

---

---

## RAZONAMIENTO BASADO EN CASOS (RBC)

Yadira Kiquey Ortiz Chow<sup>1</sup>, Pedro Bañuelos Aguilar<sup>1</sup>, Jorge Rodas-Osollo<sup>2</sup>

### Resumen

En la vida cotidiana se presentan problemas que son resueltos en base a la experiencia obtenida de resolver problemas semejantes. El razonamiento basado en casos permite solucionar problemas tomando como base soluciones a problemas resueltos con anterioridad. El presente estudio reseña la utilización del razonamiento basado en casos para reducir el tiempo que invierte la compañía Flutec, S.A de C.V. en generar presupuestos de sus proyectos de diseño y desarrollo de unidades de enfriamiento. Los resultados obtenidos permiten inferir que se cumplieron las expectativas de la empresa.

**Palabras clave:** Procesos, Problemas, Soluciones

### Introducción

El Razonamiento Basado en Casos (RBC o CBR por sus siglas en inglés *Case-based reasoning*) es un paradigma de resolución de problemas inspirado en el razonamiento humano y el uso de la memoria.

El RBC propone solucionar problemas nuevos tomando como base o referencia los problemas resueltos con anterioridad (a esto se le conoce como experiencia o conocimiento del experto). Esto se puede observar muy a menudo en el ámbito de la medicina, en la aplicación de las leyes y por lo general son utilizados en situaciones donde se toman decisiones. Además, es más sencillo explicar el problema y la solución que se le dio al

problema en su momento. La manera de aprender del ser humano es incremental y en base a situaciones vividas, aunque en la gran mayoría de las situaciones el ser humano realiza su aprendizaje de manera inconsciente. Las características del aprendizaje incremental y basado en situaciones se adaptan muy bien al RBC.

A pesar de que es común en el ser humano utilizar su experiencia pasada para resolver un problema, hay características que nos ayudan a determinar si utilizar el RBC en un dominio es lo más apropiado, estas son:

- El dominio no tiene un modelo esencial.
- Hay excepciones y casos nuevos.

---

<sup>1</sup> Alumno de la Maestría en Computo Aplicado. IIT, UACJ.

<sup>2</sup> Profesor investigador. IIT, UACJ.

- Los casos se repiten con frecuencia
- Se obtiene un beneficio significativo en la adaptación de las soluciones pasadas.
- Se pueden obtener casos previos.

Las ventajas que nos trae el utilizar RBC en un dominio son:

- Reduce las tareas correspondientes a la adquisición de conocimiento.
- Evita repetir los errores que se realizaron en el pasado.
- Provee flexibilidad en el modelado del conocimiento.
- Razonamiento en dominios que no han sido completamente entendido, definidos o modelados
- Se pueden realizar predicciones de éxito de las soluciones propuestas
- Aprender con el transcurso del tiempo
- Razonamiento en un dominio con un conocimiento pequeño
- Razonamiento con datos o conceptos incompletos o imprecisos
- Evitar repetir todos los pasos que se necesitan para llegar a una solución.
- Provee medios de explicación

- Puede ser usado en diferentes formas
- Puede ser usado en un amplio rango de dominios
- Refleja el razonamiento humano

Las desventajas de utilizar el RBC son:

- El tamaño de la base de casos va en aumento y eso implica que se tenga que agregar mantenimiento para la base de casos y que este siga siendo útil para la solución de problemas.
- Para emplear este paradigma de Inteligencia Artificial hay que analizar si en el dominio que se desea emplear cumple con las características que nos indica.

### Ciclo de vida del RBC

El ciclo de vida del RBC abarca cuatro partes: recuperar, reutilizar, revisar y retener, estas partes se tienen que cumplir desde que inicia con un problema hasta que se tiene la solución del mismo. A este ciclo también se le conoce como las 4 erres. Gráficamente este ciclo se muestra en la figura 1.

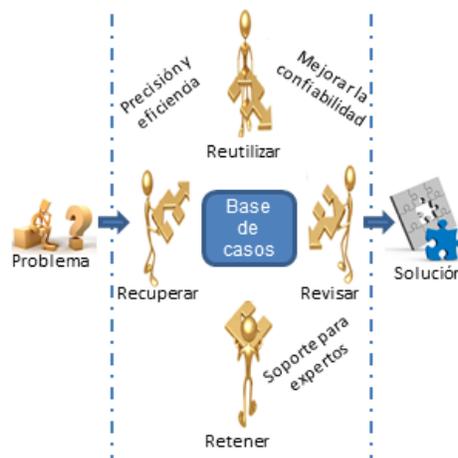


Figura 1. Ciclo de vida del RBC

Las partes que abarcan el ciclo del RBC dependen de la base de casos o librería de casos, ya que en esta se encuentran almacenados los casos previos que contienen información valiosa para que el RBC tenga éxito. Hay que recordar que los casos son problemas que tienen una solución, para eso es necesario obtener una representación de los casos para que estos sean almacenados en la base de casos, ya que no toda la información que se tiene del problema es tomada en cuenta para darle solución al mismo. Por tal motivo agregamos una parte más al RBC que es la representación de casos.

**Representación de casos:** Su importancia radica en que un caso es una pieza de conocimiento que representa una experiencia y comprende un problema (descripción de la tarea a resolver) y una solución (como se resolvió la tarea). A su vez un conjunto de casos es llamado base de casos o librería de casos. Usualmente un caso es representado como un par atributo-valor, esto representa el problema y la solución del caso. En algunas ocasiones, el caso contiene un tercer elemento que es el resultado, es decir, el estado del problema una vez que la solución fue aplicada.

**Recuperar casos:** La calidad en el resultado de los sistemas RBC depende de las medidas de similitud utilizadas para la recuperación de los casos similares. Las técnicas de *softcomputing* utilizadas en esta parte del RBC son: indexación difusa, agrupación difusa, la clasificación de casos, probabilidad, modelos bayesianos para la selección de casos, el vecino más cercano.

En esta fase, el problema actual es cotejado con los problemas almacenados en la base de casos. El cotejar es un proceso de comparar dos casos entre ellos mismos y determinar el grado de similitud (DOS, por sus siglas en inglés *degree of similarity*). Además de las medidas de similitud, el conocer el dominio ayuda a determinar la similitud del caso nuevo con un caso anterior y contar con el grado de similitud nos conducen a un grado de adecuación de la solución del problema o caso actual.

**Reutilizar casos:** La reutilización se puede dar por medio de copiar o integrar la solución de los casos que fueron recuperados en la parte anterior. En la reutilización se puede emplear el razonamiento difuso interactivo y conversacional, aprender a reutilizar el conocimiento del caso y enfoques difuso-neurales. A esta parte también se le conoce como adaptar la solución, ya que la solución que se obtuvo en algunas ocasiones es necesario adecuarla para que se le dé solución al caso. Hay tres formas de adaptación que son las más usadas: sustitución, transformación y adaptación generativa.

**Revisar casos:** Se lleva a cabo la evaluación de la solución originada en la reutilización del caso, esta por lo general la realizan los expertos del dominio. En caso de que la solución necesite alguna modificación, esta se realiza en esta fase y se le llama reparación. Hay que recordar que el éxito o fracaso de las soluciones originadas es información útil para mejorar el RBC. Las técnicas utilizadas aquí son: redes neuronales y enfoque evolutivo, reglas de adaptación utilizando teorías de

conjunto.

Retener casos: Entonces el nuevo caso o problema y su solución son retenidas o almacenadas en la base de casos para su uso futuro, eso quiere decir, que la solución ya fue confirmada o validada por los expertos del dominio. La decisión si el nuevo caso se almacena en la base de casos también depende de lo útil que sea el conocimiento de ese caso en un futuro. Las técnicas que se pueden utilizar en esta parte son: reglas difusas, redes neuronales, teoría de conjuntos. Debido a que el aprendizaje es incremental, hay que tener en cuenta que entre más casos almacenados en la base de casos se tengan el trabajo el RBC incrementara por tal motivo, va a llegar el momento que se le tenga que dar mantenimiento a la base de casos para que siga cumpliendo con su función.

### **Caso de estudio**

El caso de estudio que se resume a continuación corresponde a un caso real correspondiente a la empresa Flutec Design + Build Heating Ventilation and Air Conditioning (HVAC). Esta empresa es de talla internacional y esta dedicada al diseño y producción personalizada de unidades de ventilación y aire acondicionado, unidades de enfriamiento de agua (*Chil-Paks*), cuartos limpios, y módulos de vapor y aire comprimido.

En este caso en particular solo se abordan los proyectos relativos a las unidades de enfriamiento de agua (*chil-paks*). Un *chil-pak* es una planta central integrada, empaqueta en una unidad *plug and play*. Cada desarrollo de

una unidad de enfriamiento atiende a un conjunto de características irrepetibles y únicas para cada cliente; por lo que, cada propuesta de desarrollo se debe realizar de manera independiente, considerando el manejo de grandes cantidades de información así como el conocimiento adquirido por la experiencia de un grupo de especialistas. Las características en las cuales se basa el desarrollo de la unidad de enfriamiento se encuentran en un documento que la empresa lo denomina ADN y una vez integrado el ADN constituye un documento empírico de requisitos para el proceso de diseño y construcción del *chil-pak*.

La gran mayoría de los desarrollos de unidades de enfriamiento de la empresa se obtienen mediante licitaciones, es decir, entran en un concurso para que se les sea otorgado el proyecto del desarrollo del *chil-pak*. En la convocatoria para la licitación se especifican las características que tiene que tener la unidad de enfriamiento, así como las normas y condiciones que el proveedor debe cumplir para el desarrollo del mismo. Dentro de la licitación, también se contemplan fechas de entrega y envío de propuestas para que estas sean analizadas por el interesado y seleccione la mejor propuesta que cumpla con sus expectativas.

En vista de lo anterior, el problema de la empresa Flutec se presenta en el momento de generar la propuesta para su envío y eso le ocasiona una gran desventaja ante sus competidores del mercado, ya que su proceso para la elaboración de la propuesta requiere de un largo periodo de tiempo y colaboración de los departamentos de diseño, eléctrico, control

y la gestión de proyectos. Además del tiempo, se presentan otros problemas: cada departamento es experto en su área y por consiguiente se considera que el conocimiento está distribuido entre los departamentos, la ausencia de un experto del área también implica que la entrega de la propuesta se retrase, por otro lado se debe contar con un buen trabajo de equipo y esto la gran mayoría de las veces no se da en las empresas.

El proceso que sigue la empresa Flutec para obtener un proyecto mediante una licitación a grandes rasgos consiste en:

1. Buscar clientes que estén licitando sus proyectos de unidades de enfriamiento.
2. Obtener las especificaciones del proyecto así como las bases de la licitación.
3. Llevar a cabo un análisis para determinar el diseño y componentes que serán utilizados en el proyecto. Aquí es cuando el gerente de proyectos consulta a todos los departamentos involucrados para obtener el detalle de los requisitos de su departamento que tendrían al momento de desarrollar el proyecto. Este punto es el que requiere más tiempo ya que depende de la disponibilidad de tiempo de cada uno de los expertos del departamento.
4. Una vez teniendo el gerente de proyecto los requisitos, este procede a desarrollar la propuesta para que sea enviada a concursar. En ella se especifica el tiempo de desarrollo del proyecto, las características de entrega así como las limitantes que se tuvieron al momento de realizar la propuesta.

5. En caso de que la propuesta sea aceptada, se toma como base el diseño y características incluidas en esta para que el proyecto comience a desarrollarse.

En la búsqueda de reducción del tiempo del proceso para generar un presupuesto de proyecto (señalado previamente) se determinó que la utilización del RBC sería de gran ayuda para lograr dicho propósito. Con esto el porcentaje de éxito para cerrar el trato comercial y obtener un proyecto mediante una licitación se incrementa dando mayor competitividad a la empresa.

¿Por qué se llegó a dicha determinación? La descripción de la necesidad de Flutec cumple con las características mencionadas en el apartado razonamiento basado en casos.

A continuación se enumera la implementación del RBC en la empresa Flutec:

1. Se modeló el dominio de conocimiento para entender la terminología utilizada.
2. Se obtuvieron los atributos más significativos para el desarrollo de una unidad de enfriamiento, es decir, de todas las características se seleccionaron las que tenían mayor relevancia en el *chil-pak*.
3. Para representar los casos, se utilizó la combinación atributo-valor y a cada par se le asignó un peso, lo que significa que se priorizaron los pares. Se trabajó con 55 casos dentro de la base de casos.
4. Para obtener o recuperar los casos se utilizó la medida de similitud utilizando la técnica del vecino más cercano. Con

esto se obtuvieron los casos más similares a las características solicitadas por el cliente.

5. Se realizó la adaptación y revisión de la solución por medio de los expertos.
6. Una vez realizado lo anterior, se procede a decidir si la solución es almacenada o no en la base de casos.

Una vez se termina el ciclo del RBC, en un par de minutos, la empresa ya puede ofrecer un presupuesto y que este tenga más posibilidades de éxito. Al utilizar el sistema RBC, ya no dependen de la disponibilidad de tiempo de las personas, y se disminuyen los

errores humanos que se pudieran tener. Con esto no se está afirmando, que el RBC sea autónomo, para estas situaciones siempre se debe contar con un especialista que valide la solución obtenida por el RBC. Durante la realización del sistema que implementa al RBC, se contó con la participación de especialistas de cada departamento de la empresa, con quienes se llevó a cabo la estrategia KMoS-RE y se obtuvo el modelo conceptual, el cual fue validado por la empresa. Además se validó la representación de los casos y los resultados obtenidos como soluciones a los nuevos casos que se introdujeron en el sistema RBC.

## Resultados

Una vez implementada la solución, se realizaron pruebas reales y se aplicaron los cuestionarios *Software Usability Measurement Inventory* (SUMI, por sus siglas en ingles) y *Service of Quality* (SERVQUAL, por sus siglas en ingles). El primer cuestionario se utilizó para medir la expectativa y percepción del usuario en cuanto al prototipo que se entregó. En este, las preguntas se clasificaron en 6 categorías: exactitud, usabilidad, documentación y visibilidad, comprensibilidad, confiabilidad y eficiencia. El puntaje para la evaluación inicia con el número 1 y termina con el número 7, donde el 1 representa que están completamente en desacuerdo y el 7 representa que están completamente de acuerdo. La aplicación del cuestionario dio como resultado, que el prototipo del CBR cumplió con el 88.65% de las expectativas del cliente. Esto se puede observar en la Tabla 1:

<b>Categoría</b>	<b>Expectativa promedio</b>	<b>Percepción promedio</b>
Exactitud	6.43	5.14
Usabilidad	6.67	6.13
Documentación y visibilidad	6.80	6.00
Comprensibilidad	6.90	6.40
Confiabilidad	7.00	6.00
Eficiencia	7.00	6.50

Tabla 1. Resultados del cuestionario SUMI

El segundo cuestionario se aplicó con la finalidad de obtener la expectativa y percepción del usuario en cuanto al servicio que se le otorgo. Las preguntas de este cuestionario se clasificaron en 5 categorías: tangible, confiabilidad, respuesta, garantía, y empatía. El puntaje utilizado inicio con el número 1, este significa que están

completamente en desacuerdo y termina con el número 7 que representa que están completamente de acuerdo. La aplicación del cuestionario dio como resultado, que el servicio otorgado cumplió con el 107.97% de las expectativas de la empresa Flutec, es decir, el servicio sobrepaso las expectativas de la empresa. Esto se puede observar en la Tabla 2:

<b>Categoría</b>	<b>Expectativa promedio</b>	<b>Percepción promedio</b>
Tangible	1.00	4.33
Confiabilidad	6.20	6.20
Respuesta	6.75	6.50
Garantía	7.00	6.75
Empatía	7.00	6.40

Tabla 2. Expectativas y percepciones

## Conclusiones

El disminuir el tiempo, agilizar el proceso para la creación de una propuesta y no depender de un departamento o persona da a la empresa Flutec ventajas competitivas de rapidez y ofrecer una solución muy apegada a las necesidades reales desde el primer instante. En consecuencia es más factible ganar una licitación. Es conveniente destacar que siempre en el desarrollo de un proyecto se pueden tener imprevistos que afectan tiempos de entrega y en situaciones extremas afectan el presupuesto otorgado para el proyecto. Claro

que a ninguna empresa le gustaría tener pérdidas monetarias y ningún cliente está dispuesto a pagar más de lo que la propuesta indica, para Flutec realizar una propuesta lo más cercana a la realidad le da la tranquilidad que sus ganancias no se verán afectadas por algún imprevisto.

## Bibliografía

- Aamodt, A y E Plaza. 1994. *Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches*. AI Communications. IOS Press, Vol. 7: 1, pp. 39-59.
- Pajares Matinsanz G. 2011. *Razonamiento basado en casos*. Aprendizaje automático. Ra-ma ediciones de la U, pp 309-328
- Fornells A. 2009. *A Unified Framework for the Development of Case-Based Reasoning Systems*. Recuperado el 23 de Marzo de 2016, de [http://lasallerd.salleurl.edu/A\\_Unified\\_Framework\\_for\\_the\\_Development\\_of\\_Case-Based\\_Reasoning\\_Systems%2C](http://lasallerd.salleurl.edu/A_Unified_Framework_for_the_Development_of_Case-Based_Reasoning_Systems%2C)
- Shanina B. 2011. *Case-Based Reasoning Systems in the Health Sciences: A survey of Recent Trends and Developments*. IEEE transactions on system, man, and cybernetics-part C: Applications and reviews, Vol. 41, No. 4, pp. 421- 434
- Shiu, SP. 2004. *Case-Based Reasoning: Concepts, Features and Soft Computing*. Kluwer Academic Publishers. Applied Intelligence 21, pp. 233-238
- Behbahani, A, SR Noorossana. 2012. *A case-based reasoning system development for statistical process control: Case representation and retrieval*. Computer & industrial Engineering, Elsevier. Vol. 63 pp. 1107-1117
- Olmos K, J. Rodas. 2014. *KMoS-RE: knowledge management on a strategy to requirements engineering*. Requirement Engineering Journal. Vol 19, No 4