## 1

a.

 $x \leftarrow \text{v\'alido, t\'ermino}$ 

## b.

 $x \ x \leftarrow$  válido, término

#### c.

 $M \leftarrow \text{inválido}$ 

### d.

 $M~M \leftarrow \text{inválido}$ 

#### e.

true false ← válido, término

## f.

true succ(false true) ← válido, término

## g.

 $\lambda x.$ isZero $(x) \leftarrow$  inválido

### h.

 $\lambda x : \sigma.\operatorname{succ}(x) \leftarrow \operatorname{inv\'alido}$ 

#### i.

 $\lambda x : \text{Bool. succ}(x) \leftarrow \text{válido, término}$ 

### j.

 $\lambda x$ : if true then Bool else  $\mathrm{Nat}.x \leftarrow \mathrm{inv\'alido}$ 

### k.

 $\sigma \leftarrow \text{inválido}$ 

### 1.

 $Bool \leftarrow v\'alido, tipo$ 

#### m.

 $\mathsf{Bool} \to \mathsf{Bool} \leftarrow \mathsf{v\'alido}, \mathsf{tipo}$ 

#### n.

 $\mathsf{Bool} \to \mathsf{Bool} \to \mathsf{Nat} \leftarrow \mathsf{v\'alido}, \mathsf{tipo}$ 

### ñ.

 $(\mathsf{Bool} \to \mathsf{Bool}) \to \mathsf{Nat} \leftarrow \mathsf{v\'alido}, \mathsf{tipo}$ 

#### 0.

succ true ← inválido

#### p.

 $\lambda x$  : Bool. if zero then true else zero succ(true)  $\leftarrow$  válido, término

a.

Marcar las ocurrencias del término x como subtérmino en  $\lambda x$ : Nat. succ $((\lambda x : \text{Nat. } x) x)$ .

Podemos plantear una  $\alpha$  equivalencia tal que:

 $\lambda x : \text{Nat. succ}((\lambda x : \text{Nat. } x) \ x) = \lambda z : \text{Nat. succ}((\lambda y : \text{Nat. } y) \ z)$ 

Por lo que hay 0 ocurrencias.

## b.

¿Ocurre  $x_1$  como subtérmino en  $\lambda x_1$ : Nat.  $\operatorname{succ}(x_2)$ ?

No

c.

¿Ocurre x (y z) como subtérmino en u x (y z)?

u x (y z) = (u x) (y z), entonces no.

# 4

#### a.

 $u x (y z) (\lambda v : Bool. v y)$ 

 $= (((u\ x)\ (y\ z))\ (\lambda v : Bool.\ (v\ y)))$ 

### Árbol

$$(((u\ x)\ (y\ z))\ (\lambda v: \operatorname{Bool.}\ (v\ y)))$$

$$((u\ x)\ (y\ z)) \qquad (\lambda v: \operatorname{Bool.}\ (v\ y))$$

$$(u\ x) \qquad (y\ z) \qquad (v\ y)$$

$$u \qquad x \qquad y \qquad z \qquad v \qquad y$$

### b.

 $(\lambda x : \mathsf{Bool} \to \mathsf{Nat} \to \mathsf{Bool}.\ \lambda y : \mathsf{Bool} \to \mathsf{Nat}.\ \lambda z : \mathsf{Bool}.\ x\ z\ (y\ z))\ u\ v\ w$ 

 $=((((\lambda x : \operatorname{Bool} \to \operatorname{Nat} \to \operatorname{Bool} \lambda y : \operatorname{Bool} \to \operatorname{Nat} \lambda z : \operatorname{Bool} ((x z) (y z))) u) v) w)$ 

# Árbol

$$((((\lambda x : \operatorname{Bool} \to \operatorname{Nat} \to \operatorname{Bool}. \lambda y : \operatorname{Bool} \to \operatorname{Nat}. \lambda z : \operatorname{Bool}. ((x \ z) \ (y \ z))) \ u) \ v) \ w)$$

$$(((\lambda x : \operatorname{Bool} \to \operatorname{Nat} \to \operatorname{Bool}. \lambda y : \operatorname{Bool} \to \operatorname{Nat}. \lambda z : \operatorname{Bool}. ((x \ z) \ (y \ z))) \ u) \ w)$$

$$((\lambda x : \operatorname{Bool} \to \operatorname{Nat} \to \operatorname{Bool}. \lambda y : \operatorname{Bool} \to \operatorname{Nat}. \lambda z : \operatorname{Bool}. ((x \ z) \ (y \ z))) \ u)$$

$$(\lambda x : \operatorname{Bool} \to \operatorname{Nat} \to \operatorname{Bool}. \lambda y : \operatorname{Bool} \to \operatorname{Nat}. \lambda z : \operatorname{Bool}. ((x \ z) \ (y \ z)))$$

$$(\lambda x : \operatorname{Bool} \to \operatorname{Nat} \to \operatorname{Bool}. \lambda y : \operatorname{Bool} \to \operatorname{Nat}. ((x \ z) \ (y \ z)))$$

$$(\lambda x : \operatorname{Bool} \to \operatorname{Nat} \to \operatorname{Bool}. ((x \ z) \ (y \ z)))$$

$$((x \ z) \ (y \ z))$$

$$((x \ z) \ (y \ z))$$

$$((x \ z) \ (y \ z))$$

c.

 $w (\lambda x : \operatorname{Bool} \to \operatorname{Nat} \to \operatorname{Bool}. \lambda y : \operatorname{Bool} \to \operatorname{Nat}. \lambda z : \operatorname{Bool}. x z (y z)) u v$  $= (((w (\lambda x : Bool \rightarrow Nat \rightarrow Bool. \lambda y : Bool \rightarrow Nat. \lambda z : Bool. ((x z) (y z)))) u) v)$ 

Arbol

$$(((w (λx : Bool → Nat → Bool. λy : Bool → Nat. λz : Bool. ((x z) (y z)))) u) v$$

$$((w (λx : Bool → Nat → Bool. λy : Bool → Nat. λz : Bool. ((x z) (y z)))) u$$

$$(w (λx : Bool → Nat → Bool. λy : Bool → Nat. λz : Bool. ((x z) (y z)))) u$$

$$(λx : Bool → Nat → Bool. λy : Bool → Nat. λz : Bool. ((x z) (y z)))$$

$$(λx : Bool → Nat → Bool. λy : Bool → Nat. ((x z) (y z)))$$

$$(λx : Bool → Nat → Bool. ((x z) (y z)))$$

$$((x z) (y z))$$

$$((x z) (y z))$$