

# Alterando el Estado de Garantía mediante la incorporación de Información

**Mauro J. Gómez Lucero   Alejandro J. García   Guillermo R. Simari**

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)  
Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Inteligencia Artificial (LIDIA)  
Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación  
Universidad Nacional del Sur  
Bahía Blanca, B8000CPB, Argentina  
{mjg, ajg, grs}@cs.uns.edu.ar

## Abstract

Motivated by its applicability on deliberative intelligent agents, this work introduces the problem of finding what facts should be incorporated to a DeLP program in order to change the state of warrant of a particular literal. To achieve a deeper understanding of this problem, we analyze how the incorporation of a specific set of facts affects the warrant of a particular literal. Finally, we introduce a formula that formally expresses how a topological change in a dialectical tree affects the status of the argument on its root.

**Keywords:** DeLP, Intelligent Agents, state of warrant.

## 1. INTRODUCCIÓN Y MOTIVACIONES

La Programación en Lógica Rebatible (DeLP) constituye un formalismo efectivo para representar y razonar acerca de conocimiento tentativo y potencialmente contradictorio y resulta muy adecuado para aplicaciones donde se agrega y quita información en forma dinámica. Este sistema es una extensión de la Programación en Lógica en la que se utiliza un proceso dialéctico para obtener las respuestas basado en [5]. Una presentación completa puede encontrarse en [2].

Consideremos un agente inteligente deliberativo que utiliza DeLP como formalismo de representación de conocimiento y razonamiento. Supongamos que dicho agente utiliza hechos para representar el estado actual del mundo, incorporándolos y quitándolos para reflejar los cambios percibidos. Además, utiliza el operador de creencia “ $B$ ” introducido en [2] para definir sus creencias en base a la noción de garantía. En este contexto, podría resultar útil para el agente contar con alguna forma de determinar como cambiar el mundo para alterar su creencia acerca de un determinado literal.

Sobre la base de estas suposiciones y con la restricción de considerar sólo la incorporación de hechos, surge el planteo del siguiente problema: dado un programa DeLP  $\mathcal{P}$  y dado un literal  $h$  con un cierto estado de garantía (*garantizado/no garantizado*), se desea hallar un conjunto de hechos  $\beta$  tal que el estado de garantía de  $h$  cambie al incorporar  $\beta$  al programa.

Para avanzar en la solución de este problema necesitamos descubrir, y luego capturar formalmente, la correlación entre un conjunto de hechos arbitrario y el estado de  $h$  luego de incorporar dicho conjunto de hechos al programa. Como mostraremos en lo que sigue, la incorporación de un conjunto

---

Financiado parcialmente por CONICET (PIP 5050), Universidad Nacional del Sur (PGI 24/ZN11) y Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (PICT 13096, PICT 15043, PAV 076)

de hechos a un programa puede provocar la aparición y desaparición de ciertos argumentos <sup>1</sup>. Además, el árbol de dialéctica asociado a un argumento  $\langle A, h \rangle$  que no desaparece, puede sufrir cambios en su topología. Es decir, ciertos subárboles de dicho árbol pueden desaparecer y nuevos subárboles pueden aparecer. Este cambio sufrido por el árbol de dialéctica para  $\langle A, h \rangle$  puede provocar un cambio en la marca ( $U/D$ ) asociada a su raíz, es decir, un cambio en el status (*derrotado/no derrotado*) de  $\langle A, h \rangle$ . Finalmente, dado que el estado de garantía de un literal se define en términos del status de los argumentos que soportan dicho literal, el cambio de status de ciertos argumentos soportando  $h$  puede provocar un cambio en el estado de garantía de  $h$ .

Este trabajo se estructura de la siguiente manera. En la sección 2 se plantea formalmente el problema y se ilustra mediante un ejemplo concreto. En la sección 3 se analiza el cambio topológico (aparición y desaparición de subárboles) sufrido por un árbol de dialéctica resultado de incorporar un conjunto de hechos arbitrario y se introducen conceptos y notación para caracterizar formalmente este cambio. En la sección 4 se analiza la relación entre el cambio topológico sufrido por un árbol de dialéctica y el status del argumento de su raíz. Finalmente, en la sección 5 se introduce una fórmula que permite capturar formalmente la relación analizada en la sección 4.

## 2. PLANTEO FORMAL DEL PROBLEMA

Dado un programa DeLP  $\mathcal{P} = (\Pi, \Delta)$  y dado un literal  $h$  con un determinado estado de garantía  $W \in \{\textit{garantizado}, \textit{no garantizado}\}$ , se desea obtener un conjunto de literales minimal  $\beta$  tal que el status de  $h$  en  $\mathcal{P}' = (\Pi \cup \beta, \Delta)$  sea  $\overline{W}$ , el estado opuesto a  $W$  ( $\overline{W} = \textit{no garantizado}$  si  $W = \textit{garantizado}$  y viceversa).

Usualmente, existe más de un posible conjunto de hechos  $\beta$  con esas características, por lo que el problema podría generalizarse a obtenerlos a todos. A continuación se muestra un ejemplo concreto que ilustra el problema.

### 2.1. Un ejemplo concreto

Considérese un programa DeLP  $\mathcal{P}_1 = (\Pi_1, \Delta_1)$  donde

$$\Pi_1 = \left\{ \begin{array}{ll} \sim e \leftarrow n & g \\ \sim o \leftarrow \sim q, m & i \\ c & k \\ d & p \\ f & r \\ & t \end{array} \right\} \quad \Delta_1 = \left\{ \begin{array}{ll} a \prec b, c & h \prec i \\ a \prec j, c & \sim h \prec i, m \\ a \prec o, c & j \prec k \\ b \prec d & \sim j \prec k, m \\ \sim b \prec e & o \prec p \\ \sim b \prec h & \sim o \prec q \\ \sim b \prec n & q \prec r \\ e \prec f & \sim q \prec r, s \\ \sim e \prec f, g & s \prec t \\ & \sim s \prec t, n \end{array} \right\}$$

y el literal  $a$ , que se encuentra garantizado en  $\mathcal{P}_1$  como muestra la Figura 1. Sea  $\beta_1 = \{m, n\}$  y  $\mathcal{P}'_1 = (\Pi_1 \cup \beta_1, \Delta_1)$ , el programa que resulta de incorporar  $\beta_1$  a  $\mathcal{P}_1$ . Como puede observarse en la Figura 2,  $a$  se encuentra no garantizado en  $\mathcal{P}'_1$ .

<sup>1</sup>Sobre la temática asociada a los sistemas argumentativos existen dos artículos que compendian el estado del arte [1, 4]

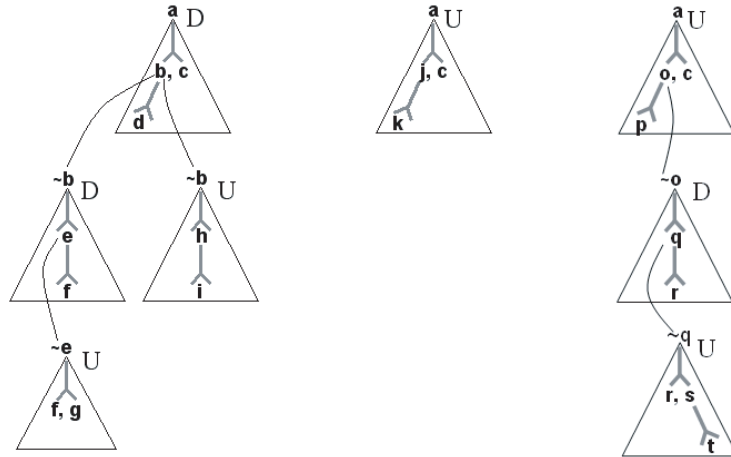


Figura 1: Árboles que justifican el estado *garantizado* del literal  $a$  a partir de  $\mathcal{P}_1$ .

### 3. CAMBIO EN UN ÁRBOL DE DIALÉCTICA

Como resultado de la incorporación de un conjunto de hechos a un programa, ciertos argumentos podrían *desaparecer* y otros podrían *aparecer*. Formalmente, sea  $\mathcal{P} = (\Pi, \Delta)$  un programa DeLP. Sea  $\beta$  un conjunto de hechos tal que  $\Pi \cap \beta = \emptyset$ . Sea  $\mathcal{P}' = (\Pi \cup \beta, \Delta)$  el programa que resulta de incorporar  $\beta$  a  $\mathcal{P}$ . Sea  $Args_{\mathcal{P}}$  [ $Args_{\mathcal{P}'}$ ] el conjunto de todos los argumentos que se obtienen a partir de  $\mathcal{P}$  [ $\mathcal{P}'$ ]. Podría ocurrir que  $Args_{\mathcal{P}'} - Args_{\mathcal{P}} \neq \emptyset$  (es decir, ciertos argumentos aparecen), y que  $Args_{\mathcal{P}} - Args_{\mathcal{P}'} \neq \emptyset$  (es decir, ciertos argumentos desaparecen).

A lo largo de este trabajo diremos que un argumento  $\langle A, h \rangle$  *desaparece por la incorporación de  $\beta$*  si  $\langle A, h \rangle \in Args_{\mathcal{P}} - Args_{\mathcal{P}'}$ . Análogamente, diremos que un argumento  $\langle A, h \rangle$  *aparece por la incorporación de  $\beta$*  si  $\langle A, h \rangle \in Args_{\mathcal{P}'} - Args_{\mathcal{P}}$ .

Consideremos el programa  $\mathcal{P}_1$  del ejemplo de la sección 2.1. El argumento  $A_1 = \{\{\sim j \prec k, m\}, \sim j\}$  aparece por la incorporación de  $\beta_1$ . El argumento  $A_2 = \{\{(\sim b \prec e), (e \prec f)\}, \sim b\}$  desaparece por la incorporación de  $\beta_1$ .

A continuación se analizarán los posibles cambios sufridos por un árbol de dialéctica  $T_{\langle A_0, h_0 \rangle}$  asociado a un argumento  $\langle A_0, h_0 \rangle$  obtenido a partir de  $\mathcal{P}$ , como resultado de incorporar un conjunto de hechos  $\beta$ . Se asumirá que  $\langle A_0, h_0 \rangle$  no desaparece por la incorporación de  $\beta$  (ie,  $\langle A_0, h_0 \rangle \in Args_{\mathcal{P}'}$ ).

#### 3.1. Análisis del cambio en un árbol de dialéctica

Consideremos el argumento  $\langle A_1, a \rangle$ , donde  $A_1 = \{(a \prec b, c), (b \prec d)\}$ , que se obtiene a partir de  $\mathcal{P}_1$  y  $\mathcal{P}'_1$ . En la Figura 3(a) se muestra el árbol de dialéctica  $T_{\langle A_1, a \rangle}$  para  $\langle A_1, a \rangle$  a partir de  $\mathcal{P}_1$ , es decir, antes de la incorporación de  $\beta_1$ . En la Figura 3(b) se muestra el árbol de dialéctica  $T'_{\langle A_1, a \rangle}$  para  $\langle A_1, a \rangle$  a partir de  $\mathcal{P}'_1$ , es decir, luego de la incorporación de  $\beta_1$ .

La desaparición del argumento  $\langle A_2, \sim b \rangle$  por la incorporación de  $\beta_1$ , provoca la desaparición del subárbol con raíz  $\langle A_2, \sim b \rangle$ . La aparición del argumento  $\langle A_5, \sim b \rangle$  por la incorporación de  $\beta_1$  provoca la aparición de un nuevo subárbol (constituido en este caso por un único nodo) como *hijo* de la raíz de  $T_{\langle A_1, a \rangle}$ . La aparición del argumento  $\langle A_6, \sim h \rangle$  por la incorporación de  $\beta_1$  provoca la aparición de

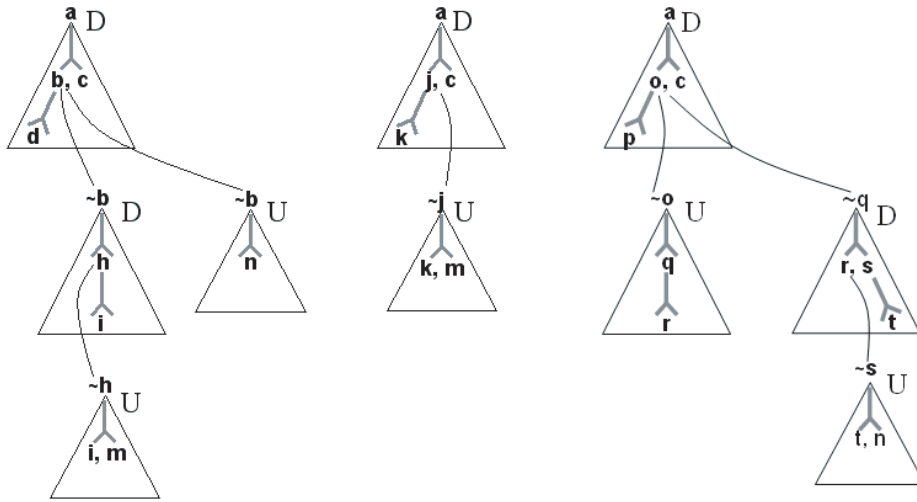


Figura 2: Árboles que justifican el estado *no garantizado* del literal  $a$  a partir de  $\mathcal{P}'_1$ .

un nuevo subárbol como *hijo* del nodo etiquetado con  $\langle A_3, \sim b \rangle$  en  $T_{\langle A_1, a \rangle}$ .

La desaparición de un subárbol no siempre es consecuencia de la desaparición del argumento de su raíz. Consideremos el argumento  $\langle A_7, a \rangle$ , donde  $A_7 = \{(a \prec o, c), (o \prec p)\}$ , que se obtiene a partir de  $\mathcal{P}_1$  y  $\mathcal{P}'_1$ . Consideremos los árboles de dialéctica para  $\langle A_7, a \rangle$  antes y después de incorporar  $\beta_1$ ,  $T_{\langle A_7, a \rangle}$  y  $T'_{\langle A_7, a \rangle}$ , mostrados en la Figura 4. La presencia de la regla  $\sim o \leftarrow \sim q, m$  en  $\Pi_1$  hace que los argumentos  $\langle A_7, a \rangle$  y  $\langle A_9, \sim q \rangle$  se tornen contradictorios al incorporar el hecho  $m$ . En consecuencia, la línea de argumentación  $[\langle A_7, a \rangle, \langle A_8, \sim o \rangle, \langle A_9, \sim q \rangle]$  deja de ser aceptable al incorporar  $\beta_1$ , provocando la desaparición del subárbol con raíz  $\langle A_9, \sim q \rangle$ .

Análogamente, la aparición de un subárbol no siempre es consecuencia de la aparición del argumento de su raíz. La presencia de la regla  $(\sim o \leftarrow \sim q, m)$  en  $\Pi_1$  hace que los literales  $\sim q$  y  $o$  pasen a ser literales en desacuerdo y por lo tanto, que el argumento  $\langle A_9, \sim q \rangle$  se convierta en un derrotador (de bloqueo) para  $\langle A_7, a \rangle$ . Esto provoca la aparición de un nuevo subárbol como *hijo* de de la raíz de  $T_{\langle A_7, a \rangle}$ , como se muestra en la Figura 4.

### 3.2. Conceptos para caracterizar formalmente el cambio

En esta sección se introducirán algunos conceptos que permitirán caracterizar formalmente las variaciones en un árbol como resultado de la incorporación de un conjunto de hechos.

Un árbol de dialéctica podría tener más de un nodo etiquetado con un mismo argumento. En consecuencia, para referirnos a un nodo específico de un árbol no basta con especificar el argumento que lo etiqueta. Esto motiva la introducción del siguiente concepto.

Sea  $\mathcal{P}$  un programa lógico rebatible, y  $L = [\langle A_0, h_0 \rangle, \langle A_1, h_1 \rangle, \dots, \langle A_n, h_n \rangle]$  una línea de argumentación aceptable (como fué definido en [2]). Sea  $\langle E, e \rangle$  un argumento obtenido a partir de  $\mathcal{P}$ . Diremos que  $\langle E, e \rangle$  *extiende a*  $L$  en  $\mathcal{P}$ , si  $L' = [\langle A_0, h_0 \rangle, \langle A_1, h_1 \rangle, \dots, \langle A_n, h_n \rangle, \langle E, e \rangle]$  es una línea de argumentación aceptable.

Dado un argumento  $\langle E, e \rangle$  obtenido a partir de un programa  $\mathcal{P}$  y una línea de argumentación  $L$  tal que  $\langle E, e \rangle$  extiende a  $L$  en  $\mathcal{P}$ , usaremos  $\Delta_{\langle E, e \rangle}^L$  para referirnos al argumento  $\langle E, e \rangle$  en el contexto de la línea  $L$ . Esta notación nos permitirá hacer referencia sin ambigüedad a un nodo específico de un árbol de dialéctica. A continuación se mostrará cómo.

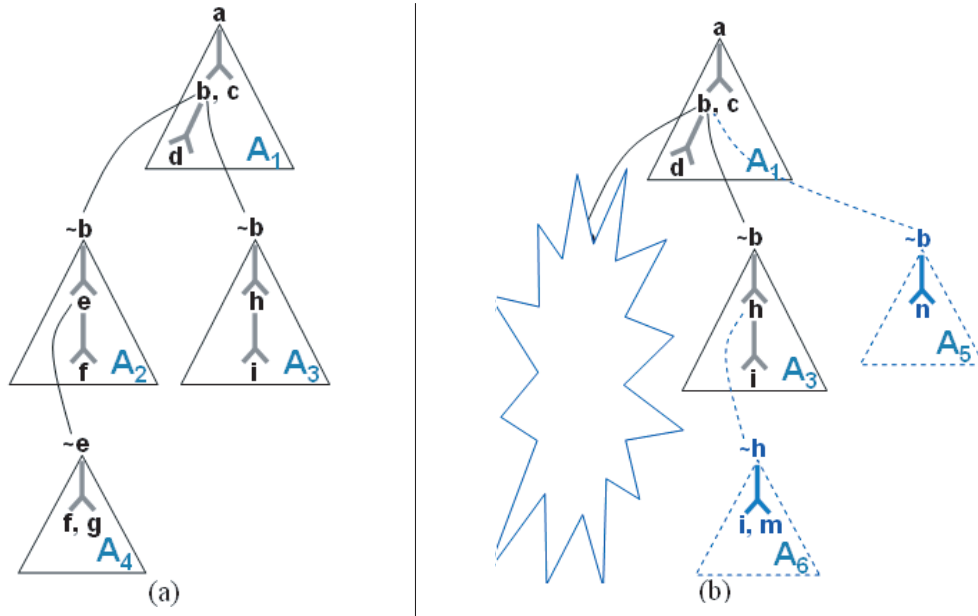


Figura 3: (a) Arbol de dialéctica para  $\langle A_0, a \rangle$  a partir de  $\mathcal{P}_1$ . (b) Arbol de dialéctica para  $\langle A_0, a \rangle$  a partir de  $\mathcal{P}'_1$ .

Sea  $\langle A_0, h_0 \rangle$  un argumento obtenido a partir de  $\mathcal{P}$  y sea  $T_{\langle A_0, h_0 \rangle}$  el árbol de dialéctica para  $\langle A_0, h_0 \rangle$ . Sea  $N_{\langle E, e \rangle}$  un nodo de  $T_{\langle A_0, h_0 \rangle}$  etiquetado con un argumento  $\langle E, e \rangle$ . Sea  $L = [\langle A_0, h_0 \rangle, \langle A_1, h_1 \rangle, \dots, \langle A_n, h_n \rangle]$  la línea de argumentación correspondiente al camino desde la raíz de  $T_{\langle A_0, h_0 \rangle}$  hasta el padre de  $N_{\langle E, e \rangle}$  inclusive. Se usará  $\Delta_{\langle E, e \rangle}^L$  para referirnos a  $N_{\langle E, e \rangle}$ . A modo de ilustración, consideremos el árbol de dialéctica de la Figura 3(a). Usaremos  $\Delta_{\langle A_1, a \rangle}^{\square}$  para referirnos a su raíz,  $\Delta_{\langle A_2, \sim b \rangle}^{[\langle A_1, a \rangle]}$  para referirnos a su hijo izquierdo y  $\Delta_{\langle A_4, \sim e \rangle}^{[\langle A_1, a \rangle, \langle A_2, \sim b \rangle]}$  para referirnos al hijo de éste último.

Sea  $\mathcal{P}$  un programa. Sea  $\beta$  un conjunto de hechos. Sea  $\mathcal{P}' = (\Pi \cup \beta, \Delta)$ . Sea  $L$  una línea de argumentación aceptable a partir de  $\mathcal{P}$  y  $\mathcal{P}'$ . Diremos que:

- un argumento  $\langle E, e \rangle$  obtenido a partir de  $\mathcal{P}'$  brota a partir de  $L$  por la incorporación de  $\beta$  si  $\langle E, e \rangle$  extiende a  $L$  en  $\mathcal{P}'$  y no extiende a  $L$  en  $\mathcal{P}$ . Alternativamente diremos que  $\Delta_{\langle E, e \rangle}^L$  brota por la incorporación de  $\beta$ .
- un argumento  $\langle E, e \rangle$  obtenido a partir de  $\mathcal{P}$  desaparece a partir de  $L$  por la incorporación de  $\beta$  si  $\langle E, e \rangle$  extiende a  $L$  en  $\mathcal{P}$  y no extiende a  $L$  en  $\mathcal{P}'$ . Alternativamente diremos que  $\Delta_{\langle E, e \rangle}^L$  desaparece por la incorporación de  $\beta$ .

Los conceptos de argumento que brota y argumento que desaparece a partir de una línea permiten referirnos más formalmente a los cambios sufridos por un árbol como resultado de la incorporación de un conjunto de hechos. Consideremos nuevamente los cambios sufridos por el árbol para  $\langle A_1, a \rangle$  como resultado de la incorporación de  $\beta_1$ , ilustrados en la Figura 3. Empleando la terminología recién introducida, estos cambios podrían describirse de la siguiente manera:

- $\langle A_2, \sim b \rangle$  desaparece a partir de  $[\langle A_1, a \rangle]$  por la incorporación de  $\beta_1$
- $\langle A_5, \sim b \rangle$  brota a partir de  $[\langle A_1, a \rangle]$  por la incorporación de  $\beta_1$ .

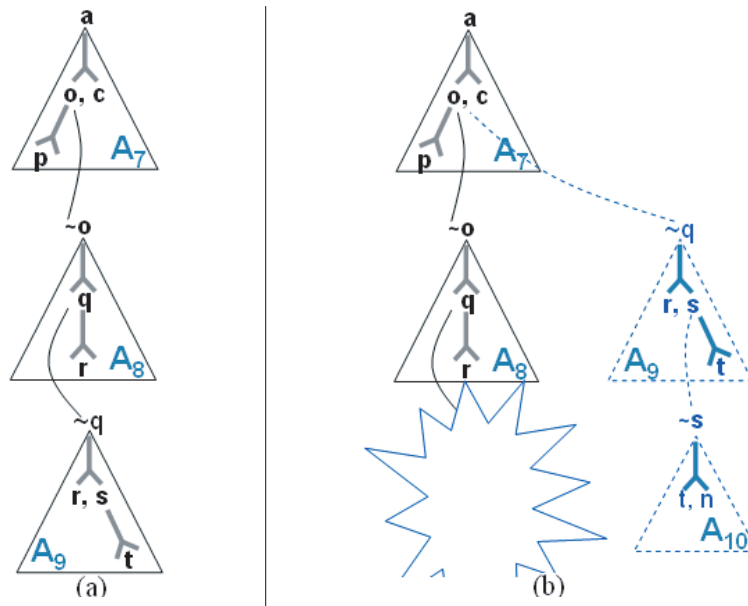


Figura 4: (a) Árbol de dialéctica para  $\langle A_6, a \rangle$  a partir de  $\mathcal{P}_1$ . (b) Árbol de dialéctica para  $\langle A_6, a \rangle$  a partir de  $\mathcal{P}'_1$ .

- $\langle A_6, \sim h \rangle$  brota a partir de  $[\langle A_1, a \rangle, \langle A_3, \sim b \rangle]$  por la incorporación de  $\beta_1$ .

De la misma forma, los cambios sufridos por el árbol para  $\langle A_7, a \rangle$  podrían describirse como se hace a continuación:

- $\langle A_9, \sim q \rangle$  desaparece a partir de  $[\langle A_7, a \rangle, \langle A_8, \sim o \rangle]$  por la incorporación de  $\beta_1$
- $\langle A_9, \sim q \rangle$  brota a partir de  $[\langle A_7, a \rangle]$  por la incorporación de  $\beta_1$ .

#### 4. STATUS DE LA RAÍZ DE UN ÁRBOL EN FUNCIÓN DEL CAMBIO

En esta sección se analizará y caracterizará formalmente la relación entre el cambio sufrido por un árbol de dialéctica (en términos del brote y desaparición de subárboles) y el status de su raíz, resultado de la incorporación de un conjunto de hechos  $\beta$ . Este análisis se hará abstrayéndonos del contenido de los argumentos del árbol (es decir, de las reglas que conforman los argumentos).

##### 4.1. Análisis de la relación entre el status de la raíz de un árbol y el cambio

Consideremos en primera instancia el brote de subárboles con raíz marcada D. Como muestra la Figura 5, el brote de un subárbol con raíz marcada D debajo de un argumento marcado con U no altera el marcado de dicho argumento. Así mismo, como se muestra en la Figura 6, el brote de un subárbol con raíz marcada D debajo de un argumento marcado con D tampoco altera el marcado de dicho argumento.

En conclusión, el brote de un subárbol con raíz marcada D a partir de una línea L nunca repercutirá en el status de la raíz del árbol completo ya que nunca provocará un cambio en la marca siquiera del último argumento de L, a partir del cual brota. De aquí en adelante cada vez que se hable de subárboles que brotan o desaparecen se estará haciendo referencia a subárboles con raíz marcada con U, salvo que se diga explícitamente lo contrario.

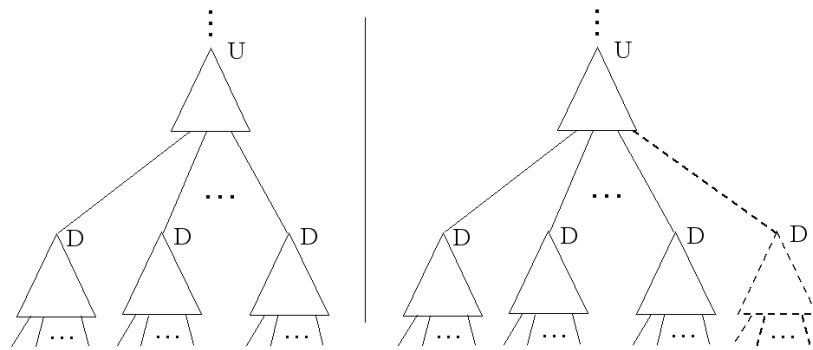


Figura 5: Brote de subárbol con raíz marcada D debajo de un nodo marcado U.

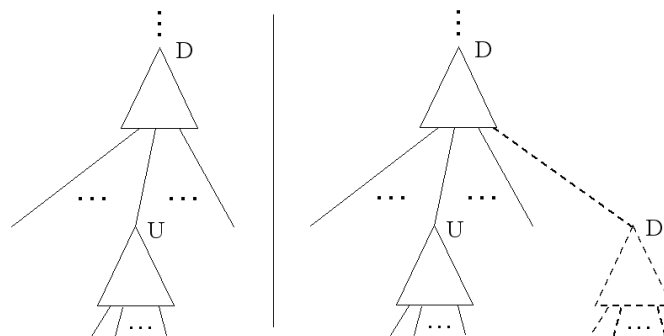


Figura 6: Brote de subárbol con raíz marcada D debajo de un nodo marcado D.

A continuación se analizará, mediante algunos ejemplos, como afecta el brote y la desaparición de subárboles al status de la raíz de un árbol.

Considérese el árbol de la Figura 7. Veamos en primera instancia como afecta el brote de subárboles a partir de ciertas líneas de ese árbol. Para abreviar, utilizaremos  $\Delta_{A_k}^{[1, 2, \dots, n]}$  en lugar de  $\Delta_{\langle A_k, h_k \rangle}^{[\langle A_1, h_1 \rangle, \langle A_2, h_2 \rangle, \dots, \langle A_n, h_n \rangle]}$ . En la Figura 8(a) se muestra como el brote de  $\Delta_{A_k}^{[1, 3]}$  provoca un cambio en el status de  $\Delta_{A_1}^{\square}$ .  $\Delta_{A_3}^{[1]}$  pasa a estar marcado con D y en consecuencia  $\Delta_{A_1}^{\square}$  pasará a estar marcado con U por estar todos sus derrotadores marcados con D.

Observar que el brote de un único subárbol o de más de uno a partir de una misma línea L es equivalente en términos del efectos sobre el marcado de los argumentos del árbol. Por lo tanto no tendrá sentido considerar el brote de más de un subárbol a partir de una misma línea. Si además de  $\Delta_{A_k}^{[1, 3]}$  brota  $\Delta_{A_m}^{[1, 2, 4]}$ , como se muestra en la Figura 8(b),  $\Delta_{A_1}^{\square}$  conservará su marca D, ya que uno de sus hijos,  $\Delta_{A_2}^{[1]}$ , ahora está marcado con U. Finalmente, como se ilustra en la Figura 8(c), el brote adicional de  $\Delta_{A_n}^{[1, 2]}$  anula el efecto del brote de  $\Delta_{A_m}^{[1, 2, 4]}$ , reinstalando un marcado D para  $\Delta_{A_2}^{[1]}$ . Como consecuencia,  $\Delta_{A_1}^{\square}$  queda marcado con U.

Ahora consideremos la desaparición de subárboles.

En la Figura 9(a) se muestra como la desaparición de  $\Delta_{A_3}^{[1]}$  provoca el marcado U de  $\Delta_{A_1}^{\square}$ . Esto ocurre porque  $\Delta_{A_3}^{[1]}$  es el único derrotador de  $\Delta_{A_1}^{\square}$  marcado con U. El propósito del caso mostrado en la Figura 9(b) es recordar que la desaparición de subárboles con raíz marcada con D no tiene efecto alguno. Las figuras 10(a) y 10(b) muestran combinaciones de brote y desaparición de subárboles.

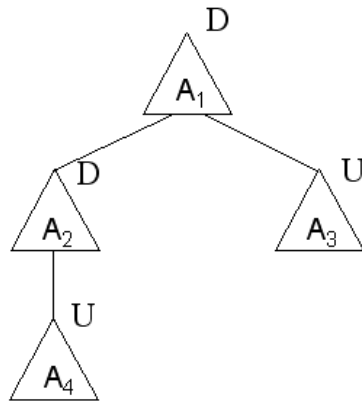


Figura 7: Árbol de dialéctica marcado para  $A_1$ .

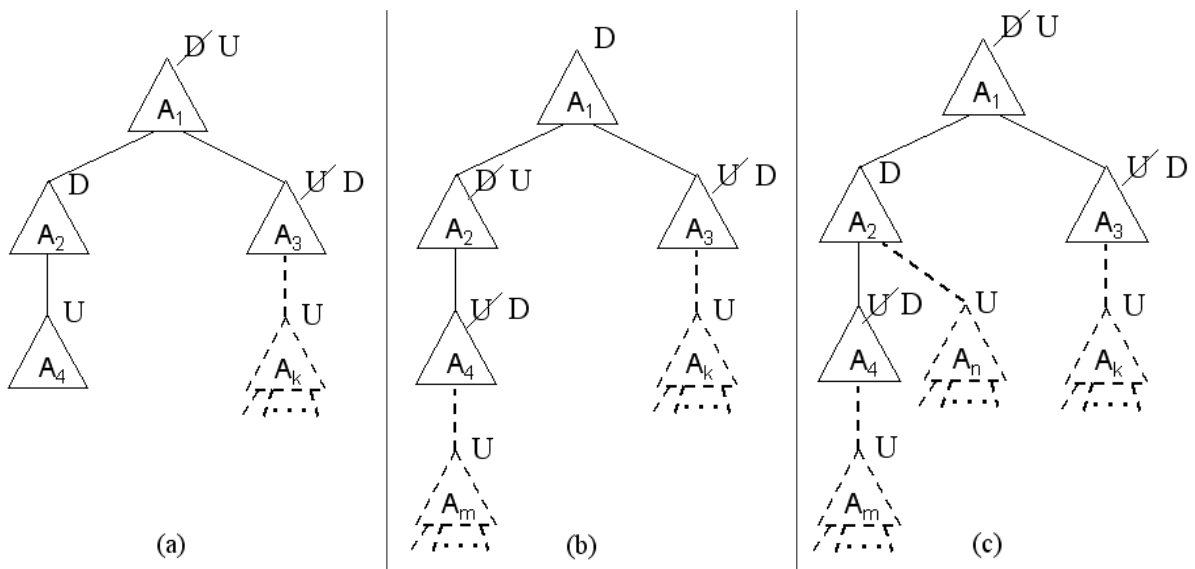


Figura 8: Repercusión de distintos brotes sobre el marcado de la raíz.

#### 4.2. Fórmula de status de un argumento en función del cambio

En esta sección se mostrará como construir una fórmula para capturar formalmente la relación analizada en la sección anterior, entre el cambio sufrido por un árbol y el status de su raíz, resultado de la incorporación de un conjunto de hechos  $\beta$ .

A continuación se especifica la forma de los átomos a partir de los cuales se contruirá la fórmula, junto a su significado.

- $U(\Delta_{A_k}^L)$ : el argumento  $\Delta_{A_k}^L$  se encuentra marcado con U luego de la incorporación de  $\beta$ .
- $D(\Delta_{A_k}^L)$ : el argumento  $\Delta_{A_k}^L$  se encuentra marcado con D luego de la incorporación de  $\beta$ .
- $dis(\Delta_{A_k}^L)$ : desaparece  $\Delta_{A_k}^L$  por la incorporación de  $\beta$ .
- $spr(\Delta_{A_k}^L)$ : brota  $\Delta_{A_k}^L$  por la incorporación de  $\beta$ .



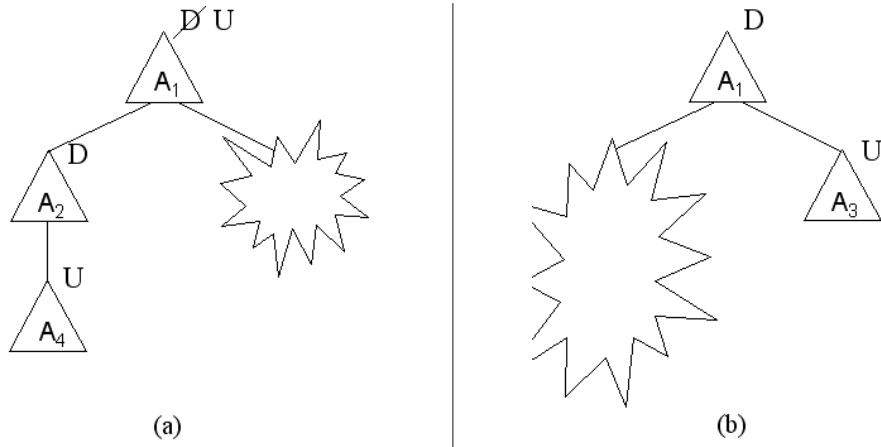


Figura 9: Repercusión de la desaparición de distintos subárboles sobre el marcado de la raíz.

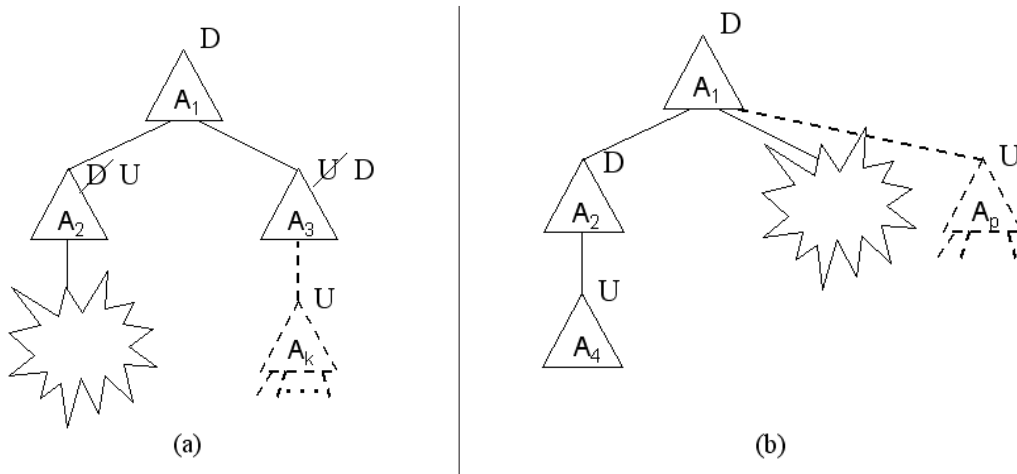


Figura 10: Repercusión del brote y desaparición de subárboles sobre el marcado de la raíz.

Recordemos la regla para establecer la marca asociada a un nodo interno de un árbol de dialéctica en función de las marcas asociadas a los hijos de dicho nodo presentada en [2].

Sea  $T_{\langle A_0, h_0 \rangle}$  el árbol de dialéctica para un argumento  $\langle A_0, h_0 \rangle$  obtenido a partir de un programa  $\mathcal{P}$ . Sea  $\Delta_{\langle A, h \rangle}^L$  un nodo de  $T_{\langle A_0, h_0 \rangle}$  donde  $L = [\langle A_0, h_0 \rangle, \langle A_1, h_1 \rangle, \dots, \langle A_n, h_n \rangle]$ . Sea  $L' = [\langle A_0, h_0 \rangle, \langle A_1, h_1 \rangle, \dots, \langle A_n, h_n \rangle, \langle A, h \rangle]$ .  $\Delta_{\langle A, h \rangle}^L$  se marcará con U ssi todo hijo  $\Delta_{\langle B_i, k_i \rangle}^{L'}$  de  $\Delta_{\langle A, h \rangle}^L$  se encuentra marcado con D.

Esta regla puede extenderse para considerar el cambio en términos de brote y desaparición de subárboles resultado de la incorporación de un conjunto de hechos.

Sea  $T_{\langle A_0, h_0 \rangle}$  el árbol de dialéctica para un argumento  $\langle A_0, h_0 \rangle$  obtenido a partir de un programa  $\mathcal{P}$ . Sea  $\beta$  un conjunto de hechos. Sea  $\Delta_{\langle A, h \rangle}^L$  un nodo de  $T_{\langle A_0, h_0 \rangle}$  donde  $L = [\langle A_0, h_0 \rangle, \langle A_1, h_1 \rangle, \dots, \langle A_n, h_n \rangle]$ , tal que  $\Delta_{\langle A, h \rangle}^L$  no desaparece por la incorporación de  $\beta$ . Sea  $L' = [\langle A_0, h_0 \rangle, \langle A_1, h_1 \rangle, \dots, \langle A_n, h_n \rangle, \langle A, h \rangle]$ .  $\Delta_{\langle A, h \rangle}^L$  se marcará con U luego de la incorporación de  $\beta$  ssi

- todo hijo  $\Delta_{\langle B_i, k_i \rangle}^{L'}$  de  $\Delta_{\langle A, h \rangle}^L$  o bien desaparece o se encuentra marcado con D luego de la inor-

poración de  $\beta$

y

- no es el caso que un argumento brote a partir de la línea  $L$  luego de la incorporación de  $\beta$ .

Esta regla puede especificarse mediante la siguiente fórmula:

$$U(\Delta_{\langle A, h \rangle}^L) \Leftrightarrow \left( \bigwedge_{1 \leq i \leq n} (dis(\Delta_{\langle B_i, k_i \rangle}^{L'}) \vee \neg U(\Delta_{\langle B_i, k_i \rangle}^{L'})) \right) \wedge \neg(\exists x) spr(\Delta_{\langle S_x, s_x \rangle}^{L'}) \quad (1)$$

donde  $\langle B_1, k_1 \rangle, \langle B_2, k_2 \rangle, \dots, \langle B_n, k_n \rangle$  son los hijos de  $\langle A, h \rangle$ .

A continuación se mostrará como obtener la fórmula del status de  $\Delta_{A_1}^{\square}$  en función del brote y desaparición de subárboles.

En primer lugar, se instancia la fórmula (1) con cada nodo del árbol:

$$\begin{aligned} U(\Delta_{A_1}^{\square}) &\Leftrightarrow (dis(\Delta_{A_2}^{[1]}) \vee \neg U(\Delta_{A_2}^{[1]})) \wedge (dis(\Delta_{A_3}^{[1]}) \vee \neg U(\Delta_{A_3}^{[1]})) \wedge \neg(\exists x) spr(\Delta_{A_x}^{[1]}) \\ U(\Delta_{A_2}^{[1]}) &\Leftrightarrow (dis(\Delta_{A_4}^{[1,2]}) \vee \neg U(\Delta_{A_4}^{[1,2]})) \wedge \neg(\exists x) spr(\Delta_{A_x}^{[1,2]}) \\ U(\Delta_{A_3}^{[1]}) &\Leftrightarrow \neg(\exists x) spr(\Delta_{A_x}^{[1,3]}) \\ U(\Delta_{A_4}^{[1,2]}) &\Leftrightarrow \neg(\exists x) spr(\Delta_{A_x}^{[1,2,4]}) \end{aligned}$$

Se reemplaza la definición para  $U(\Delta_{A_4}^{[1,2]})$  en la definición para  $U(\Delta_{A_2}^{[1]})$ :

$$U(\Delta_{A_2}^{[1]}) \Leftrightarrow (dis(\Delta_{A_4}^{[1,2]}) \vee (\exists x) spr(\Delta_{A_x}^{[1,2,4]})) \wedge \neg(\exists x) spr(\Delta_{A_x}^{[1,2]})$$

Finalmente se reemplazan las definiciones para  $U(\Delta_{A_2}^{[1]})$  y  $U(\Delta_{A_3}^{[1]})$  en la definición para  $U(\Delta_{A_1}^{\square})$  y se reescribe la fórmula resultante utilizando De Morgan de forma que no queden conectivos ' $\vee$ ' ni ' $\wedge$ ' dentro del alcance de un ' $\neg$ '.

$$\begin{aligned} U(\Delta_{A_1}^{\square}) &\Leftrightarrow \\ &\left( dis(\Delta_{A_2}^{[1]}) \vee \neg dis(\Delta_{A_4}^{[1,2]}) \wedge \neg(\exists x) spr(\Delta_{A_x}^{[1,2,4]}) \vee (\exists x) spr(\Delta_{A_x}^{[1,2]}) \right) \\ &\wedge \left( dis(\Delta_{A_3}^{[1]}) \vee (\exists x) spr(\Delta_{A_x}^{[1,3]}) \right) \wedge \neg(\exists x) spr(\Delta_{A_x}^{[1]}) \end{aligned} \quad (2)$$

En la Figura 11 se brinda una representación gráfica de la fórmula para  $U(\Delta_{A_1}^{\square})$  con el propósito de facilitar su lectura y comprensión. Observar que las ramificaciones en el gráfico representan disyunción y la secuencia conjunción. De esta forma, un camino desde el punto *inicial* a la izquierda del gráfico hasta el punto *final* a la derecha del mismo representa una forma de hacer verdadera la fórmula, y por lo tanto de lograr el marcado U para la raíz del árbol,  $\Delta_{A_1}^{\square}$ .

Consideremos el camino señalado en la Figura 12. De acuerdo a este camino, una forma de hacer verdadera la fórmula es que no desaparezca el argumento  $A_4$  a partir de  $[1, 2]$ , que no brote un argumento a partir de  $[1, 2, 4]$ , que brote un argumento a partir de  $[1, 3]$  y que no brote un argumento a partir de  $[1]$ . Esta forma de hacer verdadera la fórmula corresponde al caso ilustrado en la Figura 8(a).

Dado un  $\beta$  cuya incorporación al programa provoca un determinado cambio en un árbol en términos de brote y desaparición de subárboles, podríamos utilizar la fórmula para determinar el status de la raíz del árbol resultado de dicha incorporación. Una forma de hacerlo es considerar cada posible camino en la representación gráfica para la fórmula, concluyendo que la raíz estará marcada con U si se encuentra al menos uno cuyos átomos son todos satisfechos, y concluyendo que estará marcada

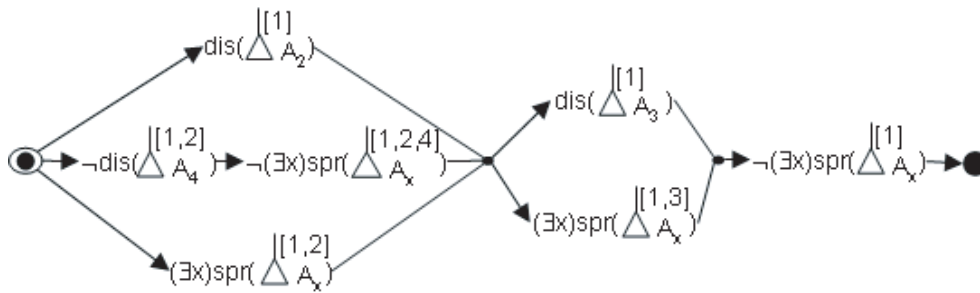


Figura 11: Representación gráfica de la fórmula (2).

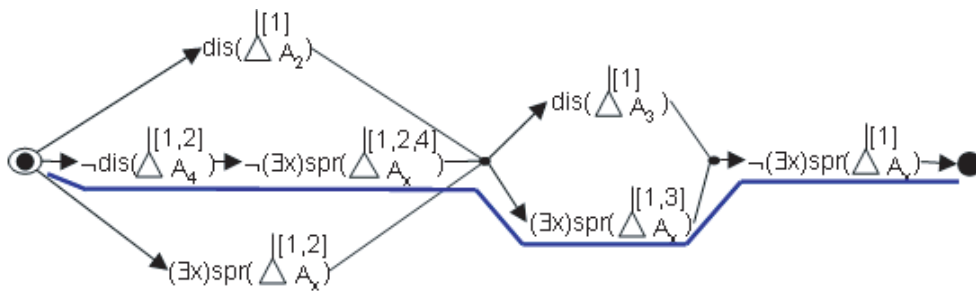


Figura 12: Camino representando una forma de hacer verdadera la fórmula.

con D en caso contrario. La Figura 13 ilustra este procedimiento para el caso de la Figura 8(c). Un  $\checkmark$  sobre un átomo significa que el átomo es satisfecho, y permite avanzar por ese camino. Una  $\times$  sobre un átomo significa que ese átomo no es satisfecho y en consecuencia no tiene sentido seguir avanzando por ese camino. Al encontrar un camino formado por átomos satisfechos, concluimos que la raíz estará marcada con U. Notar que la conclusión es correcta, como muestra la Figura 8(c).

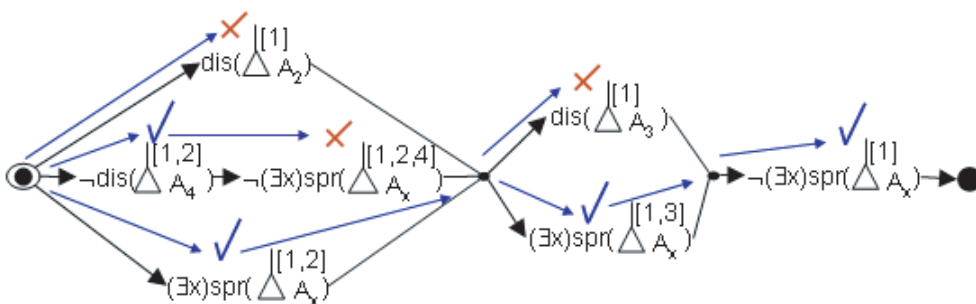


Figura 13: Ilustración del procedimiento para el cambio de la Figura 8(c).

La Figura 14 ilustra el procedimiento para el caso de la Figura 10(a). Al no existir un camino formado por átomos satisfechos, concluimos que la raíz estará marcada con D. Notar que la conclusión es correcta, como muestra la Figura 10(a).

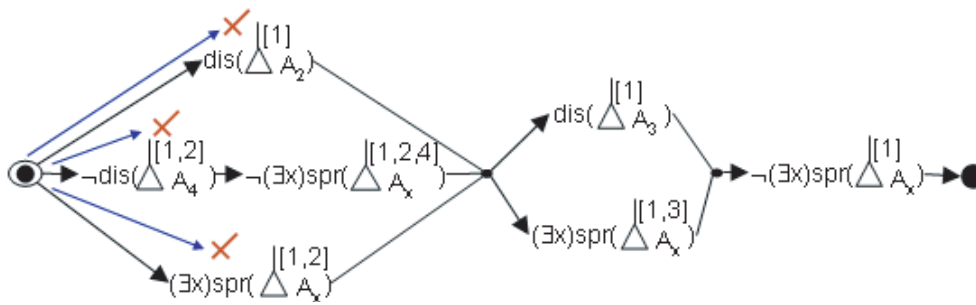


Figura 14: Ilustración del procedimiento para el cambio de la Figura 10(a).

## 5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Mediante este trabajo, y motivados por su aplicabilidad a agentes inteligentes deliberativos, se planteó formalmente el problema de determinar qué hechos debería incorporarse a un programa DeLP para alterar el estado de garantía de un determinado literal. Con el propósito de introducirnos en el abordaje del problema se analizó el efecto de la incorporación de un conjunto de hechos arbitrario sobre el estado de garantía de un determinado literal. Finalmente, se introdujo una fórmula que permite capturar formalmente el efecto del cambio en la topología de un árbol de dialéctica sobre el status del argumento de su raíz.

Como trabajo futuro se analizará en mayor profundidad y caracterizará formalmente el efecto de la incorporación de un conjunto de hechos arbitrario sobre el estado de garantía de un determinado literal, lo que permitirá obtener una solución al problema planteado en este artículo. Finalmente se utilizará  $\ell$ -DeLP ([3]) para formalizar la solución hallada. Dado que se cuenta con un intérprete para  $\ell$ -DeLP, dispondremos automáticamente de una implementación de la solución.

## REFERENCIAS

- [1] Carlos Chesñevar, Ana Maguitman, and Ronald Loui. Logical models of argument. *ACM Computing Surveys*, 32(4):337–383, 2000.
- [2] A. García and G. Simari. Defeasible Logic Programming an Argumentative Approach. *Theory and Prac. of Logic Program.*, 4(1):95–138, 2004.
- [3] M. Gómez Lucero, C. Chesñevar, G. Simari, and A. García. Extensión de la argumentación rebatible para considerar etiquetas. *VIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, pages 189–193, 2006.
- [4] H. Prakken and G. Vreeswijk. Logical systems for defeasible argumentation. In D. Gabbay and F. Guenther, editors, *Handbook of Phil. Logic*, pages 219–318, Kluwer, 2002.
- [5] Guillermo R. Simari and Ronald P. Loui. A Mathematical Treatment of Defeasible Reasoning and its Implementation. *Artificial Intelligence*, 53(1–2):125–157, 1992.