# Guía 1 - Funciones primitivas recursivas y clases PRC

Solución de un alumno

Verano 2021

## Ejercicio 1

$$f(x) = k = s(s(s(...s(n(x))))) = s^k(n(x))$$

Siendo $s(x)$ la función sucesor y $n(x)$ la función cero.

## Ejercicio 2

$$g_1(x) = x \dot{-} 1$$
$$g_1(0) = 0$$
$$g_1(t+1) = t = u_2^2(g(t), t)$$
$$g_3(x, y) = max\{x, y\} = x \cdot (x > y) + y \cdot (x \leq y)$$

donde $x \leq y$ es $\alpha(x \dot{-} y)$ y $x > y$ es $\neg\alpha(x \dot{-} y)$

## Ejercicio 3

a)

- ($\Rightarrow$)

Qvq todas las funciones de la clase $C_c$ se pueden escribir como $f(x_1, \ldots, x_n) = k$ ó $f(x_1, \ldots, x_n) = x_i + k$ con un $i$ fijo.

Demostremos por inducción estructural:

**CASO BASE:** Las funciones iniciales se ve que se pueden escribir así. Listo.

**PASO INDUCTIVO:** Sea h una función obtenida por composición de funciones de $C_c$, entonces h tiene la pinta de:

$$h(x_1, \ldots, x_n) = f(g_1(x_1, \ldots, x_n), \ldots, g_m(x_1, \ldots, x_n))$$
$$\Rightarrow h(x_1, \ldots, x_n) = g_i(x_1, \ldots, x_n) + k$$

ó

$$h(x_1, \ldots, x_n) = k$$

El segundo caso ya cumple. En el primer caso:

$$h(x_1, \dots, x_n) = g_i(x_1, \dots, x_n) + k$$
$$\Rightarrow h(x_1, \dots, x_n) = x_j + k' + k = x_j + k''$$
$$\text{ó}$$
$$h(x_1, \dots, x_n) = k' + k = k''$$

Ambos casos cumplen.

- $(\Leftarrow)$

$f(x_1, \dots, x_n) = k$ está en $C_c$ por ejercicio 1.

$f(x_1, \dots, x_n) = x_i + k = u_i^n(x_1, \dots, x_n) + k$ entonces está en $C_c$ por composición.

b) $g_2(x, y) = x \dot{-} y$ se puede demostrar con a).

# Ejercicio 4

$\leq) f(x, y) = \alpha(x \dot{-} y)$
$\geq) f(x, y) = \alpha(y \dot{-} x)$
$<) f(x, y) = \neg\alpha(y \dot{-} x)$
$>) f(x, y) = \neg\alpha(x \dot{-} y)$
$=) f(x, y) = (x \leq y) \cdot (y \leq x)$
$\neq) f(x, y) = \neg[(x \leq y) \cdot (y \leq x)]$

siendo $\neg(x) = \alpha(x)$

# Ejercicio 6

$$par(x) = \begin{cases} 1 & si\ x\ es\ par \\ 0 & si\ no \end{cases}$$

$par(0) = 1$

$par(x + 1) = \neg par(x)$

# Ejercicio 7

$cantidad_p(x_1, \dots, x_n, y, z) = \sum_{t=y}^{z} p(x_1, \dots, x_n, t)$

$todos_p(x_1, \dots, x_n, y, z) = (cantidad_p(x_1, \dots, x_n, y, z) = z - y)$

$alguno_p(x_1, \dots, x_n, y, z) = (cantidad_p(x_1, \dots, x_n, y, z) \geq 1)$

$min(x_1, \dots, x_n, y, z) = \sum_{u=y}^{z} \prod_{t=0}^{u} \alpha(p(x_1, \dots, x_n, t))$

$minimo(x_1, \dots, x_n, y, z) = (min(x_1, \dots, x_n, y, z) \neq z + 1) \cdot min(x_1, \dots, x_n, y, z)$

$unico_p(x_1, \dots, x_n, y, z) = [maximo(x_1, \dots, x_n, y, z) = minimo(x_1, \dots, x_n, y, z)] \cdot maximo(x_1, \dots, x_n, y, z) + \alpha(p(x_1, \dots, x_n, maximo(x_1, \dots, x_n, y, z))) \cdot (z + 1)$

## Ejercicio 8

$cociente(x,y) = min_{t \leq x}((t+1) \cdot y > x)$

$resto(x,y) = x - cociente(x,y) \cdot y$

$divide(x,y) = \alpha(resto(y,x))$

$primo(x) = \neg(\exists t)_{1<t<x}(divide(t,x))$

$raiz(x) = min_{t<y}((t+1)^x > y)$

## Ejercicio 9

$l(z) = min_{x \leq z}((\exists y)_{\leq z} z =< x,y >)$

$r(z) = min_{y \leq z}((\exists x)_{\leq z} z =< x,y >)$

## Ejercicio 10

$$f(x) = \begin{cases} 0 & x = 0 \\ 1 & x = 1 \\ f(x-1) + f(x-2) & x > 1 \end{cases}$$

Observamos que cada elemento de la secuencia utiliza dos anteriores, entonces podemos crear una función similar pero que nos devuelva dos valores:

$$F(0) =< 0,1 >$$
$$F(n+1) =< r(F(n)), r(F(n)) + l(F(n)) >$$

Entonces:

$F(0) =< 0,1 >$

$F(1) =< 1,1 >$

$F(2) =< 1,2 >$

$F(3) =< 2,3 >$

$F(4) =< 3,5 >$

$F(5) =< 5,8 >$

Y siempre vamos acumulando la suma de fibonacci a la derecha y a la izquierda nos guardamos un valor auxiliar (el anterior valor de la sucesión) para construir el siguiente.

Veamos que F es p.r.:

$<>, r(), l()$ y $+$ son p.r., entonces $F$ es p.r. por ser una recursiva primitiva de composiciones.

Entonces $f(x)$ de fibonacci si la definimos por composición nos queda:

$$f(n) = r(F(n-1)) \cdot (n > 0)$$

## Ejercicio 11

$$h_1(\bar{x},t) = \begin{cases} f_1(\bar{x}) & si\ t=0 \\ g_1(h_1(\bar{x},t-1)), h2(\bar{x},t-1), \bar{x}, t) & si\ no \end{cases}$$

$$h_2(\bar{x},t) = \begin{cases} f_2(\bar{x}) & si\ t=0 \\ g_2(h_2(\bar{x},t-1), h1(\bar{x},t-1), \bar{x}, t) & si\ no \end{cases}$$

Utilicemos la misma idea que el ejercicio de fibonacci, nos guardamos en la primer componente el valor de $h_1$ y en la segunda el valor de $h_2$.

$$H(0,x) =< f_1(x), f_2(x) >$$

$$H(n+1,x) =< g_1(l(H(n,x)), r(H(n,x)), ...), g_2(r(H(n,x)), l(H(n,x)), ...) >$$

$H(x,y)$ pertenece a la clase $C$ por ser recursiva primitiva con composición de funciones que estaban en $C$.

Entonces:

$$h_1(x,t) = l(H(t,x))$$

$$h_2(x,t) = r(H(t,x))$$

Y ambas están en $C$.

## Ejercicio 12

## Ejercicio 13

a) INYECTIVA: Dos secuencias diferentes van a tener diferente factorización de primos (si no termina en ceros) entonces van a tener diferente número natural asociado (porque la factorización de primos es única para cada número natural).
SOBREYECTIVA: Todo número natural mayor que cero tiene factorización de primos, entonces tiene una secuencia asociada.

b)

$|\cdot| = maximo_{x\leq\cdot}\{x : nprimo(x)|\cdot\}$

$\cdot[i] = maximo\{x : nprimo(i)^x|\cdot\}$

$[x] = nprimo(1)^x$

$\cdot_1 \circ \cdot_2 = \cdot_1 \cdot \prod_{i=1}^{m} nprimo(i + |\cdot_1|)^{\cdot_2[i]}$

$sub(s,i,j) = \prod_{z=1}^{j} nprimo(z)^{s[z+i]}$

c) Proponemos codificar una lista como:

$$[a_1, ..., a_n] =< \prod_{i=1}^{n} nprimo(i)^{a_i}, n >$$

Siendo la parte izquierda la codificación de primos anterior y la parte derecha la longitud de la lista, así pudiendo guardar listas que terminen con ceros. Veamos que los naturales y las secuencias forman una biyección.

INYECTIVA: Dos secuencias diferentes van a tener diferente factorización de primos o diferente longitud. Cuando alguno de ambos es diferentes entonces la codificación de pares va a ser diferente (porque es inyectiva).

SOBREYECTIVA: como la codificación de pares es sobreyectiva, entonces existen $a, b$ tal que $c =< a, b >$ entonces toda codificación tiene su propia secuencia asociada.

Ahora no importa si la secuencia termina con ceros, va a tener su número propio.

$| \cdot | = r(\cdot)$

$\cdot[i] = l(\cdot)[i]$

$[\cdot] =< [l(\cdot)], 1 >$

$\cdot_1 \circ \cdot_2 =< l(\cdot_1) \circ l(\cdot_2), r(\cdot_1) + r(\cdot_2) >$

$sub(x, i, j) =< sub(l(x)), j - i + 1 >$

# Ejercicio 14

a) Misma idea que fibonacci pero ahora nos tenemos que guardar todos los valores anteriores.

$$H(x, 0) = [f([], x)]$$

$$H(x, t) = H(x, t-1) \circ [f(H(x, t-1), x)]$$

Entonces:

$$h(x, t) = H(x, t)[|H(x, t)|]$$

b) Casi igual al a).