

# Kowalski, R. (2011) La lógica computacional y el pensamiento humano: cómo ser artificialmente inteligente



## Unidad 5. Pensar = Inferencia + Búsqueda + Inferencia.

Jonathan Baron (1994) en su libro “Pensando y Decidiendo” escribe, en la página 4:

“El pensar acerca de acciones, creencias y metas personales puede todo ser descrito en términos de un mismo marco referencial, en el cual se explique que el pensar consiste de *búsqueda* e *inferencia*. Buscamos ciertos objetos y luego inferimos a partir y acerca de los objetos que hemos encontrado”

A diferencia de Baron, quien ve el papel de la lógica limitado exclusivamente a la inferencia, en nuestro modelo basado en lógica del pensar, la **búsqueda** es realizada por el razonar hacia atrás y la **inferencia** por el razonar hacia adelante. Aquello por lo que buscamos son las metas. Como Baron, distinguimos entre el papel del **pensar**, para generar candidatas a soluciones y derivar sus consecuencias, y el papel del **decidir**, para evaluar las diversas soluciones y escoger entre ellas.

Al parecer es común creer que la lógica no tiene nada que ver con la búsqueda. De hecho, Paul Thagard, en la introducción a su libro Cognitive Science (pg. 45) dice “En los sistemas basados en lógica, la operación fundamental del pensamiento es la deducción lógica, pero desde la perspectiva de los sistemas basados en reglas, la operación fundamental del pensamiento es la búsqueda”.

Para ver como la lógica está relacionada con la búsqueda, considere el siguiente problema:

## **Ir de A a B.**

Todo tenemos una idea del cómo buscar objetos en un espacio físico y del cómo solucionar para llegar de un lugar otro:

Para ir de A a B,  
si A está directamente conectado a B  
entonces  
vaya directamente de A a B.

Para ir de A a B,  
si C está entre A y B entonces  
vaya de A a C y  
vaya de C a B.

(NT: Para traducir estas oraciones a la forma lógica que sugiere Kowalski es mejor escribirlas así:

(Para ir de A a B,  
vaya directamente de A a B)  
si A está directamente conectado a B.

Para ir de A a B,  
vaya de A a C y

vaya de C a B  
si C está entre A y B.

aunque se vean un poco extrañas en Español  
y en Lógica).

En términos más generales y dispuestos en forma lógica:

Un agente va de A a B si  
A está directamente conectado a B y  
ese agente va directamente de A a B.

Un agente va de A a B si  
C está entre A y B y  
el agente va de A a C y  
ese agente va de C a B.

Estos procedimientos y creencias sirven, no sólo para desplazarse en espacios físicos, sino también para lugares conceptuales como “pobres” y “ricos”.

Los procedimientos de reducción de metas son un caso especial de las creencias. Son el caso especial en el cuál las creencias son usadas para razonar hacia atrás y “el agente” es el mismo agente que los usa para reducir metas a sub-metas. A diferencia de los procedimientos, las creencias puede también ser usadas para razonar hacia adelante, por ejemplo para determinar las consecuencias de las observaciones acerca de la conducta de otro agente.

Puede que haya muchas maneras de escoger un lugar C, entre A y B. Por ejemplo, Ud puede ir de pobre a rico bien consiguiendo un buen empleo, bien robando un banco. De la misma manera, puede haber muchas formas de ir de A a C y de ir de C a B. Por ejemplo, Ud puede conseguir un buen empleo comenzando justo después de graduarse o haciendo un postgrado antes para luego ir a trabajar mejor calificado.

Algunas decisiones al escoger el lugar intermedio C podrían no ser buenas para resolver las otras sub-metas de ir desde A a C o desde C a B. Por ejemplo, aunque Ud pudiera conseguir un buen trabajo justo al terminar su pregrado, puede que, aún así, no alcance a volverse rico.

En general, por tanto, para resolver la meta de ir de A a B, Ud necesita buscar la solución. En lugar de buscar en un espacio material, Ud puede ahorrarse algún esfuerzo (físico quizás), haciendo parte de la búsqueda en su cabeza.

Ud puede aprovechar sus creencias, por ejemplo, si Ud está planificando sus vacaciones, para obtener un plan para ir de A a B, mucho antes de que comiencen sus vacaciones. Podría explorar planes alternativos, o inclusive, buscar un plan que optimice el resultado, quizás minimizando sus costos o maximizando sus beneficios. Más aún, Ud puede entrelazar ese planificar con otras actividades, suspendiéndolo cuando tenga compromisos más urgentes que atender, y reanundándolo cuando no tenga algo más importante que hacer.

## **Cómo ir hasta la Riviera Francesa**

Si aún no se convence, considere la meta:

Meta: Yo voy desde Wimbledon a la Riviera Francesa.

Suponga que tengo la siguiente información:

*Creencias:*

Niza está entre Wimbledon y la Riviera Francesa.

París está entre Wimbledon y la Riviera Francesa.

Heathrow está entre Wimbledon y la Riviera Francesa.

Gatwick está entre Wimbledon y Niza.

Clapham Junction está entre Wimbledon y Gatwick.

Wimbledon está directamente conectado a Clapham Junction.

Clapham Junction está directamente conectado a Gatwick.

Gatwick está directamente conectado a Niza.

Niza está directamente conectada a la Riviera Francesa.

etc.

Yo podría tener toda esta información almacenada previamente en mi memoria, directamente como una colección de hechos. O podría obtenerla de otras fuentes.

Razonando hacia atrás, tengo dos planes alternativos para tratar de resolver mi meta:

Wimbledon está directamente conectado a la Riviera Francesa y  
yo voy (va) directamente desde Wimbledon a la Riviera Francesa.

O puedo usar las sub-metas:

C está entre Wimbledon y la Riviera Francesa y  
yo voy de Wimbledon y C y  
yo voy de C y la Riviera Francesa.

A cuáles de estos genero primero o si genero todos simultáneamente depende de mi estrategia de búsqueda. Si genero el primero de primero, tengo que decidir sobre cuál sub-meta trabajar primero: la sub-meta **Wimbledon está directamente conectado a la Riviera Francesa** o la sub-meta **Voy de Wimbledon a la Riviera Francesa directamente**.

Imagine que decido trabajar en la primer sub-meta primero. Con sólo las creencias que listé arriba, no puedo resolver esta sub-meta. Debo, por tanto, abandonar o suspender esta línea de pensamiento (de búsqueda) o, por el contrario, debo realizar alguna acción sobre el ambiente para procurar información adicional en caso de que exista alguna conexión de la que aún no sé. Suponga ahora que decido suspender esta línea de búsqueda.

Me queda la alternativa de tratar de resolver mi meta

superior:

C está entre Wimbledon y la Riviera Francesa  
y

Yo voy de Wimbledon a C y

Yo voy de C a la Riviera Francesa

Suponga que decido trabajar en la primera de las tres sub-metas (no tiene sentido trabajar en una de las otras dos puesto que aún no he seleccionado el lugar intermedio C). Dada la poca información que he listado antes, hay tres formas de resolver esta sub-meta. Debo decidir cuál tratar primero.

De esta manera continúa la búsqueda, considerando alternativas, decidiendo sobre cuáles sub-metas tratar primero y decidiendo acerca de las acciones (en el ambiente) que debo realizar para obtener más información, hasta que consigo una o más soluciones. En este caso, si decido no hacer ninguna acción externa, la única solución es el plan:

Yo voy de Wimbledon a Clapham Junction  
directamente y

Yo voy de Clapham Junction a Gatwick  
directamente y

Yo voy de Gatwick a Niza directamente y

Yo voy de Niza a la Riviera Francesa  
directamente.

Puedo derivar este plan, buscando en mi mente, bien hacia adelante a partir de Wimbledon o hacia atrás a partir de la

Riviera Francesa, dependiendo en cada caso de sobre cuál sub-metas decida trabajar primero.

Sin embargo, en ambos casos, busco en mi mente realizando un razonamiento hacia atrás desde las metas hacia las sub-metas.

Por supuesto, si tuviera más información, podría encontrar más soluciones para alcanzar mi meta original. Necesitaría entonces escoger entre las alternativas, no sólo para decidir cual plan ejecutar, sino también y antes de eso, para seguir buscando la solución.

Puesto que el ***propósito del pensar***, en este caso, es finalmente ***decidir*** que hacer, podría usar los mismo criterios que use para escoger entre las soluciones - por ejemplo, el criterio de mayor beneficio por menor costo - como una estrategia de búsqueda, explorando las líneas de pensamiento o búsqueda más prometedoras solamente o por lo menos, antes que las menos prometedoras.

## **Razonamiento lógico = Búsqueda + Inferencia**

Hay, sin embargo, otra forma muy interesante para explicar, en lógica, como se combinan la búsqueda y la inferencia - es la forma en que Johathan Baron explica el pensar en genera: "Buscamos ciertos objetos y luego inferimos a partir y sobre los objetos que hemos encontrado".

En nuestro marco lógico conceptual, buscamos por



soluciones razonando hacia atrás a partir de las metas. Sin embargo, para ayudarnos a decidir entre soluciones alternativas, exploramos ese espacio de las inferencias hacia adelante, para prever cualquier consecuencia adicional, deseable o indeseable, de las soluciones.

Para ilustrar el sentido en el que el pensar combina búsqueda e inferencia, Baron presenta el ejemplo de una estudiante tratando de decidir que curso electivo tomar. Primero considera ella un curso en historia moderna, que suena interesante pero exige demasiado. Luego considera otro curso en historia moderna que también suena interesante, pero que quizás no demande tanto. Entonces trata de encontrar a alguien que haya tomado ese curso antes para ver que tanto trabajo realmente exige.

Este ejemplo de Baron es muy parecido a nuestro ejemplo del viaje de vacaciones a la Riviera Francesa, pero además ilustra la importancia de las acciones en procura de información.

Muestra que Ud no puede confiar que tiene, en su memoria desde el principio, toda la información que requiere para resolver un problema. Es posible que tenga que consultar fuente externas.

El propósito principal de este ejemplo es ilustrar el uso de la inferencia para derivar las consecuencias de las soluciones candidatas, para ayudar a decidir que hacer. En el ejemplo de Baron la inferencia es simple: Si la estudiante toma el primer curso, tendrá que trabajar muy duro.

Decidir que hacer, sobre la base de estas inferencias es mas

complicado. Implica comparar las ventajas y desventajas de distintos candidatos a cursos de acción. Puesto que es poco probable que algún curso supere a todos los demás en todos los aspectos relevantes, es muy probable que se tenga que tomar algunas decisiones difíciles, quizás comprometiendo las ventajas de un curso para evitar algunas de sus desventajas. Para complicar las cosas todavía más, el estudiante tendrá que basar sus estimados de costos y beneficios de las diversas alternativas en información incierta, quizás hasta de carácter estocástico.

## **Incertidumbre**

La incertidumbre acerca de las circunstancias futuras fuera de nuestro control es característica de la mayoría de las situaciones y problemas en la vida. Considere, nuevamente el problema de pasar de pobre a rico y suponga que estoy considerando el robo de un banco como una manera de hacerme rico. Robar un banco no es una opción fácil. Voy a tener que pensar mucho para construir un plan que tenga algún chance de tener éxito. Tendré que escoger un banco, decidir si iré solo o con una banda organizada para ayudarme, decidir si lo haré en plena luz del día o en la oscuridad y planificar mi escape.

Pero antes de construir un plan con todos sus detalles, podría explorar en mi mente las consecuencias más probables de robar el banco, para establecer si hay otros efectos deseables o indeseables. Separando cualquier consideración moral, si robo un banco y me atrapan y me condenan, terminaré en la cárcel. Pero yo no quiero ir a la cárcel.

Puedo decidir si trataré o no de robar el banco. Pero no puedo controlar si seré capturado o condenado al intentarlo. No sólo es que estas posibilidades están completamente fuera de mi control. Es que no puedo siquiera predecir su probable ocurrencia con un nivel de certeza predefinido. Lo más lejos que pueda llegar es a estimar esas probabilidades.

Si creo que los chances de ser capturado y luego convicto son muy altos, no robaré el banco, puesto que no quiero ir a la cárcel. Ni siquiera comenzaría a considerar el cómo robarlo, pues todas las alternativas tienen la misma conclusión indeseable.

Pensar el robo de banco no sólo muestra el valor de inferir las consecuencias de cada solución, sino que también expone la necesidad calcular o estimar probabilidades asociadas a circunstancias fuera de nuestro control.

Esa combinación de estimaciones de probabilidad con evaluaciones de la utilidad de los diferentes resultados es el tema de lo que se conoce como **Teoría de Decisiones**. Volveremos a ese tema más adelante. Entretanto, es suficiente con notar que en muchos casos, **pensar**, entendido como la búsqueda de las opciones y el cálculo de sus consecuencias, puede con frecuencia ser mucho más fácil que **decidir** que hacer.

## Pensar sin buscar

Esa caracterización de pensar como búsqueda más inferencia constituye un gran avance con respecto a otras

teorías en las que el pensar es visto como apenas algo más que sólo búsqueda. No obstante, no sirve para dar cuenta del tipo de pensar que es necesario para lidiar con cambios en el ambiente – especialmente cuando tales cambios requieren una respuestas rápida y no hay mucho tiempo para buscar la solución óptima.

Pensar, buscando e infiriendo consecuencias es suficiente en muchas situaciones, como cuando Ud está planificando sus vacaciones, planificando un curso electivo o el robo de un banco, ocasiones todas en las que Ud dispone de todo el tiempo necesario para buscar soluciones alternativas. Sin embargo, hay otras situaciones, como las de emergencia, cuando Ud no tiene tiempo para considerar todas las alternativas y no tiene tiempo para terminar su pensar antes de comenzar a actuar.

Suponga, por ejemplo, que Ud es un explorador de Marte, tipo 2, equipado con toda la capacidad para pensar lógicamente. Ud se encuentra buscando vida en Marte cuando un Exterminador Marciano se atravieza en su camino. Afortunadamente, Ud ha sido advertido de tales emergencias y está equipado con la meta de mantenimiento apropiada:

**Meta:** Si el Exterminador Marciano está a la vista, entonces vaya desde donde estoy hacia la nave espacial.

**Observación:** El Exterminado Marciano está a la vista.

*Razonando hacia adelante,*

***Meta de logro: Vaya desde donde estoy hacia la nave espacial.***

En teoría, Ud podría simplemente sentarse a pensar en todas las formas de volver a la seguridad de su nave espacial, tal como si Ud estuviera planificando sus vacaciones en la Riviera Francesa. Pero, en la práctica, su vida terminaría antes de que pudiera comenzar con esos planes.

Lo que Ud necesita es pensar rápido, con el mismo conocimiento que Ud usa al planificar las vacaciones, pero sin explorar todo el espacio mental de alternativas.

Debe Ud escoger un lugar C contiguo al lugar donde Ud está y más cerca de su nave espacial y, de inmediato, comenzar a moverse hacia ese lugar, incluso antes de ponerse a pensar que hará después. Cuando haya llegado a C, Ud seleccionará otro lugar C' contiguo a su nueva posición C y también en dirección a la nave y, de nuevo, se moverá hacia allá. Ud seguirá de esta forma, pensando donde ir y moviéndose hacia allá, hasta que llegue a la nave espacial si es que tiene la suerte de su lado. O será capturado por el Exterminador Marciano si no está de suerte.

## **Pensando en el tiempo**

En el caso general, para lograr el balance perfecto entre pensar y actuar, un agente necesita pensar en el tiempo - Tanto acerca de los tiempos en que debe realizar las acciones, como en la duración del pensar dado el tiempo disponible para hacerlo. Este tema del pensar acerca del

tiempo será tratado muy pronto en este libro.

## Pensar = Inferencia + Búsqueda + Inferencia

Tenemos ahora una visión más completa del papel de la lógica en el ciclo de observación-pensamiento-decisión-acción:

