



Planificación mediante STRIPS

Una dificultad en Inteligencia Artificial, es conseguir un procedimiento para que el computador pueda formular planes para resolver problemas.

Los conceptos básicos de un problema son: enunciados, operadores y meta.

STRIPS

Como cualquier planificador STRIPS

consta de:

- Predicados**
- Operadores**
- Reglas de Inferencia**

STRIPS

En STRIPS se asume la hipótesis del “mundo cerrado”:

**Cualquier afirmación que no aparezca
explícitamente representada en el estado o pueda
ser deducida por las reglas de inferencia, es falsa**

STRIPS

Para la *formalización* se utilizan:

A) Fórmulas lógicas en un lenguaje de primer orden para describir el estado inicial y final

STRIPS

B) Descripciones de operadores mediante:

- Precondiciones**
- Añadidos**
- Borrados**

STRIPS

La *búsqueda* del plan se hace hacia atrás en profundidad y por pila de metas

Formalización de STRIPS. Ejemplo de descripción de operadores

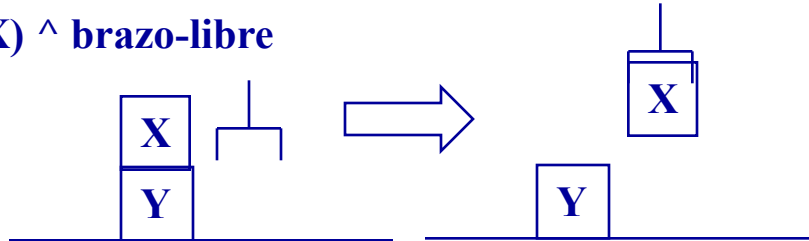
QUITAR(X, Y)

precondiciones: encima (X, Y) \wedge libre (X) \wedge brazo-libre

añadidos: sujeto (X) \wedge libre (Y)

borrados: brazo-libre \wedge encima (X, Y) \wedge

libre (X)

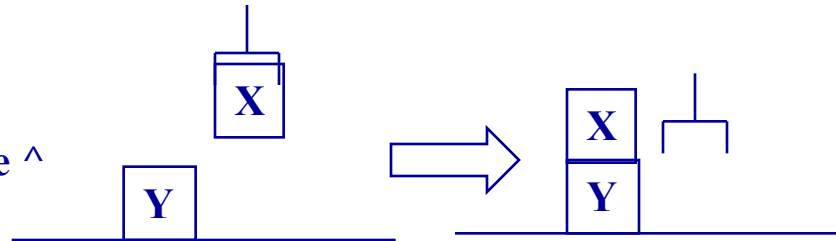


PONER(X, Y)

precondiciones: libre (Y) \wedge sujeto (X)

añadidos: encima (X, Y) \wedge brazo-libre \wedge

libre (X)



borrados: libre (Y) \wedge sujeto (X)

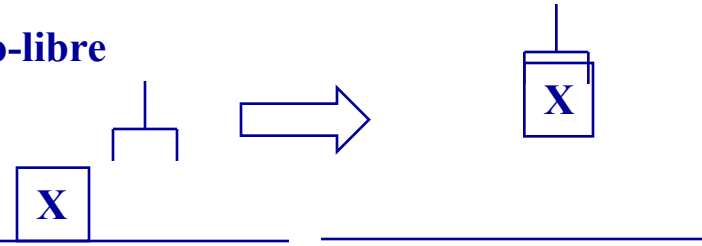
Formalización de STRIPS. Ejemplo de descripción de operadores

LEVANTAR(X)

precondiciones: en-mesa (X) ^ libre (X) ^ brazo-libre

añadidos: sujeto (X)

borrados: en-mesa (X) ^ brazo-libre ^ libre (X)

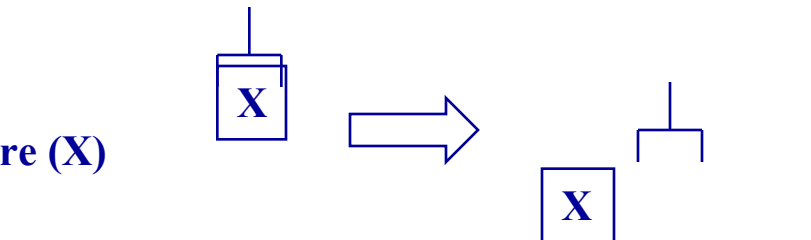


DEJAR(X)

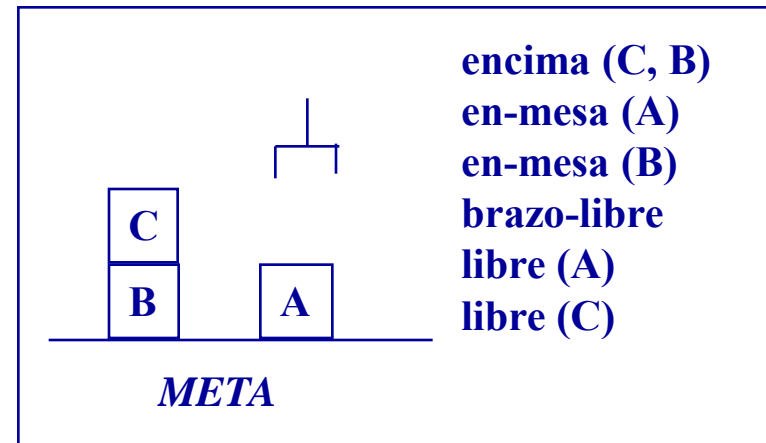
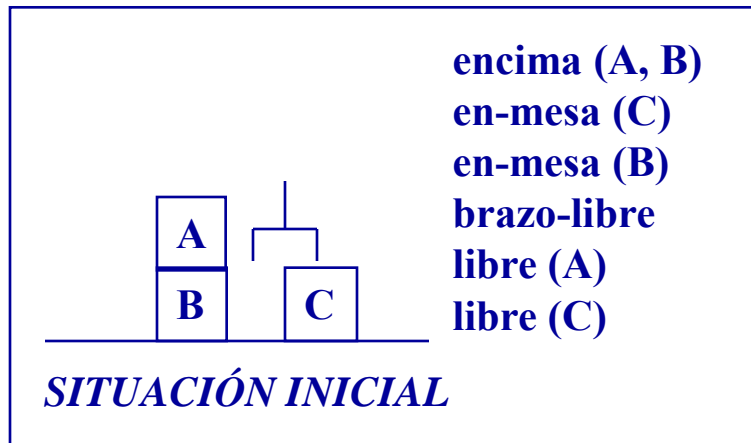
precondiciones: sujeto (X)

añadidos: en-mesa (X) ^ brazo-libre ^ libre (X)

borrados: sujeto (X)

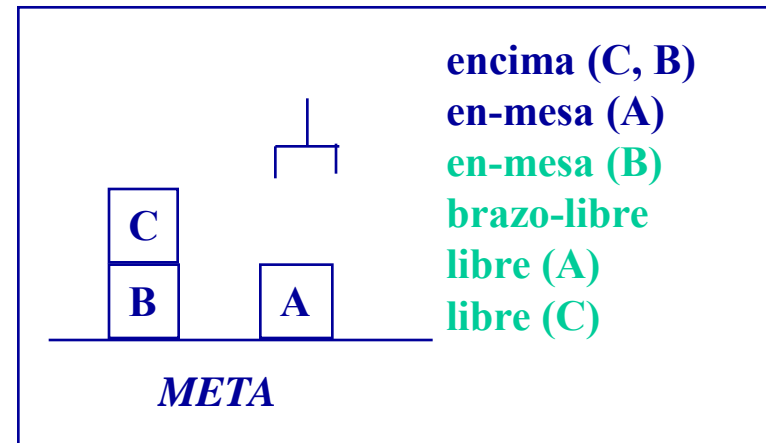
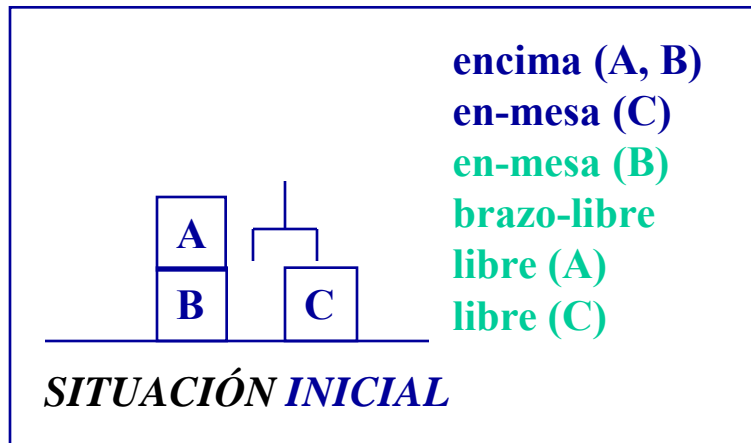


Formalización de STRIPS. Ejemplo de descripción de estados



Falta un estado, dado que no se da en estas dos representaciones, que sería: sujeto(x)

Formalización de STRIPS. Ejemplo de descripción de estados



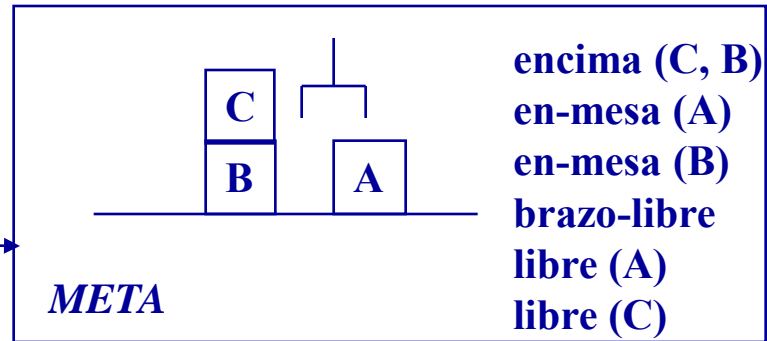
Al objeto de simplificar la representación y dado que una parte de la **META** coincide con la **SITUACIÓN INICIAL** la denominaremos **R**

Por el mismo motivo a la conjunción de metas, se le denominará **M**

Así **M** = encima (C, B) ^ en-mesa (A) ^ **R**

Búsqueda del plan en STRIPS

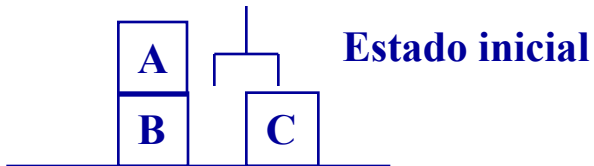
Se parte del estado meta



Se consideran las
diferencias con respecto al
estado inicial



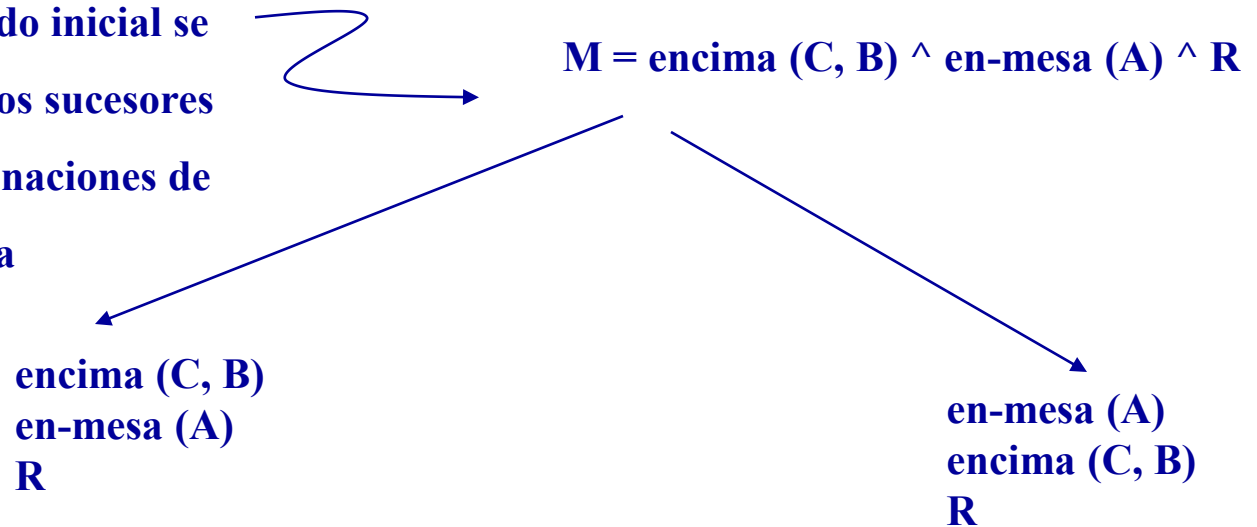
$$M = \text{encima (C, B)} \wedge \text{en-mesa (A)} \wedge R$$



El plan inicial es igual a \emptyset

Búsqueda del plan en STRIPS

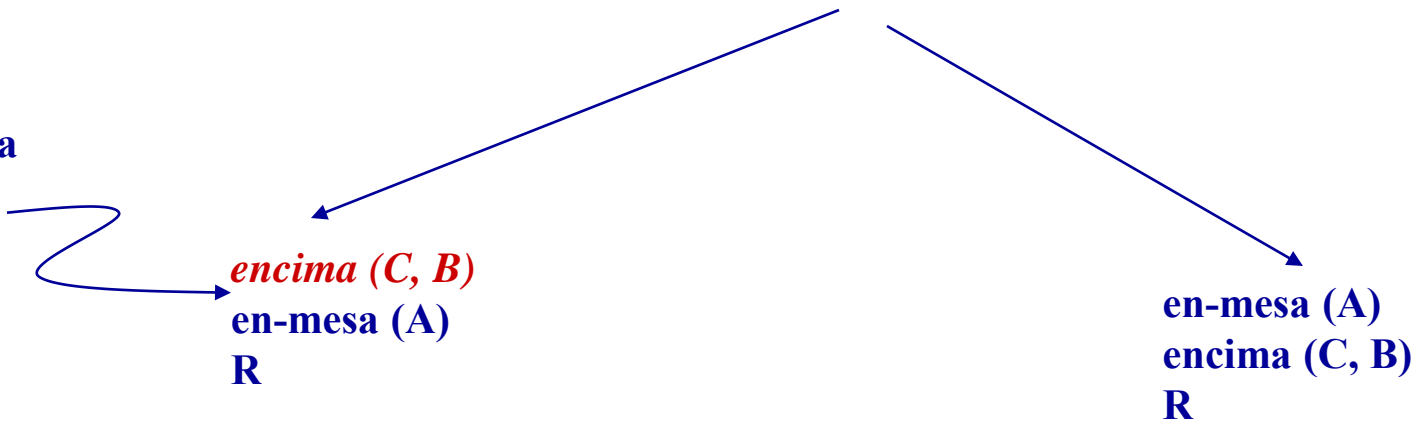
Para el nodo inicial se crean tantos sucesores como ordenaciones de metas haya



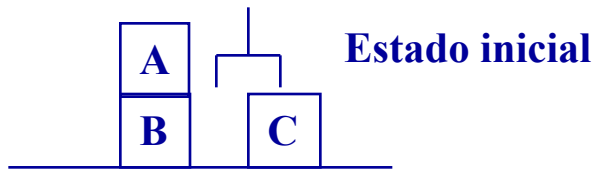
Búsqueda del plan en STRIPS

$$M = \text{encima}(C, B) \wedge \text{en-mesa}(A) \wedge R$$

Se elige una
rama



Búsqueda del plan en STRIPS



$M = encima(C, B) \wedge en-mesa(A) \wedge R$

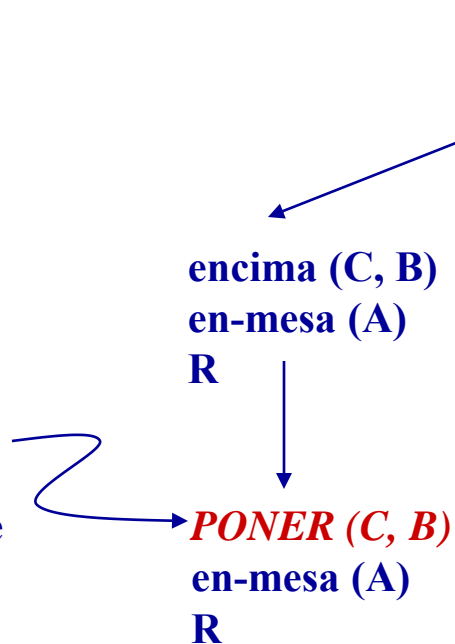
Se comprueba
si la meta de
la cima es
cierta en el
estado inicial

encima(C, B)
en-mesa(A)
R

Búsqueda del plan en STRIPS

$M = \text{encima}(C, B) \wedge \text{en-mesa}(A) \wedge R$

Si la meta de
la cima no es
cierta,
entonces se
busca un
operador que
la añada



Búsqueda del plan en STRIPS

$$M = \text{encima}(C, B) \wedge \text{en-mesa}(A) \wedge R$$

Se añaden las
precondiciones
del operador
con las distintas
ordenaciones

encima (C, B)
en-mesa (A)
R

↓

PONER (C, B)
en-mesa (A)
R

libre (B)
sujeto (C)

libre (B) ^ sujeto (C)

PONER (C, B)
en-mesa (A)
R

sujeto (C)
libre (B)

libre (B) ^ sujeto (C)

PONER (C, B)
en-mesa (A)
R

Como son las
precondiciones de los
operadores, cuando se
cumplen, quedan los
operadores al descubierto y
ya se sabe que se pueden
ejecutar

Búsqueda del plan en STRIPS

$$M = encima(C, B) \wedge en-mesa(A) \wedge R$$

encima (C, B)
en-mesa (A)
M

en-mesa (A)
encima (C, B)
M

PONER (C, B)
en-mesa (A)
M

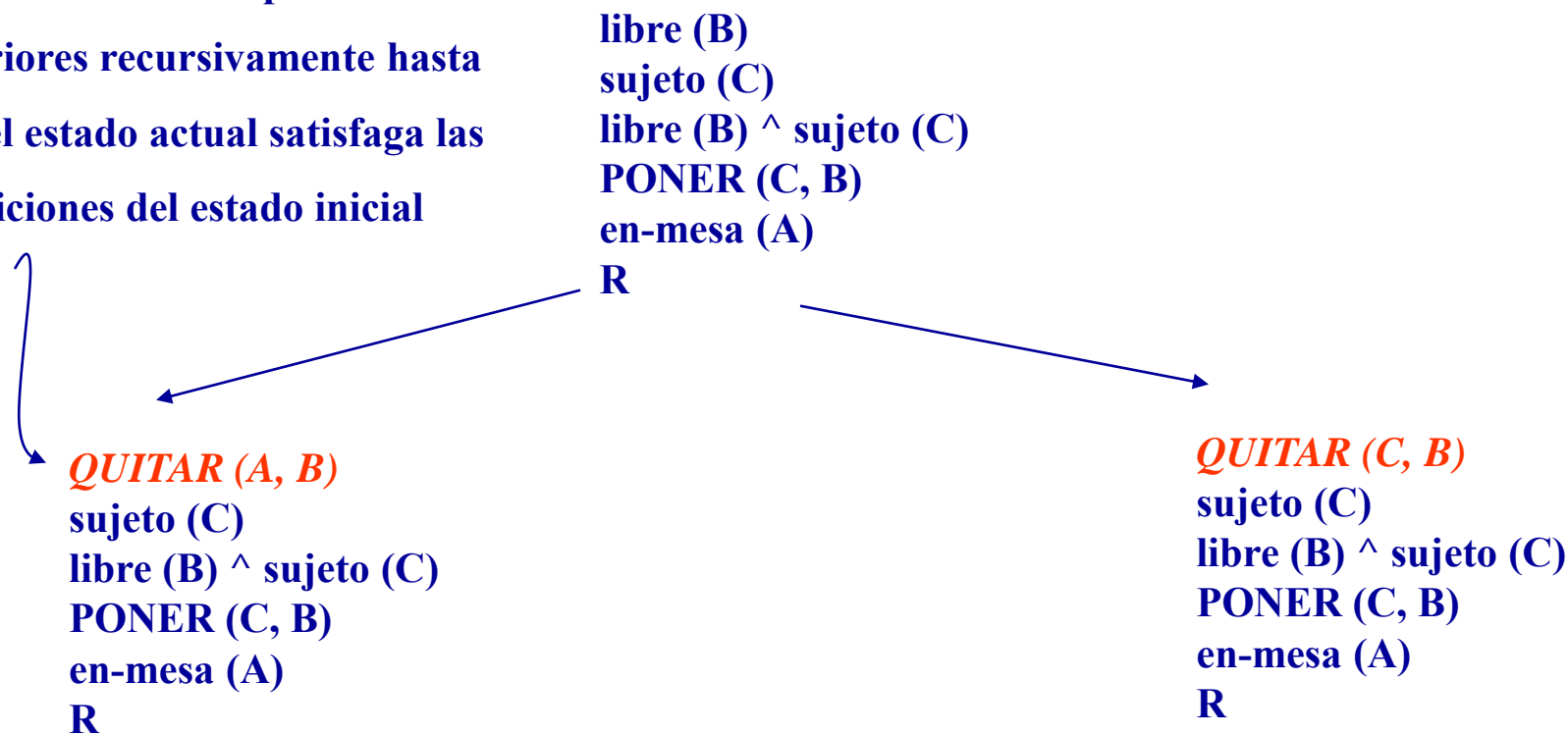
Se continúa con
el estudio de las
metas

libre (B)
sujeto (C)
libre (B) ^ sujeto (C)
PONER (C, B)
en-mesa (A)
M

sujeto (C)
libre (B)
libre (B) ^ sujeto (C)
PONER (C, B)
en-mesa (A)
M

Búsqueda del plan en STRIPS

Se llevan a cabo los pasos anteriores recursivamente hasta que el estado actual satisfaga las condiciones del estado inicial



Búsqueda del plan en STRIPS

QUITAR(A, B)

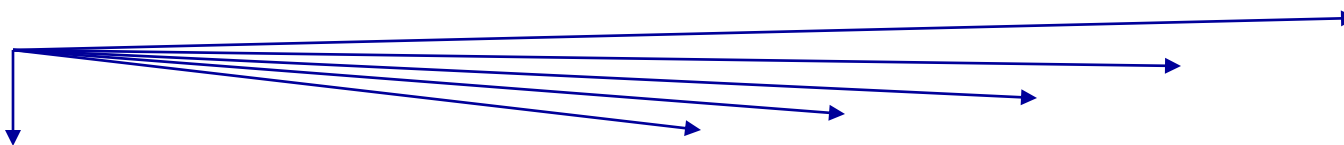
sujeto(C)

libre(B) ^ sujeto(C)

PONER(C, B)

en-mesa(A)

R



Encima (A, B)

Libre (A)

brazo-libre

Encima (A, B) ^ libre (A) ^ brazo-libre

QUITAR (A, B)

Sujeto (A)

Libre (B) ^ sujeto (A)

PONER (A, B)

en-mesa (A)

R

Búsqueda del plan en STRIPS

QUITAR (A, B)

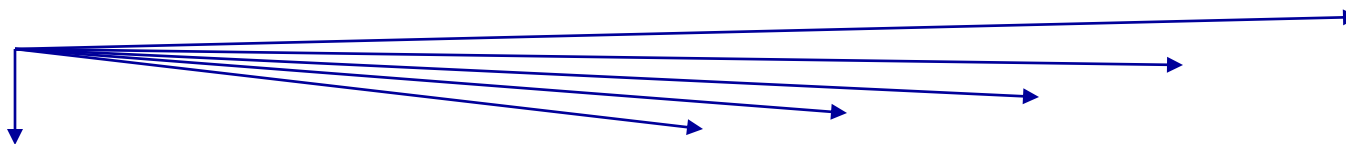
sujeto (C)

libre (B) ^ sujeto (C)

PONER (C, B)

en-mesa (A)

R



encima (A, B)

libre (A)

brazo-libre

encima (A, B) ^ libre(A) ^ brazo-libre

QUITAR (A, B)

sujeto (C)

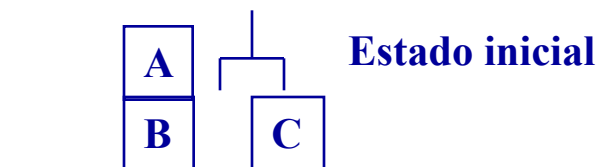
libre (B) ^ sujeto (C)

PONER (C, B)

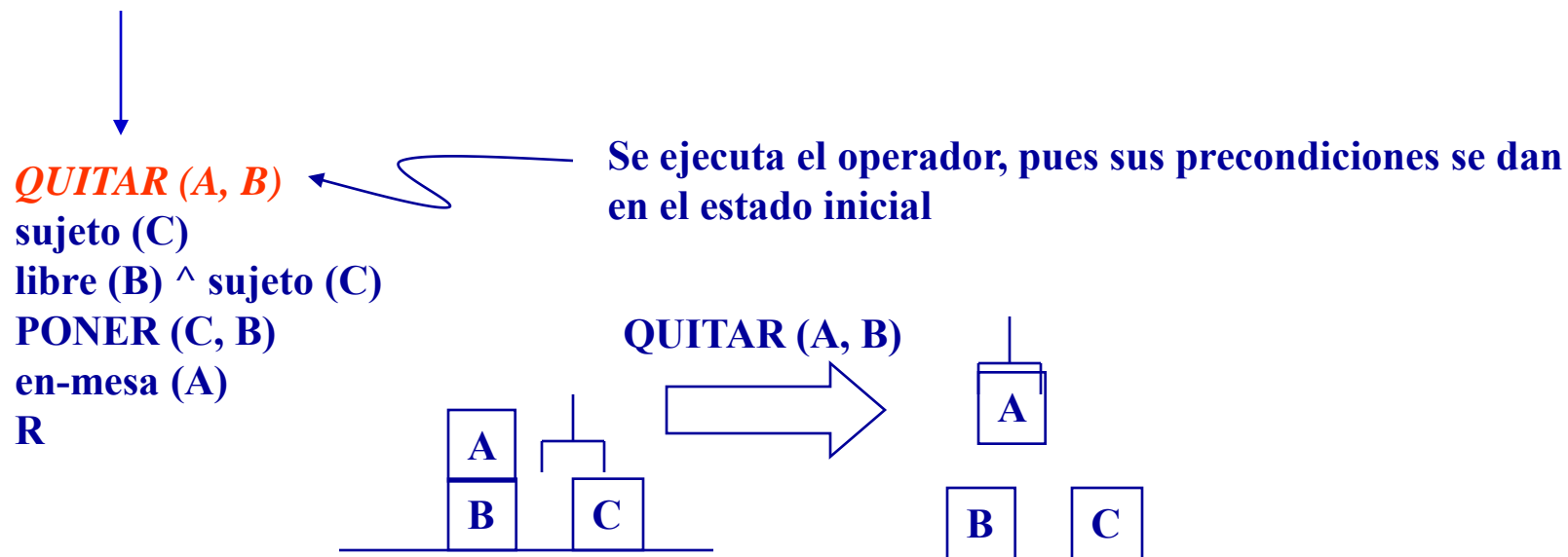
en-mesa (A)

R

Estas condiciones son ciertas en el estado inicial

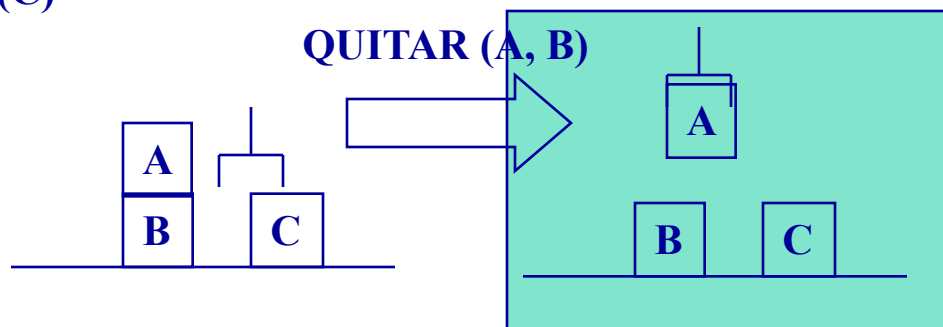


Búsqueda del plan en STRIPS



Búsqueda del plan en STRIPS

↓
QUITAR (A, B)
sujeto (C)
libre (B) ^ sujeto (C)
PONER (C, B)
en-mesa (A)
R



Estado E2 cuyas condiciones hay que comprobar en los siguientes pasos

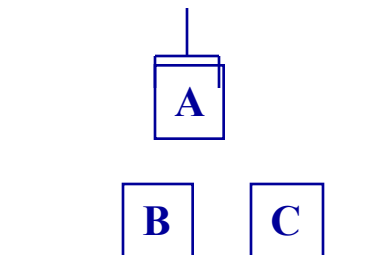
PLAN = QUITAR (A, B)

Búsqueda del plan en STRIPS

QUITAR (A, B)
sujeto (C)
libre (B) ^ sujeto (C)
PONER (C, B)
en-mesa (A)
R



sujeto (C)
Libre (B) ^ sujeto (C)
PONER (C, B)
en-mesa (A)
R



Estado E2

Como la condición de la cima no está satisfecha en E2, se busca el operador que la añada

Búsqueda del plan en STRIPS

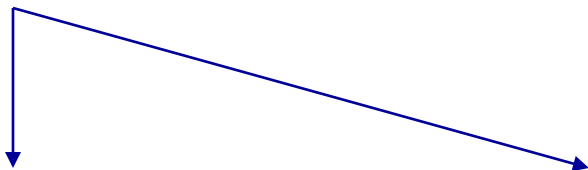
sujeto (C)

libre (B) ^ sujeto (C)

PONER (C, B)

en-mesa (A)

R



LEVANTAR (C)

libre (B) ^ sujeto (C)

PONER (C, B)

en-mesa (A)

R

QUITAR (C, y)

libre (B) ^ sujeto (C)

PONER (C, B)

en-mesa (A)

R

Búsqueda del plan en STRIPS

LEVANTAR (C)

sujeto (C)

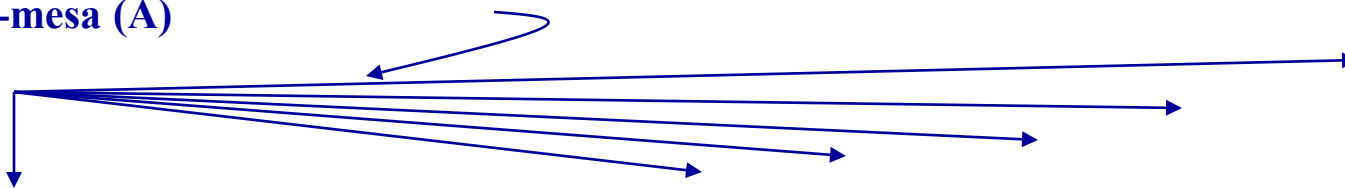
libre (B) ^ sujeto (C)

PONER (C, B)

en-mesa (A)

R

Se obtienen precondiciones, y se ordenan



en-mesa (C)

libre (C)

brazo-libre

en-mesa (C) ^ libre (C) ^ brazo-libre

LEVANTAR (C)

libre (B) ^ sujeto (C)

PONER (C, B)

en-mesa (A)

R

Búsqueda del plan en STRIPS

LEVANTAR (C)

sujeto (C)

libre (B) \wedge sujeto (C)

PONER (C, B)

en-mesa (A)

R

en-mesa (C)

libre (C)

brazo-libre

en-mesa (C) \wedge libre (C) \wedge brazo-libre

LEVANTAR (C)

libre (B) \wedge sujeto (C)

PONER (C, B)

en-mesa (A)

R



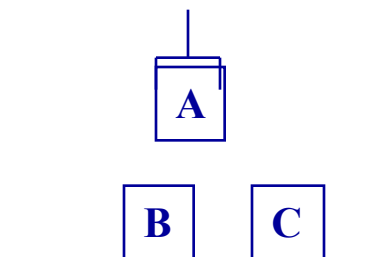
Estado E2

Son condiciones satisfechas en E2

Es una condición no satisfecha en E2

Búsqueda del plan en STRIPS

en-mesa (C)
libre (C)
brazo-libre
en-mesa (C) ^ libre (C) ^ brazo-libre
LEVANTAR (C)
libre (B) ^ sujeto (C)
PONER (C, B)
en-mesa (A)
R



Estado E2

brazo-libre

en-mesa (C) ^ libre (C) ^ brazo-libre
LEVANTAR (C)
libre (B) ^ sujeto (C)
PONER (C, B)
en-mesa (A)
R

Se buscan operadores que añadan esta condición

Búsqueda del plan en STRIPS

brazo-libre

en-mesa (C) ^ libre (C) ^ brazo-libre

LEVANTAR (C)

sujeto (C)

Libre (B) ^ sujeto (C)

PONER (C, B)

en-mesa (A)

R



DEJAR (A)

en-mesa (C) ^ libre (C) ^ brazo-libre

LEVANTAR (C)

libre (B) ^ sujeto (C)

PONER (C, B)

en-mesa (A)

R

PONER (x,y)

en-mesa (C) ^ libre (C) ^ brazo-libre

LEVANTAR (C)

libre (B) ^ sujeto (C)

PONER (C, B)

en-mesa (A)

R

Búsqueda del plan en STRIPS

DEJAR (A)
brazo-libre
en-mesa (C) ^ libre (C) ^ brazo-libre
LEVANTAR (C)
libre (B) ^ sujeto (C)
PONER (C, B)
en-mesa (A)
R



sujeto(A)
DEJAR (A)
brazo-libre
en-mesa (C) ^ libre (C) ^ brazo-libre
LEVANTAR (C)
libre (B) ^ sujeto (C)
PONER (C, B)
en-mesa (A)
R

Búsqueda del plan en STRIPS

sujeto (A)

DEJAR (A)

brazo-libre

en-mesa (C) ^ libre (C) ^ brazo-libre

LEVANTAR (C)

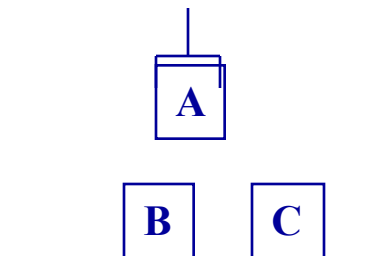
libre (B) ^ sujeto (C)

PONER (C, B)

en-mesa (A)

R

Esta meta está en el estado E2



Estado E2

DEJAR (A)

brazo-libre

en-mesa(C) ^ libre (C) ^ brazo-libre

LEVANTAR (C)

libre (B) ^ sujeto (C)

PONER (C, B)

en-mesa (A)

R

Búsqueda del plan en STRIPS

DEJAR (A)

brazo-libre

en-mesa (C) ^ libre (C) ^ brazo-libre

LEVANTAR (C)

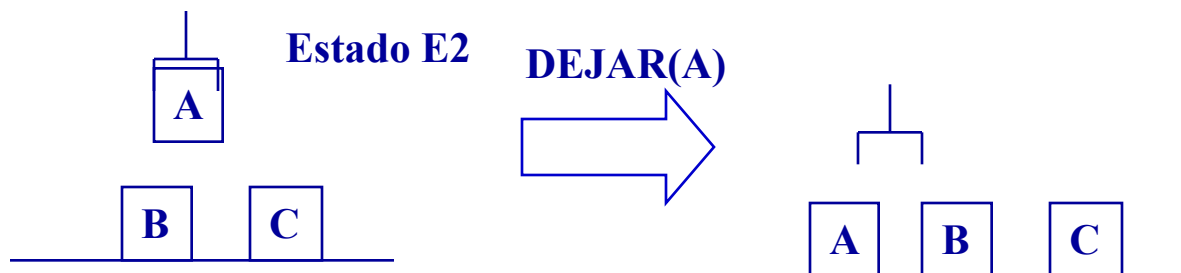
libre (B) ^ sujeto (C)

PONER (C, B)

en-mesa (A)

R

Se ejecuta el operador, pues sus precondiciones se dan en el estado E2



PLAN = QUITAR(A, B), DEJAR(A)

Búsqueda del plan en STRIPS

DEJAR (A)

brazo-libre

en-mesa (C) ^ libre (C) ^ brazo-libre

LEVANTAR (C)

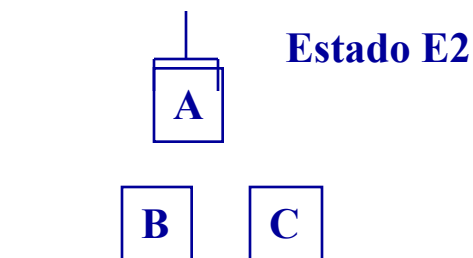
libre (B) ^ sujeto (C)

PONER (C, B)

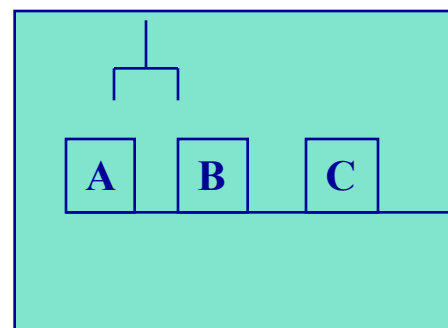
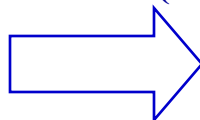
en-mesa (A)

R

Se ejecuta el operador, pues sus precondiciones se dan en el estado E2



DEJAR(A)



Estado E3 cuyas condiciones hay que comprobar en los siguientes pasos

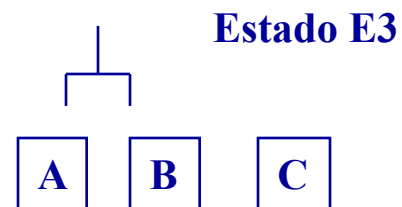
PLAN = QUITAR (A, B), DEJAR (A)

Búsqueda del plan en STRIPS

DEJAR (A)
brazo-libre
en-mesa (C) ^ libre (C) ^ brazo-libre
LEVANTAR (C)
libre (B) ^ sujeto (C)
PONER (C, B)
en-mesa (A)
R



brazo-libre
en-mesa (C) ^ libre (C) ^ brazo-libre }
LEVANTAR (C)
libre (B) ^ sujeto (C)
PONER (C, B)
en-mesa (A)
R



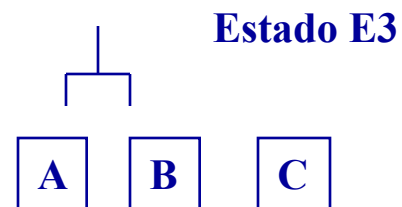
Las condiciones son ciertas en el estado E3

Búsqueda del plan en STRIPS

brazo-libre
en-mesa (C) ^ libre (C) ^ brazo-libre
LEVANTAR (C)
libre (B) ^ sujeto (C)
PONER (C, B)
en-mesa (A)
R



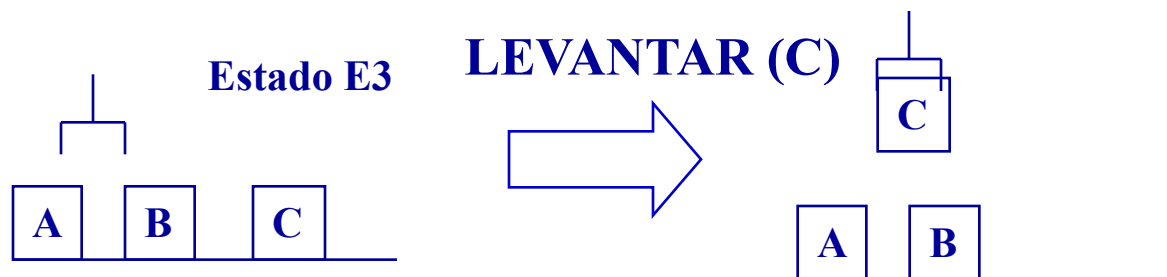
LEVANTAR (C)
libre (B) ^ sujeto (C)
PONER (C, B)
en-mesa (A)
R



Búsqueda del plan en STRIPS

LEVANTAR (C)
libre (B) ^ sujeto (C)
PONER (C, B)
en-mesa (A)
R

Se ejecuta el operador, pues sus
precondiciones se dan en el estado E3

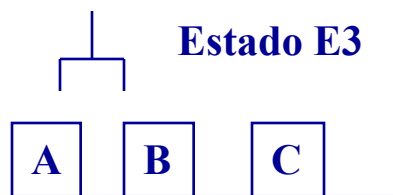


PLAN = QUITAR (A, B), DEJAR (A), LEVANTAR (C)

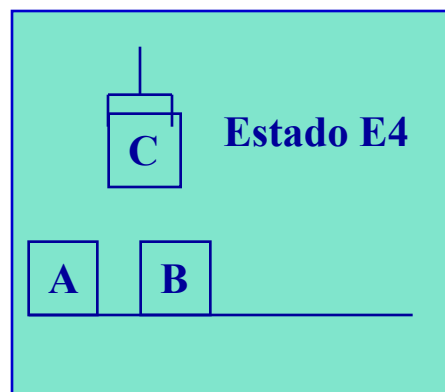
Búsqueda del plan en STRIPS

LEVANTAR (C)
libre (B) ^ sujeto (C)
PONER (C, B)
en-mesa (A)
R

Se ejecuta el operador, pues sus
precondiciones se dan en el estado E3



LEVANTAR(C)



Estado E4
cuyas
condiciones
hay que
comprobar en
los siguientes
pasos

PLAN = QUITAR (A, B), DEJAR (A), LEVANTAR (C)

Búsqueda del plan en STRIPS

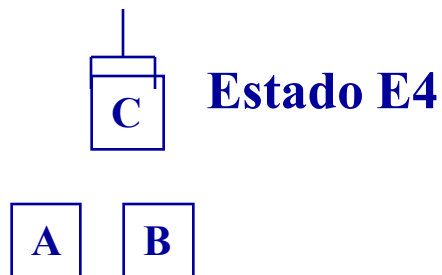
LEVANTAR (C)
libre (B) ^ sujeto (C)
PONER (C, B)
en-mesa (A)

R



libre (B) ^ sujeto (C)
PONER (C, B)
en-mesa (A)

R



Las condiciones son ciertas en el estado E4

Búsqueda del plan en STRIPS

LEVANTAR (C)
libre (B) ^ sujeto (C)
PONER (C, B)
en-mesa (A)

R

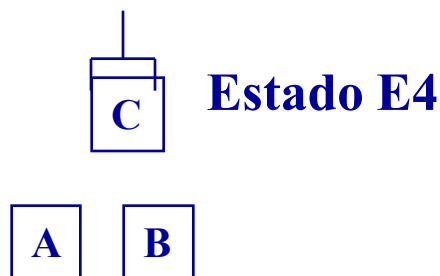


libre (B) ^ sujeto (C)
PONER (C, B)
en-mesa (A)

R



PONER(C, B)
en-mesa(A)
R



Se cumplen las precondiciones del operador en el estado E4, por tanto, se ejecuta

Búsqueda del plan en STRIPS

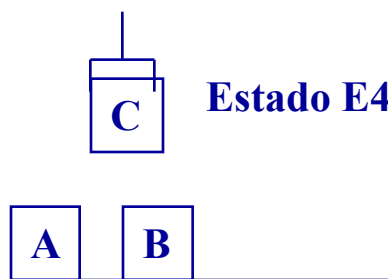
LEVANTAR (C)
libre (B) ^ sujeto (C)
PONER (C, B)
en-mesa (A)
R



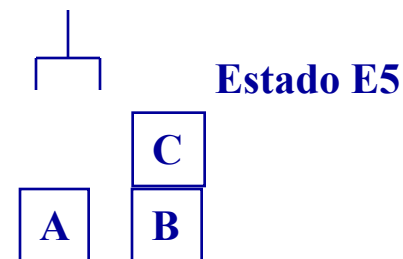
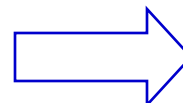
libre (B) ^ sujeto (C)
PONER (C, B)
en-mesa (A)
R



PONER (C, B)
en-mesa (A)
R



PONER (C, B)



PLAN = QUITAR (A, B), DEJAR (A), LEVANTAR (C), PONER (C, B)



Se cumplen las precondiciones del operador en el estado E4, por tanto, se ejecuta

Búsqueda del plan en STRIPS

PONER (C, B)
en-mesa (A)

R



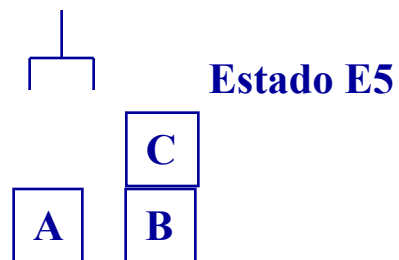
en-mesa(A)
R



\emptyset

Son metas que están en el estado E5, que es final

Pila vacía, se cumple la condición de fin



PLAN = QUITAR (A, B), DEJAR (A), LEVANTAR (C), PONER (C, B)

Problemas de los STRIPS

- 1. Si la situación es compleja, la búsqueda puede ser muy costosa**
- 2. Aun sin ser la situación compleja, puede haber muchas posibilidades**

Supóngase que se desea programar varios robots par que sean capaces de resolver determinados problemas de movimientos de cajas entre despachos (que pueden contener más de una mesa) de una misma planta de un edificio. Las acciones que puede realizar cada robots son:

LEVANTAR UNA CAJA DE UNA MESA, si esta en la misma oficina que ella y está libre (cada robot sólo puede llevar una caja en cada instante).

DEJAR UNA CAJA EN UNA MESA, se supone que las mesas tienen capacidad infinita.

IR DE UNA OFICINA A OTRA, si hay conexión entre ellas.

PASARLE UNA CAJA A OTRO ROBOT, si el otro esta libre y están en la misma oficina.
Formalizar dicho dominio en STRIPS

Levantar-caja (r,c,o,m)

Precondiciones: libre (r), en-oficina (r,o), en-oficina (m,o), en-mesa (c,m)

Añadidos: sujeta (r,c)

Borrados: libre (r), en-mesa (c,m)

Dejar-caja (r,c,o,m)

Precondiciones: sujeta (r,c), en-oficina (r,o), en-oficina (m,o)

Añadidos: libre (r), en-mesa (c,m)

Borrados: sujeta (r,c)

Ir-oficina (r,o,o')

Precondiciones: en-oficina (r,o), conexión (o,o')

Añadidos: en-oficina (r,o')

Borrados: en-oficina (r,o)

Pasar-caja (r,c,r',o)

Precondiciones: sujeta (r,c), libre (r'), en-oficina (r,o), en-oficina (r',o)

Añadidos: libre (r), sujeta (r',c)

Borrados: libre (r'), sujeta (r,c)

Una empresa dispone de N satélites meteorológicos, cada uno de ellos dotados de M instrumentos (cámaras o medidores de precisión). Diariamente deben obtenerse imágenes y/o mediciones de G objetivos. Para poder tomar una imagen o medición, el satélite debe tener el instrumento adecuado, calibrado (el cual se borrara después de la acción) y apuntando al objetivo. Por tanto, los satélites disponen de controles para girar el satélite, apuntar a un objetivo (descrito por coordenadas en el espacio), calibrar cada instrumento, y tomar la imagen o medición.

Las imágenes pueden tomarse con tres resoluciones: alta, media y baja. Los satélites pueden estar dotados de cámaras de resolución alta (pueden tomar imágenes en cualquier resolución) o baja resolución (pueden tomar imágenes de media y baja resolución). Las mediciones de precisión pueden ser de tres tipos de señales: A, B y C. Los medidores son de tres tipos, uno para cada tipo de señal.

Se desea construir un sistema automático que controle los satélites para tomar imágenes o mediciones de G objetivos diarios, teniendo en cuenta que los objetivos vienen descritos por las coordenadas del espacio donde están (tres parámetros), e información sobre el objetivo (imagen y tipo de imagen o medición y tipo de medición). Al comienzo de cada día se conoce donde apunta cada satélite (mediante coordenadas). Formalizar dicho objetivo según STRIPS:

Una empresa dispone de N satélites meteorológicos, cada uno de ellos dotados de M instrumentos (cámaras o medidores de precisión). Diariamente deben obtenerse imágenes y/o mediciones de G objetivos. Para poder tomar una imagen o medición, el satélite debe tener el instrumento adecuado, calibrado (el cual se borrara después de la acción) y apuntando al objetivo. Por tanto, los satélites disponen de controles para girar el satélite, apuntar a un objetivo (descrito por coordenadas en el espacio), calibrar cada instrumento, y

tomar la imagen o medición.

Las imágenes pueden tomarse con tres resoluciones: alta, media y baja. Los satélites pueden estar dotados de cámaras de resolución alta (pueden tomar imágenes en cualquier resolución) o baja resolución (pueden tomar imágenes de media y baja resolución). Las mediciones de precisión pueden ser de tres tipos de señales: A, B y C. Los medidores son de tres tipos, uno para cada tipo de señal.

Se desea construir un sistema automático que controle los satélites para tomar imágenes o mediciones de G objetivos diarios, teniendo en cuenta que los objetivos vienen descritos por las coordenadas del espacio donde están (tres parámetros), e información sobre el objetivo (imagen y tipo de imagen o medición y tipo de medición). Al comienzo de cada día se conoce donde apunta cada satélite (mediante coordenadas). Formalizar dicho objetivo según STRIPS:

Girar (s,p,p1)

Precondiciones: apunta (s,p), posición (p),
posición (p1), $p \neq p1$

Añadidos: apunta (s,p1)

Borrados: apunta (s,p)

Calibrar (s,i)

Precondiciones: en (s,i), \sim calibrado (i)

Añadidos: calibrado (i)

Borrados:

Tomar-imagen-alta (s,c,p,r)

Precondiciones: en (s,c), resolución-camara (c,alta), resolución (r), apunta (s,p), calibrado (c)

Añadidos: imagen (p,r)

Borrados: calibrado (c)

Tomar-imagen-baja (s,c,p,r)

Precondiciones: en (s,c), resolución-camara (c,baja), resolución (r), $r \neq \text{alta}$, apunta (s,p), calibrado (c)

Añadidos: imagen (p,r)

Borrados: calibrado (c)

Medir (s,m,p,ts)

Precondiciones: en (s,m), mide (m,ts), apunta (s,p),
calibrado (m)

Añadidos: medición (p,ts)

Borrados: calibrado (m)