# Facultad de Ciencias, UNAM
# Lenguajes de Programación
# Tarea 5

Rubí Rojas Tania Michelle
Rodríguez Campos Erick Eduardo

07 de diciembre de 2020

1. Evalúa la siguiente expresión usando el tipo de alcance y régimen de evaluación que se indica. Es necesario incluir el ambiente final en forma de pila en cada caso.

```
{with {a {+ 2 2}}
   {with {b {+ a a}}
      {with {foo {fun {x} {- x b}}
         {with {a {- 2 2}}
            {with {b {- a a}}
               {foo -3}}}}}}}
```

   *a*) Alcance estático y evaluación glotona
   Solución: La expresión que debemos evaluar es `{foo -3}`, por lo que

$$\begin{aligned}\texttt{\{foo -3\}} &= \texttt{\{\{fun \{x\} \{- x b\}\} -3\}}\\ &= \texttt{\{- (-3) b\}}\\ &= \texttt{\{- (-3) 8\}}\\ &= -11\end{aligned}$$

| | |
|---|---|
| b | 0 |
| a | 0 |
| foo | [closureV: x,{-x b}, env-ant:((x -3),(b 8),(a 4))] |
| b | 8 |
| a | 4 |

Tabla 1: Ambiente final

   *b*) Alcance dinámico y evaluación glotona
   Solución: La expresión que debemos evaluar es `{foo -3}`, por lo que

$$\begin{aligned}\texttt{\{foo -3\}} &= \texttt{\{\{fun \{x\} \{- x b\}\} -3\}}\\ &= \texttt{\{- (-3) b\}}\\ &= \texttt{\{- (-3) 0\}}\\ &= \texttt{-3}\end{aligned}$$

| | |
|---|---|
| x | -3 |
| b | 0 |
| a | 0 |
| foo | {fun {x} {- x b}} |
| b | 8 |
| a | 4 |

Tabla 2: Ambiente final

*c*) Alcance estático y evaluación perezosa
SOLUCIÓN: La expresión que debemos evaluar es `{foo -3}`, por lo que

```
{foo -3} = {{fun {x} {- x b}} -3}
         = {- (-3) b}
         = {- (-3) {+ a a}}
         = {- (-3) {+ {+ 2 2} {+ 2 2}}}
         = {- (-3) {+ 4 4}}
         = {- (-3) 8}
         = -11
```

| | |
|---|---|
| b | {- a a} |
| a | {- 2 2} |
| foo | [closureV: x,{-x b}, env-ant:((x -3),(b {+ a a}), (a {+ 2 2}))] |
| b | {+ a a} |
| a | {+ 2 2} |

Tabla 3: Ambiente final

*d*) Alcance dinámico y evaluación perezosa
SOLUCIÓN: La expresión que debemos evaluar es `{foo -3}`, por lo que

```
{foo -3} = {{fun {x} {- x b}} -3}
         = {- (-3) b}
         = {- (-3) {- a a}}
         = {- (-3) {- {- 2 2} {- 2 2}}}
         = {- (-3) {- 0 0}}
         = {- (-3) 0}
         = -3
```

| | |
|---|---|
| x | -3 |
| b | {- a a} |
| a | {- 2 2} |
| foo | {fun {x} {- x b}} |
| b | {+ a a} |
| a | {+ 2 2} |

Tabla 4: Ambiente final

2. Dada la siguiente función:

```
(define (goo l)
    (if (empty? l)
        empty
        (append (car l) (goo (cdr l)))))
```

*a*) Explica qué hace y dale un nombre mnemotécnico.
SOLUCIÓN: Por cómo está definida la función `goo`, ésta debe recibir una lista de listas; por lo que `goo` hará la concatenación de las listas de la lista $l$, es decir, regresa una lista con todos los elementos de las listas de la lista $l$ de acuerdo a su órden de aparición en su respectiva lista. Así, un nombre mnemotécnico para esta función podría ser `concatena-listas-de-lista`. Por lo tanto, nuestra función queda de la siguiente forma:

```
(define (concatena-listas-de-lista l)
    (if (empty? l)
        empty
        (append (car l) (concatena-listas-de-lista (cdr l)))))
```

*b*) Muestra los registros generados cuando es llamada con el argumento `'((1 2) (3 4) (4 6))`. ¿Cuántos registros son generados? ¿Cuántos son ocupados a la vez?

SOLUCIÓN: Veamos que se generan 4 registros de activación y que 4 registros son ocupados a la vez.

Ingresa `(concatena-listas-de-lista '((1 2) (3 4) (4 6)))`

```
(append '(1 2) (concatena-listas-de-lista '((3 4) (4 6))))
                    (if (empty? l) empty
  (append (car l) (concatena-listas-de-lista (cdr l))))
                 l = '((1 2) (3 4) (4 6))
                concatena-listas-de-lista
```

Ingresa `(concatena-listas-de-lista '((3 4) (4 6)))`

```
   (append '(3 4) (concatena-listas-de-lista '((4 6))))
                    (if (empty? l) empty
  (append (car l) (concatena-listas-de-lista (cdr l))))
                  l = '((3 4) (4 6))
                concatena-listas-de-lista
```

```
(append '(1 2) (concatena-listas-de-lista '((3 4) (4 6))))
                    (if (empty? l) empty
  (append (car l) (concatena-listas-de-lista (cdr l))))
                 l = '((1 2) (3 4) (4 6))
                concatena-listas-de-lista
```

Ingresa `(concatena-listas-de-lista '((4 6)))`

```
     (append '(4 6) (concatena-listas-de-lista '()))
                    (if (empty? l) empty
  (append (car l) (concatena-listas-de-lista (cdr l))))
                      l = '((4 6))
                concatena-listas-de-lista
```

```
   (append '(3 4) (concatena-listas-de-lista '((4 6))))
                    (if (empty? l) empty
  (append (car l) (concatena-listas-de-lista (cdr l))))
                  l = '((3 4) (4 6))
                concatena-listas-de-lista
```

```
(append '(1 2) (concatena-listas-de-lista '((3 4) (4 6))))
                    (if (empty? l) empty
  (append (car l) (concatena-listas-de-lista (cdr l))))
                 l = '((1 2) (3 4) (4 6))
                concatena-listas-de-lista
```

Ingresa `(concatena-listas-de-lista '())`

```
'()
(if (empty? l) empty
(append (car l) (concatena-listas-de-lista (cdr l))))
l = '()
concatena-listas-de-lista
```

```
(append '(4 6) (concatena-listas-de-lista '()))
(if (empty? l) empty
(append (car l) (concatena-listas-de-lista (cdr l))))
l = '((4 6))
concatena-listas-de-lista
```

```
(append '(3 4) (concatena-listas-de-lista '((4 6))))
(if (empty? l) empty
(append (car l) (concatena-listas-de-lista (cdr l))))
l = '((3 4) (4 6))
concatena-listas-de-lista
```

```
(append '(1 2) (concatena-listas-de-lista '((3 4) (4 6))))
(if (empty? l) empty
(append (car l) (concatena-listas-de-lista (cdr l))))
l = '((1 2) (3 4) (4 6))
concatena-listas-de-lista
```

*c*) Optimiza la función usando la técnica de recursión de cola.
SOLUCIÓN:

```
(define (concatena-listas-de-lista l)
  (concatena-listas-de-lista-tail l '()))

(define (concatena-listas-de-lista-tail l acc)
  (if (empty? l)
      acc
      (concatena-listas-de-lista-tail (cdr l) (append acc (car l)))))
```

*d*) Muestra los registros generados por la función del inciso anterior con el argumento `'((1 2) (3 4) (4 6))`. ¿Cuántos registros son generados? ¿Cuántos son ocupados a la vez?

SOLUCIÓN: Veamos que son generados 4 registros de activación (sin contar el registro de la función `concatena-listas-de-lista`), y que solo uno es ocupado a la vez.

Entra `concatena-listas-de-lista '((1 2) (3 4) (4 6))`

```
(concatena-listas-de-lista-tail '((1 2) (3 4) (4 6)) '())
(concatena-listas-de-lista-tail l '())
l = '((1 2) (3 4) (4 6))
concatena-listas-de-lista
```

Ingresa/Sale `(concatena-listas-de-lista-tail '((1 2) (3 4) (4 6)) '())`.

```
(concatena-listas-de-lista-tail '((3 4) (4 6)) '(1 2))
(if (empty? l) acc
(concatena-listas-de-lista-tail (cdr l) (append acc (car l))))
l = '((1 2) (3 4) (4 6)), acc = '()
concatena-listas-de-lista-tail
```

Ingresa/Sale `(concatena-listas-de-lista-tail '((3 4) (4 6)) '(1 2))`

```
(concatena-listas-de-lista-tail '((4 6)) '(1 2 3 4))
                  (if (empty? l) acc
(concatena-listas-de-lista-tail (cdr l) (append acc (car l))))
              l = '((3 4) (4 6)), acc = '(1 2)
               concatena-listas-de-lista-tail
```

Ingresa/Sale `(concatena-listas-de-lista-tail '((4 6)) '(1 2 3 4))`

```
(concatena-listas-de-lista-tail '() '(1 2 3 4 4 6))
                  (if (empty? l) acc
(concatena-listas-de-lista-tail (cdr l) (append acc (car l))))
               l = '((4 6)), acc = '(1 2 3 4)
               concatena-listas-de-lista-tail
```

Ingresa/Sale `(concatena-listas-de-lista-tail '() '(1 2 3 4 4 6))`

```
                    '(1 2 3 4 4 6)
                  (if (empty? l) acc
(concatena-listas-de-lista-tail (cdr l) (append acc (car l))))
                l = '(), acc = '(1 2 3 4 4 6)
               concatena-listas-de-lista-tail
```

Sale `(concatena-listas-de-lista '((1 2) (3 4) (4 6)))`

`'(1 2 3 4 4 6)`

3. Dada la siguiente función

```
(define (foo n)
    (if (< n 10)
        n
        (+ (modulo n 10) (foo (quotient n 10)))))
```

*a*) Explica qué hace y dale un nombre mnemotécnico.
SOLUCIÓN: La expresión `(modulo n 10)` regresa el residuo de la división de $n$ entre 10; en particular, como la división es entre 10, entonces regresará el último digito del número $n$. La expresión `(quotient n 10)` regresa el resultado de dividir a $n$ entre 10; en particular, como la división es entre 10, elimina el último dígito del número $n$, Así, `foo` regresa la suma de los dígitos de $n$; por lo que un nombre mnemotécnico para esta función podría ser `suma-digitos`. Por lo tanto, la función queda de la forma:

```
(define (suma-digitos n)
  (if (< n 10)
      n
      (+ (modulo n 10) (suma-digitos (quotient n 10)))))
```

*b*) Muestra los registros generados cuando es llamada con el argumento 1729. ¿Cuántos registros son generados? ¿Cuántos son ocupados a la vez?
SOLUCIÓN: Veamos que se generan 4 registros de activación y que 4 registros son ocupados a la vez.
Ingresa `(suma-digitos 1729)`

```
              (+ 9 (suma-digitos 172))
                   (if (< n 10) n
(+ (modulo n 10) (suma-digitos (quotient n 10))))
                      n = 1729
                    suma-digitos
```

Ingresa `(suma-digitos 172)`

```
(+ 2 (suma-digitos 17))
    (if (< n 10) n
(+ (modulo n 10) (suma-digitos (quotient n 10))))
       n = 172
    suma-digitos
```

```
(+ 9 (suma-digitos 172))
    (if (< n 10) n
(+ (modulo n 10) (suma-digitos (quotient n 10))))
       n = 1729
    suma-digitos
```

Ingresa `suma-digitos 17)`

```
(+ 7 (suma-digitos 1))
    (if (< n 10) n
(+ (modulo n 10) (suma-digitos (quotient n 10))))
       n = 17
    suma-digitos
```

```
(+ 2 (suma-digitos 17))
    (if (< n 10) n
(+ (modulo n 10) (suma-digitos (quotient n 10))))
       n = 172
    suma-digitos
```

```
(+ 9 (suma-digitos 172))
    (if (< n 10) n
(+ (modulo n 10) (suma-digitos (quotient n 10))))
       n = 1729
    suma-digitos
```

Ingresa `(suma-digitos 1)`

```
1
    (if (< n 10) n
(+ (modulo n 10) (suma-digitos (quotient n 10))))
       n = 1
    suma-digitos
```

```
(+ 7 (suma-digitos 1))
    (if (< n 10) n
(+ (modulo n 10) (suma-digitos (quotient n 10))))
       n = 17
    suma-digitos
```

```
(+ 2 (suma-digitos 17))
    (if (< n 10) n
(+ (modulo n 10) (suma-digitos (quotient n 10))))
       n = 172
    suma-digitos
```

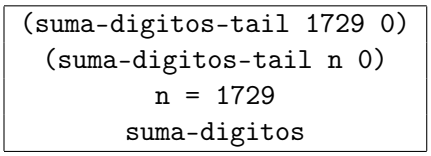
```
(+ 9 (suma-digitos 172))
    (if (< n 10) n
(+ (modulo n 10) (suma-digitos (quotient n 10))))
       n = 1729
    suma-digitos
```

*c*) Optimiza la función usando la técnica de recursión de cola.
SOLUCIÓN:

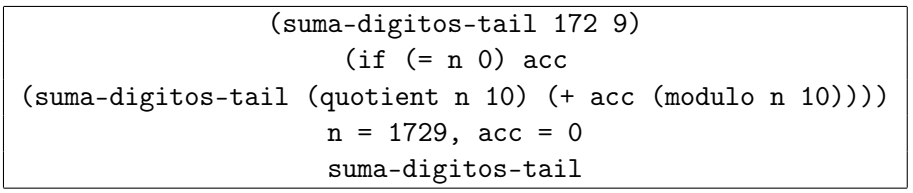
```
(define (suma-digitos n)
  (suma-digitos-tail n 0))

(define (suma-digitos-tail n acc)
  (if (= n 0)
      acc
      (suma-digitos-tail (quotient n 10) (+ acc (modulo n 10)))))
```

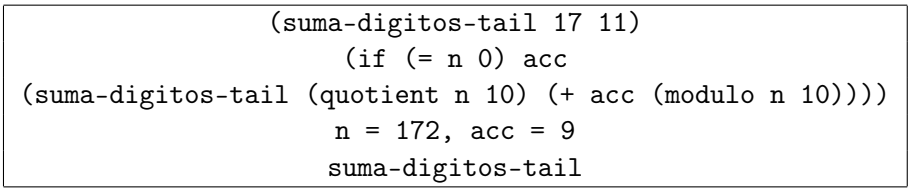
*d*) Muestra los registros generados por la función del inciso anterior con el argumento 1729. ¿Cuántos registros son generados? ¿Cuántos son ocupados a la vez?
SOLUCIÓN: Veamos que se generan 5 registros de activación (sin contar el registro de la función `suma-digitos`), y que solo uno es ocupado a la vez.
Ingresa `(suma-digitos 1729)`



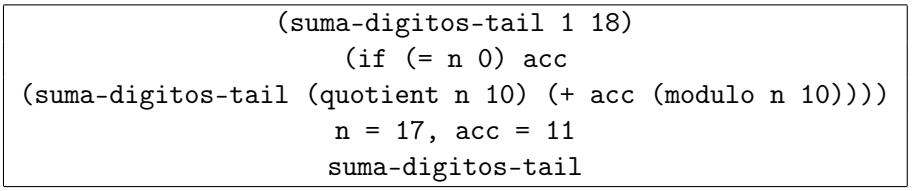

Ingresa/Sale `(suma-digitos-tail 1729 0)`



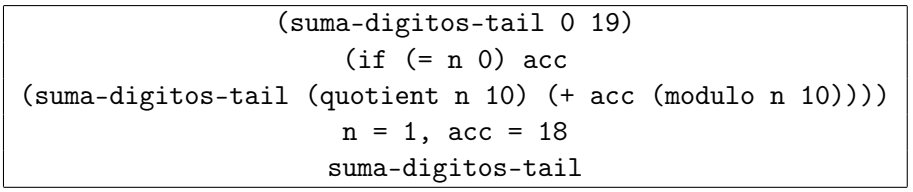

Ingresa/Sale `(suma-digitos-tail 172 9)`




Ingresa/Sale `(suma-digitos-tail 17 11)`




Ingresa/Sale `(suma-digitos-tail 1 18)`



Ingresa/Sale `(suma-digitos-tail 0 19)`

```
                        19
                  (if (= n 0) acc
(suma-digitos-tail (quotient n 10) (+ acc (modulo n 10))))
                  n = 0, acc = 19
                 suma-digitos-tail
```

Sale `(suma-digitos 1729)`

```
19
```

4. Dada la siguiente función

```
(define (hoo n l)
    (if (zero? n)
        l
        (hoo (sub1 n) (cdr l))))
```

*a*) Explica qué hace y dale un nombre mnemotécnico.
SOLUCIÓN: La función `hoo` elimina los primeros $n$ elementos de la lista $l$, por lo que un nombre mnemotécnico podría ser `elimina-n-elementos`. Así, la función quedaría como:

```
(define (elimina-n-elementos n l)
    (if (zero? n)
        l
        (elimina-n-elementos (sub1 n) (cdr l))))
```

*b*) Muestra los registros generados cuando es llamada con los argumentos 3 y `'(1 2 3 4)`. ¿Cuántos registros son generados? ¿Cuántos son ocupados a la vez?
SOLUCIÓN: Veamos que se generan 4 registros de activación, y que 4 registros son ocupados a la vez.
Veamos que se generan 4 registros de activación, y que solamente uno de los registros es ocupado a la vez.
Ingresa \Sale `(elimina-n-elementos 3 '(1 2 3 4))`

```
   (elimina-n-elementos 2 '(2 3 4))
           (if (zero? n) l
(elimina-n-elementos (sub1 n) (cdr l)))
        n = 3, l = '(1 2 3 4)
         elimina-n-elementos
```

Ingresa \Sale `(elimina-n-elementos 2 '(2 3 4))`

```
    (elimina-n-elementos 1 '(3 4))
           (if (zero? n) l
(elimina-n-elementos (sub1 n) (cdr l)))
         n = 2, l = '(2 3 4)
         elimina-n-elementos
```

Ingresa\Sale `(elimina-n-elementos 1 '(3 4))`

```
     (elimina-n-elementos 0 '(4))
           (if (zero? n) l
(elimina-n-elementos (sub1 n) (cdr l)))
          n = 1, l = '(3 4)
         elimina-n-elementos
```

Ingresa\Sale `(elimina-n-elementos 0 '(4))`

```
                    '(4)
              (if (zero? n) l
(elimina-n-elementos (sub1 n) (cdr l)))
              n = 0, l = '(4)
            elimina-n-elementos
```

Sale `'(4)`

*c*) Optimiza la función usando la técnica de recursión de cola.

SOLUCIÓN: La función ya está optimizada debido a que al momento de realizar las llamadas recursivas estas generan un resultado en cada llamada, es decir, no tenemos llamadas pendientes.

*d*) Muestra los registros generados por la función del inciso anterior con los argumentos 3 y `'(1 2 3 4)`. ¿Cuántos registros son generados? ¿Cuántos son ocupados a la vez?

SOLUCIÓN: Como la función ya está optimizada no hay registros nuevos y por ende son generados 4 registros pero solo es ocupado uno a la vez.

5. Evalúa la siguiente expresión usando el intérprete para cajas visto en clase. Debes usar alcance estático y evaluación glotona. Mostrar el ambiente (stack) y memoria (heap) finales.

```
{with {a {newbox 17}}
   {with {b {newbox 29}}
      {with {foo {fun {} {setbox a {openbox a}}}}
         {with foo {fun {} {setbox b {openbox a}}}}
            {seqn {foo}
               {+ {openbox a} {openbox b}}}}}}
```

SOLUCIÓN: La expresión que debemos evaluar es

```
{seqn {foo}
  {+ {openbox a} {openbox b}}}
```

Como se trata de una expresión `seqn`, entonces primero debemos evaluar la función `foo`. De esta forma,

$$\texttt{\{foo\}} = \texttt{\{fun \{\} \{setbox b \{openbox a\}\}}}$$

Como `foo` no recibe ningún parámetro, entonces no agregamos nada al stack, sólo evaluamos `{setbox b {openbox a}}`. Esta expresión nos indica que a la caja $b$ le debemos asignar el valor que contiene la caja $a$. Luego, evaluamos y regresamos el valor de `{+ {openbox a} {openbox b}}`, ya que es nuestra última expresión dentro de `seqn`. Así,

$$\begin{aligned}\texttt{\{+ \{openbox a\} \{openbox b\}}} &= \texttt{\{+ 17 17\}} \\ &= \texttt{34}\end{aligned}$$

Por lo tanto, el resultado de evaluar nuestra expresión es 34. Además, el stack y el heap quedan de la siguiente forma:

| | |
|---|---|
| foo | 5 |
| foo | 4 |
| b | 2 |
| a | 0 |

Tabla 5: Ambiente (stack)

| | |
|---|---|
| 5 | [closureV: ,{setbox b {openbox a}}] env-ant: env5] |
| 4 | [closureV: ,{setbox a {openbox a}} env-ant: env4] |
| 3 | 17 |
| 2 | 3 |
| 1 | 17 |
| 0 | 1 |

Tabla 6: Memoria (heap)

6. Dada la definición de la función `next-location` que genera nuevas direcciones de memoria, vista en clase, modifícala para que no tenga efectos secundarios, es decir, que no dependa de ninguna variable externa.

   *Hint: Modifícala usando la técnica Store Passing Style*

```
(define last-location -1) ;; al inicio del intérprete

;; next-location: number
(define (next-location)
   (begin
      (set! last-location (add1 last-location))
      last-location))
```

   Solución: Modificamos el intérprete para lograr esto, específicamente en la parte de aplicación de funciones.

```
[app (fun-expr arg)
   (let* ([fun-res (interp fun-expr env sto)]
          [fun-val (v×s-value fun-res)]
          [fun-sto (v×s-store fun-res)]
          [arg-res (inter arg env fun-sto)]
          [arg-val (v×s-value arg-res)]
          [arg-sto (v×s-store arg-res)]
          [new-loc (next-location arg-sto)])
      (interp (closureV-body fun-val)
              (aSub (closureV-param fun-val)
                    new-loc
                    (closureV-env fun-val ))
              (aSto new-loc
                    arg-val
                    arg-sto )))]
```

donde `next-location` es re-definido como sigue:

```
(define (next-location sto)
  (type-case Store sto
    [mtSto () 1]
    [aSto (location value rest-sto)
          (+ 1 location)]))
```