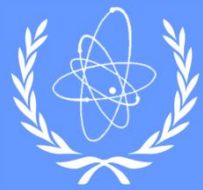
**Pueden utilizarse uno o más códigos, dependiendo de la complejidad de los modelos conceptuales y matemáticos.**





# FORMULACIÓN Y APLICACIÓN DE MODELOS





# REQUISITOS DE LOS DATOS

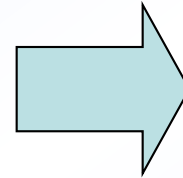
- Los datos son importantes en todas las etapas de desarrollo del modelo.
- Se debe considerar el tratamiento de las incertidumbres asociadas a los valores de los parámetros.
- Si los códigos informáticos se van a utilizar para los cálculos probabilísticos en vez de cálculos deterministas, las distribuciones de parámetros tienen que ser especificadas.
- Los datos necesarios y su significado en el contexto del modelo, deben documentarse para proporcionar una base para el establecimiento de un modelo de bases de datos de los parámetros de entrada.



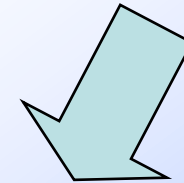


# FUENTES DE DATOS

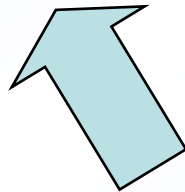
- **Programas de caracterización de fuentes.**
- **Datos de diseño**
- **Búsquedas en la literatura**
- **I & D.**
- **Cálculos independientes.**
- **Obtenidos de Expertos.**

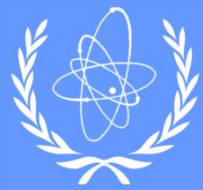


**Evaluación  
de Seguridad**



**Trabajo adicional  
orientado**

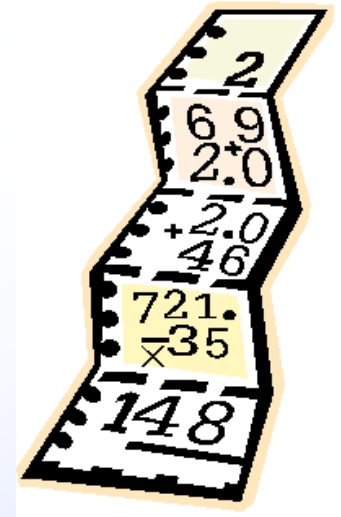




# MODELOS Y DATOS - RESUMEN

**El proceso consta de tres etapas.**

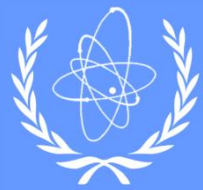
- *Modelos conceptuales;*
- *Modelos matemáticos;*
- *Modelos numéricos / Códigos de cálculo*



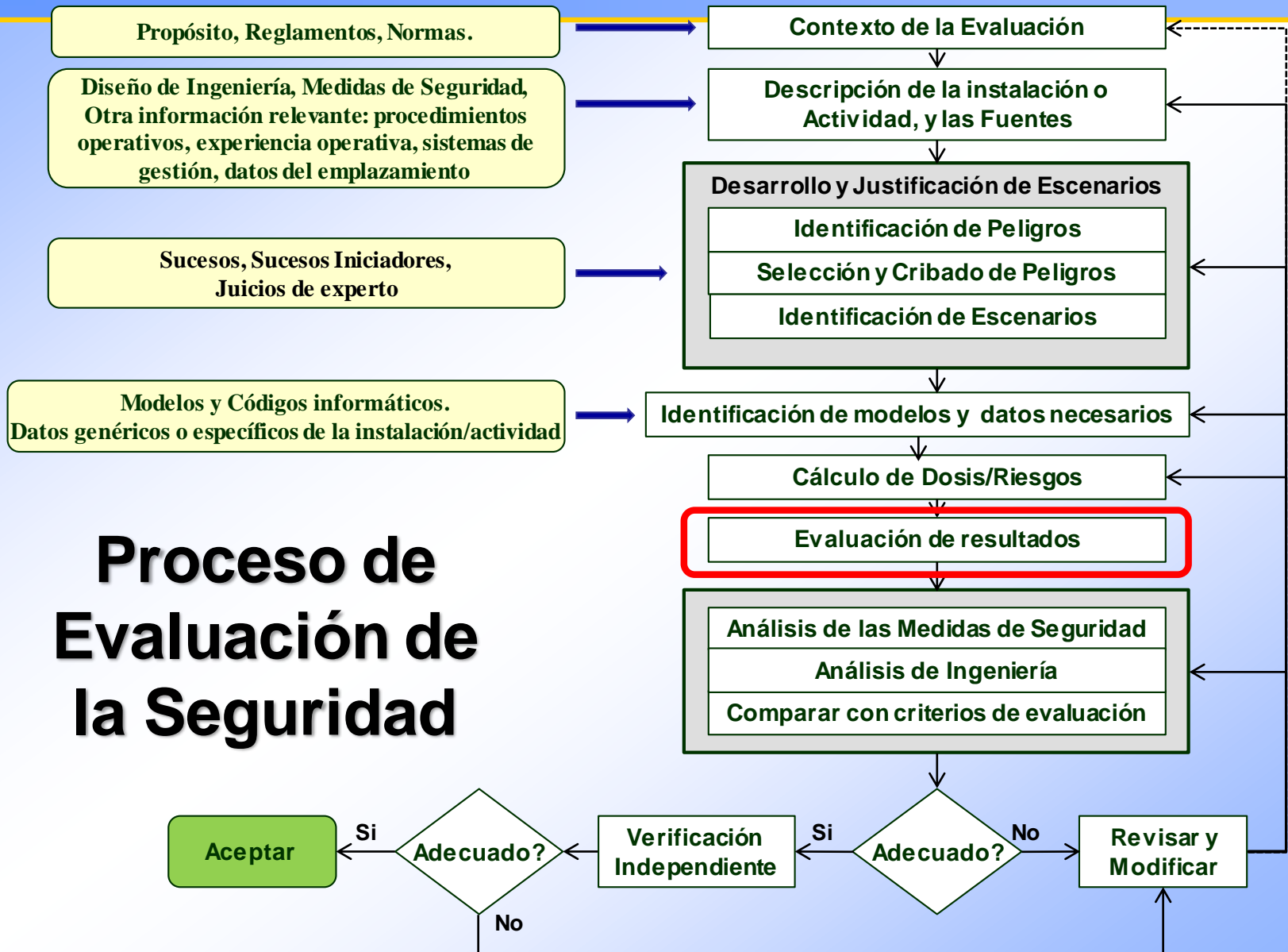
**El nivel de detalle viene determinado por el problema y los datos disponibles.**

**Identificar y cuantificar las incertidumbres.**





# PROCESO DE EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD







# ANÁLISIS DE RESULTADOS

## Interpretación

- Una vez realizado los cálculos, los resultados deben ser cotejados, interpretados y comparados con los criterios de evaluación pertinentes.
- Asegurarse de que se desarrolla una comprensión de los resultados de cada componente del sistema evaluado.
- Los resultados de los cálculos intermedios deben ser analizados, así como los relativos a los parámetros, tales como la dosis y / o riesgo.





# ANÁLISIS DE RESULTADOS

**Realización de cálculos y análisis de sus resultados.**

**Gestión de las incertidumbres**

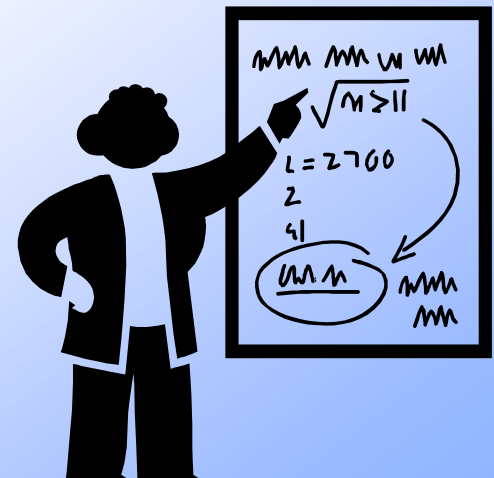
- *Fuentes de incertidumbre: modelo, los datos, los parámetros, los errores humanos, etc.*
- *Análisis de incertidumbre y sensibilidad.*
- *Tratamiento de las incertidumbres.*

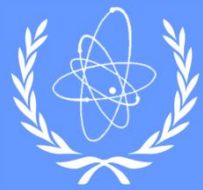
**Análisis de los resultados de la evaluación.**

- *Comparación con los criterios de evaluación.*
- *Identificación de las medidas de seguridad (pasiva, activa).*
- *Análisis de ingeniería.*

**La verificación independiente de los resultados de la evaluación de seguridad.**

**Revisión y modificación de los modelos de evaluación.**

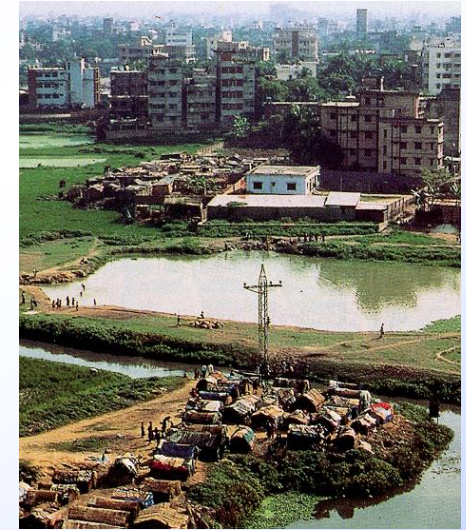




# ANÁLISIS DE RESULTADOS

## Comparaciones:

- Vías de liberación de material radiactivo;
- Concentración vs fondo.
- Frente a las evaluaciones anteriores.





# ANÁLISIS DE RESULTADOS

**Al presentar los resultados de los cálculos de evaluación de seguridad, estos deberán proporcionar suficiente información:**

- *Por ejemplo para la comparación con los objetivos finales de la evaluación y con cualquier alternativa o sub-sistema de criterios de desempeño.*

**Se debe proporcionar orientación sobre el uso de los resultados de la evaluación de seguridad;**

- *Por ejemplo, se debe explicar si los resultados de la evaluación de seguridad (p.ej. Sobre los parámetros) serán comparados directamente con los criterios de regulación (por ejemplo, los objetivos de seguridad) o si éstos se utilizan con fines ilustrativos o de otro tipo.*



# PROCESO DE EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD



## Proceso de Evaluación de la Seguridad





# ANÁLISIS DE RESULTADOS: INCERTIDUMBRES

- En vista de la complejidad de algunas instalaciones y actividades, deben llevarse a cabo esfuerzos durante la evaluación para comprender el significado de las incertidumbres y reducirlas.
- El análisis de las incertidumbres debe ser una parte integral del proceso de cálculo de dosis o riesgos.
- Siempre que sea posible, los resultados reportados deben incluir rangos de posibles valores (indicando lo que representa cada rango) en lugar de valores puntuales.

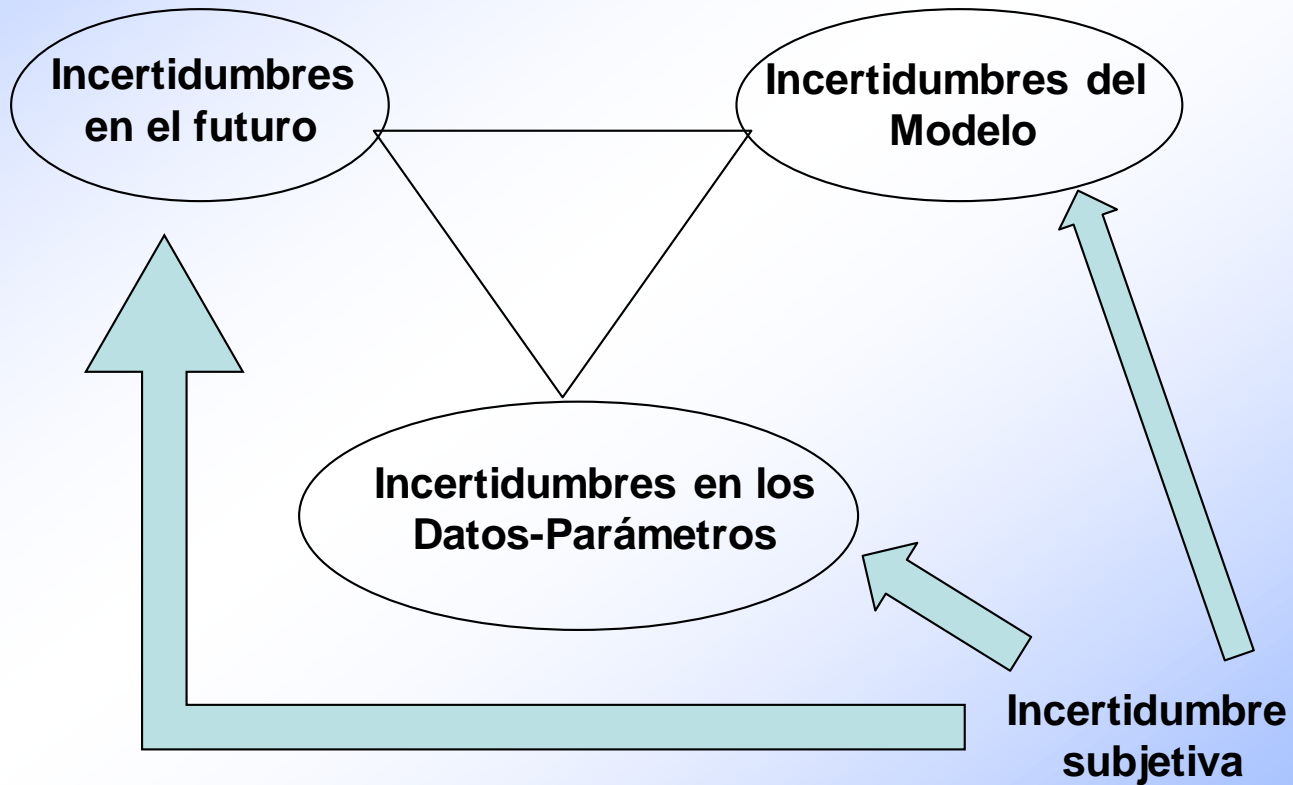
***El análisis de las incertidumbres debe ser adecuado al propósito de la evaluación.***





# ANÁLISIS DE RESULTADOS: INCERTIDUMBRES

Cuando se define una estrategia para el tratamiento de las incertidumbres, es conveniente diferenciar entre:





# ANÁLISIS DE RESULTADOS: INCERTIDUMBRES

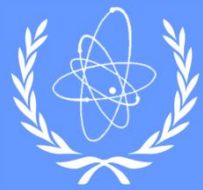
## Incertidumbres en el Modelo

- incertidumbres en el modelo conceptual.
- Incertidumbres en el modelo matemático.
- Incertidumbres en el modelo numérico.

Las incertidumbres de los modelos pueden surgir de un conocimiento imperfecto de los procesos, lo que conduce a los modelos conceptuales imperfectos.

La representación matemática de los modelos conceptuales puede ser aproximada o sobre-simplificada, contribuyendo a las incertidumbres del modelo.

La imprecisión en la solución numérica de los modelos matemáticos es otra fuente de esta categoría de incertidumbres.



# ANÁLISIS DE RESULTADOS: INCERTIDUMBRES

## Incertidumbres de los datos/parámetros

- Se refiere a las incertidumbres en los valores de los parámetros utilizados.
- En esta categoría se incluyen a menudo incertidumbres en:
  - *Características de las fuentes.*
  - *Características del proceso*
  - *Procedimientos de medición: procedimientos de medición de exención / descarga;*
  - *Características del receptor : tiempo de exposición.*

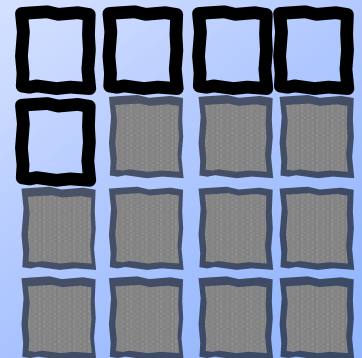


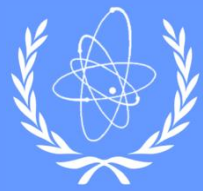


# ANÁLISIS DE RESULTADOS: INCERTIDUMBRES

## Incertidumbres de futuro

- *Las incertidumbres de futuro se asocian con la evolución de la instalación o actividad, en los periodos de tiempo de interés para la evaluación.*
- *Algunos ejemplos son eventos estocásticos, tales como terremotos, el cambio climático (que pueden afectar tanto a la hidrogeología y a la biosfera) y la intrusión humana.*
- *Estas incertidumbres se abordan generalmente mediante el uso de escenarios.*



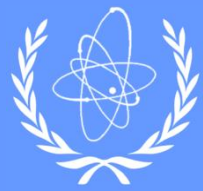


# ANÁLISIS DE RESULTADOS: INCERTIDUMBRES

- Para cada escenario específico es necesario hacer frente a las incertidumbres en los modelos y valores de los parámetros utilizados.
- Un método que se usa para tratar las incertidumbres del modelo es realizar inter-comparaciones entre modelos alternativos, y en algunos casos también entre las predicciones del modelo y las observaciones empíricas.







# ANÁLISIS DE RESULTADOS: INCERTIDUMBRES

- La sensibilidad y/o los análisis de incertidumbres puede demostrar que una incertidumbre dada no es significativa para la seguridad.
  - *El estudio de sensibilidad puede mostrar que los modelos no son sensibles a algunos parámetros, incluso cuando varíen en todo el rango de posibles valores.*
  - *El análisis de incertidumbre puede mostrar que algunos parámetros, pueden tener una pequeña contribución a la incertidumbre general de las predicciones del modelo.*







# ANÁLISIS DE RESULTADOS: INCERTIDUMBRES

El enfoque diferenciado de la evaluación de seguridad se aplica igualmente al tratamiento de las incertidumbres.

Por ejemplo, un método que se usa para el tratamiento de incertidumbres es:

- *utilizar suposiciones conservadoras al simplificar los modelos. (cauteloso)*
- *asignar valores conservadores para los parámetros del modelo.*

Este enfoque tiene varias ventajas, en particular para la demostración del cumplimiento de los criterios normativos.



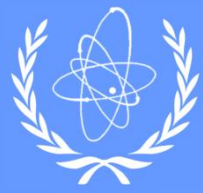


# ANÁLISIS DE RESULTADOS: INCERTIDUMBRES

Sin embargo, se debe tener en cuenta que:

- *En algunos casos las suposiciones conservadoras pueden conducir a evaluaciones que representan situaciones que son extremadamente poco realistas, por lo tanto, difíciles de interpretar y comunicar;*
- *Cuando los valores conservadores se asignan a varios parámetros, los resultados de los cálculos pueden ser más conservadores debido a la ampliación de los errores, y pueden proporcionar una base pobre para la toma de decisiones.*
- *Una suposición que es conservadora en un escenario, o para un radionúclido, puede no serlo para otro escenario.*

El conservadurismo de las suposiciones deberá justificarse en función de su impacto en los puntos finales de evaluación.



***GRACIAS***