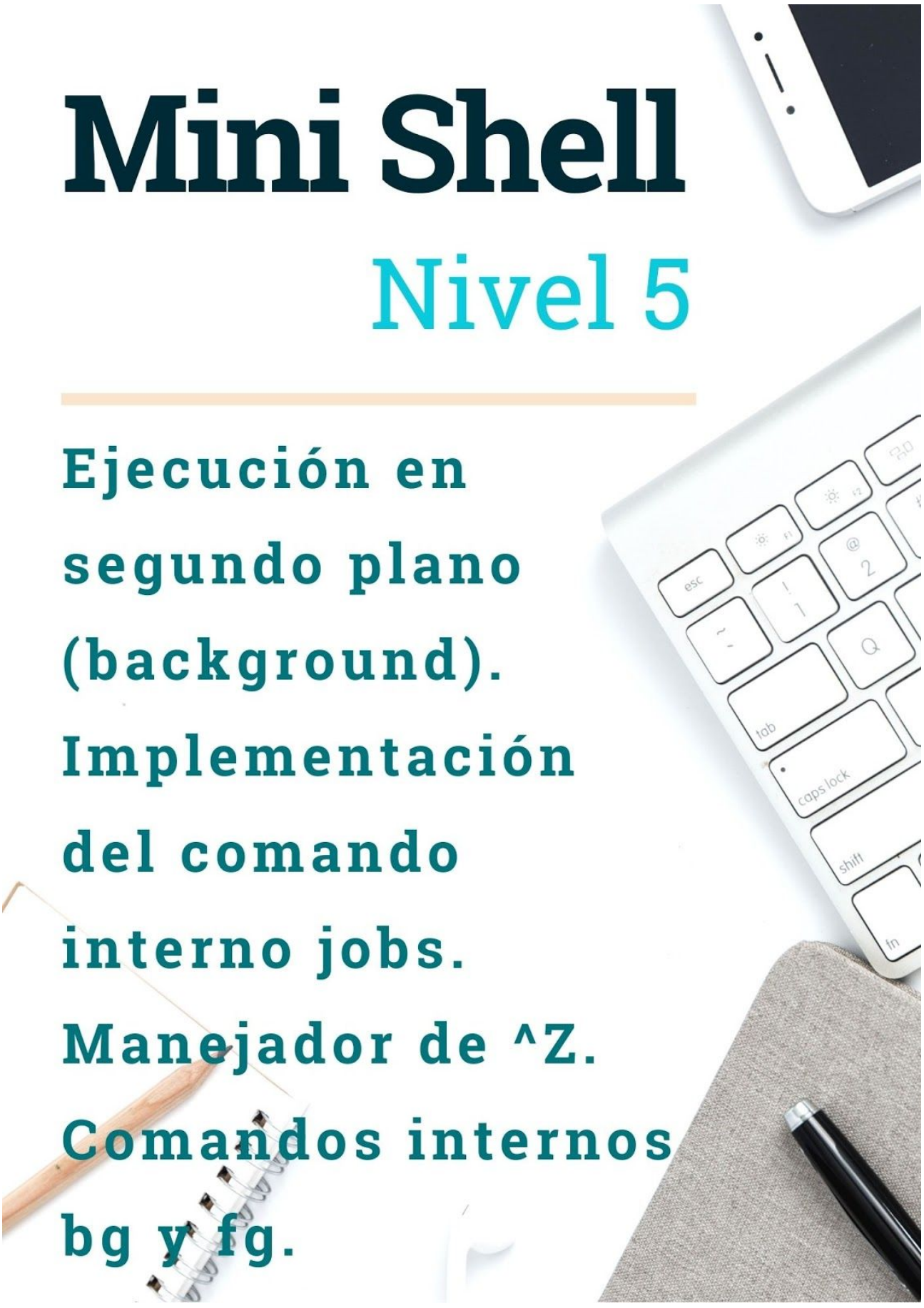
Mini Shell

Nivel 5

Ejecución en segundo plano (background). Implementación del comando interno jobs. Manejador de ^Z. Comandos internos bg y fg.



Indice

Ejecución 2º plano. Manejador ^Z. Implement. comandos internos jobs, bg y fg.

En este nivel gestionaremos procesos en background (que añadiremos a nuestro array de jobs_list) y añadiremos también la gestión de una nueva señal, la **SIGTSTP** (producida al pulsar **Ctrl + Z**), que al igual que en el nivel anterior, haremos que el hijo la ignore y que el padre la gestione a través de un manejador que enviará una señal similar, la **SIGSTOP**, al proceso en foreground (si éste existe y no es el mini shell ejecutado dentro del mini shell).

Además añadiremos 1 comando interno, **jobs**, que nos permitirá obtener una lista de los trabajos existentes y su estado (necesitaremos funciones auxiliares para gestionar el array jobs_list: añadir trabajos, eliminarlos, buscarlos...) y otros 2 comandos internos más, el **fg** y el **bg**, que nos permitirán jugar con la reactivación de procesos detenidos y el paso de primer plano a segundo y viceversa.

¿Cuáles son los retos de este nivel?

En este nivel nuestro mini shell tendrá que:

- Diferenciar entre ejecución en primer plano y en segundo plano (comando finalizado en **&**).
- Gestionar la lista de trabajos y su estado ('E' ejecución, 'D' detenido).[1]
- Mostrar una lista de los trabajos existentes mediante el comando interno **jobs.**
- Detener un proceso en foreground cuando se reciba la señal **SIGTSTP** (producida por Ctrl+Z) mediante un manejador propio y pasarlo a la lista de trabajos.

[1] Por señal SIGTSTP producida por Ctrl+Z

Y además vuestro mini shell tendrá que ser capaz de:

- Mediante el comando interno **fg,** enviar un trabajo detenido al foreground reactivando su ejecución, o uno del background al foreground
- Mediante el comando interno **bg,** reactivar un proceso detenido para que siga ejecutándose pero en segundo plano

¿Qué conceptos trabajamos con estos retos?

- Procesos en segundo plano
- Comandos jobs, fg, bg. Señales SIGTSTP (^Z) y SIGCONT

¿Cuáles son los detalles de implementación?

Habrá que cumplir las siguientes especificaciones:

- Si el comando se ejecuta en foreground, el mini shell debe esperar a que finalice para aceptar el siguiente comando (mediante PAUSE()).
- Al pulsar Ctrl+C se debe detener el proceso en ejecución en primer plano **pero no el mini shell ni los procesos en segundo plano**.
- Cuando un proceso es ejecutado con &, el mini shell mostrará por pantalla el identificador de trabajo y los datos del proceso, y presentará nuevamente el *prompt*.
- Cuando termine la ejecución de un proceso en background, el mini shell **mostrará un mensaje indicando qué proceso finalizó** (mostrando su PID y el cmd). No mostrarlo si el que finaliza es el del foreground.

- A cada proceso en background se le asignará un identificador numérico de trabajo a partir del 1. Cuando un proceso finalice, este identificador será reutilizado por el último de la lista.
- El comando **jobs** mostrará la lista de trabajos junto con su identificador de trabajo, indicando el PID, estado y cmd.
- Se implementará un manejador propio para la señal SIGTSTP, ctrlz(), correspondiente a Ctrl+Z, que incorpore el proceso suspendido a la lista de trabajos (pasando el estado de "E" a "D", detenido) y resetee los datos del proceso en foreground.
- Se programarán las funciones para añadir **fg**[2] y **bg** como comandos internos (en ambos casos el estado pasará de 'D' (Detenido) a 'E' (Ejecutándose))
- Mediante el comando externo `$ kill -9 <PID>` se podrán finalizar procesos en segundo plano (se mostrará por pantalla el PID de los procesos finalizados). No contemplaremos el caso de detención de procesos desde consola con el comando Kill: `$ kill -20 <PID>` ni de su reanudación: `$ kill -18 <PID>` ya que esas acciones no actualizarían nuestra lista de tabajos.

Funciones que hay que crear/ampliar/modificar en este nivel:

int execute_line(char *line);
Desde aquí llamaremos a la función **is_background()**[3] para analizar si en la línea de comandos hay un **&** al final (podemos utilizar una variable "booleana" local para recoger el resultado).
Después del fork():
El proceso hijo:

- ignorará la señal **SIGINT** producida al pulsar Ctrl+C (le asociamos la acción SIG_IGN en vez del SIG_DFL antes de llamar a execvp()) tanto si el proceso se ejecuta en background como en foreground. Mantenemos el manejador propio para el padre, **ctrlc**, que enviará la señal SIGTERM sólo al proceso en foreground para finalizarlo.
- ignorará la señal **SIGTSTP** producida al pulsar Ctrl+Z (le asociamos la acción SIG_IGN en vez del SIG_DFL antes de llamar a execvp()) tanto si el proceso es en background como foreground. Crearemos un manejador propio para el padre, **ctrlz**, que enviará la señal SIGSTOP sólo al proceso en foreground para detenerlo.
- ejecutará la acción por defecto **SIG_DFL** para la señal **SIGCHLD** tanto si es en background o en foreground.

[2] La señal 18 SIGCONT reanuda un proceso que ha sido detenido con la señal 20 SIGTSTP o con la 19 SIGSTOP. La diferencia entre SIGTSTP y SIGSTOP es que la segunda no puede ser manejada ni ignorada ni bloqueada.
[3] Esta función sustituirá el token con el & por NULL.

El proceso padre:

- si se ha creado un hijo en background, añadirá un nuevo trabajo a la lista mediante la función **jobs_list_add**().
- si no, al igual que en el nivel anterior, dará valores a los campos del proceso en foreground (jobs_list[0]) y ejecutará un **pause**() en vez del **wait**(), mientras haya un proceso ejecutándose en foreground[4].

int jobs_list_add(pid_t pid, char status, char *cmd);
Si no hemos llegado al nº máximo de trabajos permitidos, añadimos el nuevo elemento al array en la posición indicada por la variable global **n_pids** que nos lleva la cuenta de la cantidad de trabajos no finalizados, e incrementamos el valor de dicha variable.

int jobs_list_find(pid_t pid);
Busca en el array de trabajos el PID que recibe como argumento y retorna la posición en él.

int jobs_list_remove(int pos);
Recibe como parámetro la posición del array del trabajo que hay que eliminar y mueve el registro del último proceso de la lista a la posición del que eliminamos. Decrementamos la variable global **n_pids**.

void reaper(int signum);
Al igual que en el nivel anterior, el enterrador controlará si el hijo que acaba es el que se ejecuta en primer plano (**waitpid**() devuelve el pid del hijo que ha terminado), y en tal caso reseteará los datos de jobs_list[0].pid, pero en caso de ser background llamará a la función **jobs_list_find**() para buscar el PID del proceso que ha acabado en la lista de trabajos, **imprimirá por la salida estándard de errores que ese proceso ha terminado (indicando los datos del mismo)** y llamará a la función **jobs_list_remove**() para eliminar el proceso de la lista.

int internal_jobs();
Imprimirá por pantalla el identificador de trabajo entre corchetes (a partir del 1), su PID, la línea de comandos y el status (D de Detenido, E de Ejecutando).

[4] El reaper pondrá jobs_list[0] a 0 cuando finalice el proceso en foreground

void ctrlz(int signum);[5]

Volvemos a asociar este manejador a la señal SIGTSTP.

Si hay un proceso en foreground entonces
  Si el proceso en foreground NO es el mini shell entonces[6]
    Enviarle la señal **SIGSTOP** y provisionalmente notificarlo por pantalla.
    Cambiar el status del proceso a 'D' (detenido).
    Añadir los datos del proceso detenido a job_list[n_pids] utilizando **jobs_list_add**().
    Resetear los datos de job_list[0] ya que el proceso ha dejado de ejecutarse en foreground.
  si_no error ("Señal SIGSTOP no enviada debido a que el proceso en foreground es el shell")
  fsi
si_no
  error ("Señal SIGSTOP no enviada debido a que no hay proceso en foreground")
fsi

En el **main**() asociar los manejadores propios indicados a las señales correspondientes.
Añadimos signal (SIGTSTP, ctrlz)

¿Qué recursos metemos en nuestras mochilas?

Documentos de apoyo:

- Señales. Llamadas al sistemas con ejemplos prácticos
- Sincronización de procesos en C
- Comunicación entre procesos
- Procesos
- Señales
- Lección 4: señales

[5] NO contemplaremos el caso de detención de procesos desde consola con el comando Kill: `$ kill -20 <PID>` (sólo desde teclado con Ctrl+Z), ni de su reanudación desde consola: `$ kill -18 <PID>` (sólo se reanudarán con los comandos internos fg y bg):

- Si tuviéramos un trabajo detenido con Ctrl+Z, guardado como (PID 'D' comando), y ejecutásemos `$ kill -18 <PID>` el proceso continuaría su ejecución (esta vez en segundo plano !!!) y el reaper lo enterraría al finalizar, pero habría entonces que crear un manejador para la señal SIGCONT que gestionara la lista de procesos para indicar la nueva situación: (PID 'E' comando &).
- Por otro lado, si tuviéramos un trabajo guardado como (PID 'E' comando &) y ejecutásemos `$ kill -20 <PID>` el proceso debería detener su ejecución, y debería pasar a (PID 'D' comando), pero nuestro manejador sólo se activa con Ctrl+Z

[6] Lo sabemos comparando el cmd con el comando de ejecución de nuestro programa que podemos tener guardado en una constante, ej. "./nivel5" o mejor aún obtenerlo desde consola (parámetro argv[0] del main)

¿Cómo comprobamos que hemos superado este nivel?

- Podéis ejecutar vuestro programa **nivel5.c** e ir escribiendo en la línea de comandos los ejemplos que se exponen a continuación, comparando vuestros resultados con los mostrados aquí

```
uib:$ ./nivel5
$ ^C
[ctrlc()→ Soy el proceso con PID 22579 (./nivel5), el proceso en foreground es 0 ()]
[ctrlc()→ Señal 15 (SIGTERM) no enviada por 22579 (./nivel5) debido a que no hay
proceso en foreground]]
$ sleep 40 &
[execute_line()→ PID padre: 22579 (./nivel5)]
[execute_line()→ PID hijo: 22586 (sleep 40 &)]

[1] 22586       E       sleep 40 &
$ sleep 20 &
[execute_line()→ PID padre: 22579 (./nivel5)]
[execute_line()→ PID hijo: 22591 (sleep 20 &)]

[2] 22591       E       sleep 20 &
$ sleep 60 &
[execute_line()→ PID padre: 22579 (./nivel5)]
[execute_line()→ PID hijo: 22595 (sleep 60 &)]

[3] 22595       E       sleep 60 &
$ jobs
[1] 22586       E       sleep 40 &
[2] 22591       E       sleep 20 &
[3] 22595       E       sleep 60 &
$ #esperamos que acabe algún proceso
[reaper()→ Proceso hijo 22591 en background (sleep 20 &) finalizado con exit code 0]

Terminado PID 22591 (sleep 20 &) en jobs_list[2] con status 0
$ jobs
[1] 22586       E       sleep 40 &
[2] 22595       E       sleep 60 &
$ kill -9 22595[7]
[execute_line()→ PID padre: 22579 (./nivel5)]
[execute_line()→ PID hijo: 22637 (kill -9 22595)]

[reaper()→ Proceso hijo 22637 en foreground (kill -9 22595) finalizado con exit code 0]
```

[7] Mandamos SIGTERM al último trabajo de la lista

```
[reaper()→ Proceso hijo 22595 en background (sleep 60 &) finalizado por señal 9]

Terminado PID 22595 (sleep 60 &) en jobs_list[1] con status 9
$ jobs
[1] 22586       E       sleep 40 &
$
[reaper()→ Proceso hijo 22586 en background (sleep 40 &) finalizado con exit code 0]

Terminado PID 22586 (sleep 40 &) en jobs_list[1] con status 0
$
```

```
$ sleep 15 &
[execute_line()→ PID padre: 22579 (./nivel5)]
[execute_line()→ PID hijo: 22889 (sleep 15 &)]

[1] 22889       E       sleep 15
$ sleep 6
[execute_line()→ PID padre: 22579 (./nivel5)]
[execute_line()→ PID hijo: 22891 (sleep 6)]]
^C
[ctrlc()→ Soy el proceso con PID 22579 (./nivel5), el proceso en foreground es 22891
(sleep 6)]
[ctrlc()→ Señal 15 (SIGTERM) enviada a 22891 (sleep 6) por 22579 (./nivel5)]

[reaper()→ Proceso hijo 22891 en foreground (sleep 6) finalizado por señal 15]
$
[reaper()→ Proceso hijo 22889 en background (sleep 15 &) finalizado con exit code 0]

Terminado PID 22889 (sleep 15 &) en jobs_list[1] con status 0
$
```

```
$ sleep 30
[execute_line()→ PID padre: 22579 (./nivel5)]
[execute_line()→ PID hijo: 22981 (sleep 30)]
^Z
[ctrlz()→ Soy el proceso con PID 22579, el proceso en foreground es 22981 (sleep 30)]
[ctrlz()→ Señal 19 (SIGSTOP) enviada a 22981 (sleep 30) por 22579 (./nivel5)]
[1] 22981       D       sleep 30
$ sleep 10 &
[execute_line()→ PID padre: 22579 (./nivel5)]
[execute_line()→ PID hijo: 22987 (sleep 10 &)]

[2] 22987       E       sleep 10 &
$ sleep 20
```

```
[execute_line()→ PID padre: 22579 (./nivel5)]
[execute_line()→ PID hijo: 22992 (sleep 20)]
^Z
[ctrlz()→ Soy el proceso con PID 22579, el proceso en foreground es 22992 (sleep 20)]
[ctrlz()→ Señal 19 (SIGSTOP) enviada a 22992 (sleep 20) por 22579 (./nivel5)]
[3] 22992       D       sleep 20
$
[reaper()→ Proceso hijo 22987 en background (sleep 10 &) finalizado con exit code 0]

Terminado PID 22987 (sleep 10 &) en jobs_list[2] con status 0
$ jobs
[1] 22981       D       sleep 30
[2] 22992       D       sleep 20
$ kill -9 22981
[execute_line()→ PID padre: 22579 (./nivel5)]
[execute_line()→ PID hijo: 23011 (kill -9 22981)]

[reaper()→ Proceso hijo 22981 en background (sleep 30) finalizado por señal 9]

Terminado PID 22981 (sleep 30) en jobs_list[1] con status 9

[reaper()→ Proceso hijo 23011 en foreground (kill -9 22981) finalizado con exit code 0]
$ kill -9 22992
[execute_line()→ PID padre: 22579 (./nivel5)]
[execute_line()→ PID hijo: 23021 (kill -9 22992)]

[reaper()→ Proceso hijo 23021 en foreground (kill -9 22992) finalizado con exit code 0]

[reaper()→ Proceso hijo 22992 en background (sleep 20) finalizado por señal 9]

Terminado PID 22992 (sleep 20) en jobs_list[1] con status 9
$ jobs
$ exit
uib:$
```

Observaciones (recordatorio):

- Por defecto, el comando kill envía la señal **SIGTERM** al proceso especificado. Sin embargo hay ocasiones que un proceso puede no responder a esta señal. Si se desea matar ese proceso se puede enviar la señal 9 (**SIGKILL**). Podemos hacerlo utiizando el número precedido del signo "-" o utilizando el nombre de la señal precedido de "-s":

  $ kill -9 *PID*
  $ kill -s SIGKILL *PID*

Explicación de las funciones internal_fg, internal_bg[8] (las ejecuta el padre):

int internal_fg(char **args); // Implementación del comando interno fg[9]

- Chequear la sintaxis (ha de tener 1 argumento correspondiente al nº de trabajo, o sea el índice pos para jobs_list[]).
- Si pos >=n_pids[10] o pos=0 entonces error("no existe ese trabajo") y retornar.
- Enviar a jobs_list[pos].pid la señal SIGCONT **(si su status es 'D')**, y provisionalmente notificarlo por pantalla. (Si el status es 'E' no hay porqué que enviársela).
- Copiar los datos de jobs_list[pos] a jobs_list[0], habiendo eliminado previamente del cmd el ' &' (en caso de que lo tuviera), y cambiando el estado a 'E'.
- Eliminar jobs_list[pos] utilizando la función jobs_list_remove().
- Mostrar por pantalla el cmd (habiendo eliminado el '&' si lo tenía).
- Mientras haya un proceso en ejecución en foreground ejecutar un pause()

int internal_bg(char **args) // Implementación del comando interno bg[11]

- Chequear la sintaxis (ha de tener 1 argumento correspondiente al nº de trabajo, o sea el índice pos para jobs_list[]).
- Si pos >=n_pids o pos=0 entonces error("no exite ese trabajo") y salir.
- Si el status de jobs_list[pos] es 'E' entonces error("el trabajo ya está en 2º plano")

[8] L@s que estéis nteresad@s en analizar otra implementación en la que se usa el identificador de grupo de proceso para controlar que las señales SIGINT y SIGTSTP, producidas desde el teclado, no afecten a todos los procesos que inicialmente pertenecen al mismo grupo del terminal, podéis mirar el código de: https://github.com/hungys/mysh/find/master

[9] En la lista de trabajos podemos tener las siguientes situaciones:

- (PID 'D' comando)
- (PID 'E' comando &)

en ambos caso el proceso se eliminará de la lista de trabajos (en realidad pasará a la posición 0 que indica que está en foreground)

[10] Suponemos n_pids inicializado a 1

[11] En la lista de trabajos podemos tener las siguientes situaciones:

- (PID 'D' comando) →pasará a (PID 'E' comando &)
- (PID 'E' comando &) → dará error porque ya está ejecutándose en 2º plano

y retornar.
- Cambiar el status de ese trabajo a 'E' y **añadir ' &' a su cmd**.
- Enviar a jobs_list[pos].pid la señal SIGCONT y provisionalmente notificarlo por pantalla.
- Mostrar por pantalla el nº de trabajo, el PID, el estado y el cmd.

Ejemplos de tests para el manejo combinado de las señales[12] SIGTSTP, SIGINT, y comandos internos fg y bg[13]

```
$ sleep 60
[execute_line()→ PID padre: 22579 (./nivel5)]
[execute_line()→ PID hijo: 23320 (sleep 60)]
^Z
[ctrlz()→ Soy el proceso con PID 22579, el proceso en foreground es 23320 (sleep 60)]
[ctrlz()→ Señal 19 (SIGSTOP) enviada a 23320 (sleep 60) por 22579 (./nivel5)]
[1] 23320       D       sleep 60
$ fg 1
[internal_fg()→ Señal 18 (SIGCONT) enviada a 23320 (sleep 60)]
sleep 60
^Z
[ctrlz()→ Soy el proceso con PID 22579, el proceso en foreground es 23320 (sleep 60)]
[ctrlz()→ Señal 19 (SIGSTOP) enviada a 23320 (sleep 60) por 22579 (./nivel5)]
[1] 23320       D       sleep 60
$ fg 1
[internal_fg()→ Señal 18 (SIGCONT) enviada a 23320 (sleep 60)]
sleep 60
^C
[ctrlc()→ Soy el proceso con PID 22579 (./nivel5), el proceso en foreground es 23320 (sleep
60)]
[ctrlc()→ Señal 15 (SIGTERM) enviada a 23320 (sleep 60) por 22579 (./nivel5)]

[reaper()→ Proceso hijo 23320 en foreground (sleep 60) finalizado por señal 15]
$
```

[12] Se muestra un mensaje por pantalla indicando el código de la señal que se envía y a qué proceso. En el caso de Ctrl+C, la función ctrlc() recibe la señal 2 (SIGINT), pero envía la 15 (SIGTERM) al proceso en foreground. Ello es debido a que en esta implementación de execute_line(), para el proceso hijo, se ha tenido que indicar que ignore la señal SIGINT: signal(SIGINT, SIG_IGN), puesto que si se le asociaba la macro SIG_DFL a un proceso cuando se creaba, pero después éste era detenido con Ctrl+Z y vuelto a pasar a foreground con fg, si resultaba que anteriormente se había pulsado Ctrl+C para algún otro proceso, éste también capturaba la señal y finalizaba.
[13] Se ha omitido el símbolo % en la sintaxis por simplicidad

```
$ sleep 20 &
[execute_line()→ PID padre: 22579 (./nivel5)]
[execute_line()→ PID hijo: 23417 (sleep 20 &)]

[1] 23417       E       sleep 20 &
$ bg 1
bg: el trabajo 1 ya está en segundo plano
$ bg 0
bg: 0: no existe ese trabajo
$ bg 2
bg: 2: no existe ese trabajo
$
[reaper()→ Proceso hijo 23417 en background (sleep 20 &) finalizado con exit code 0]

Terminado PID 23417 (sleep 20 &) en jobs_list[1] con status 0
```

```
$ sleep 80
[execute_line()→ PID padre: 22579 (./nivel5)]
[execute_line()→ PID hijo: 23476 (sleep 80)]
^Z
[ctrlz()→ Soy el proceso con PID 22579, el proceso en foreground es 23476 (sleep 80)]
[ctrlz()→ Señal 19 (SIGSTOP) enviada a 23476 (sleep 80) por 22579 (./nivel5)]
[1] 23476       D       sleep 80
$ sleep 90
[execute_line()→ PID padre: 22579 (./nivel5)]
[execute_line()→ PID hijo: 23481 (sleep 90)]
^Z
[ctrlz()→ Soy el proceso con PID 22579, el proceso en foreground es 23481 (sleep 90)]
[ctrlz()→ Señal 19 (SIGSTOP) enviada a 23481 (sleep 90) por 22579 (./nivel5)]
[2] 23481       D       sleep 90
$ sleep 70 &
[execute_line()→ PID padre: 22579 (./nivel5)]
[execute_line()→ PID hijo: 23487 (sleep 70 &)]

[3] 23487       E       sleep 70 &
$ jobs
[1] 23476       D       sleep 80
[2] 23481       D       sleep 90
[3] 23487       E       sleep 70 &
$ bg 2
[internal_bg()→ señal 18 (SIGCONT) enviada a 23481 (sleep 90 &)]

[2] 23481       E       sleep 90 & [14]
$ jobs
```

[14] Hay que añadir & al cmd

```
[1] 23476       D       sleep 80
[2] 23481       E       sleep 90 &
[3] 23487       E       sleep 70 &
$ fg 2
sleep 90
^C
[ctrlc()→ Soy el proceso con PID 22579 (./nivel5), el proceso en foreground es 23481 (sleep 90)]
[ctrlc()→ Señal 15 (SIGTERM) enviada a 23481 (sleep 90) por 22579 (./nivel5)]

[reaper()→ Proceso hijo 23481 en foreground (sleep 90) finalizado por señal 15]
$ jobs
[1] 23476       D       sleep 80
[2] 23487       E       sleep 70 &
$ fg 1
[internal_fg()→ Señal 18 (SIGCONT) enviada a 23476 (sleep 80)]
sleep 80
^Z
[ctrlz()→ Soy el proceso con PID 22579, el proceso en foreground es 23476 (sleep 80)]
[ctrlz()→ Señal 19 (SIGSTOP) enviada a 23476 (sleep 80) por 22579 (./nivel5)]
[2] 23476       D       sleep 80
$ jobs
[1] 23487       E       sleep 70 &
[2] 23476       D       sleep 80
$ fg 2
[internal_fg()→ Señal 18 (SIGCONT) enviada a 23476 (sleep 80)]
sleep 80
^C
[ctrlc()→ Soy el proceso con PID 22579 (./nivel5), el proceso en foreground es 23476 (sleep 80)]
[ctrlc()→ Señal 15 (SIGTERM) enviada a 23476 (sleep 80) por 22579 (./nivel5)]

[reaper()→ Proceso hijo 23476 en foreground (sleep 80) finalizado por señal 15]
$ jobs
[1] 23487       E       sleep 70 &
$ fg 1 #esperamos hasta que aparezca el prompt
sleep 70

[reaper()→ Proceso hijo 23487 en foreground (sleep 70) finalizado con exit code 0]
$
```

```
$ ps f
[execute_line()→ PID padre: 22579 (./nivel5)]
[execute_line()→ PID hijo: 24052 (ps f)]
  PID TTY      STAT   TIME COMMAND
```

```
22515 pts/2    Ss     0:00 /bin/bash
22579 pts/2    S+     0:00  \_ ./nivel5
24052 pts/2    R+     0:00      \_ ps f

[reaper()→ Proceso hijo 24052 en foreground (ps f) finalizado con exit code 0]
$ ./nivel5
[execute_line()→ PID padre: 22579 (./nivel5)]
[execute_line()→ PID hijo: 24060 (./nivel5)]
$ ps f
[execute_line()→ PID padre: 24060 (./nivel5)]
[execute_line()→ PID hijo: 24063 (ps f)]
  PID TTY      STAT   TIME COMMAND
22515 pts/2    Ss     0:00 /bin/bash
22579 pts/2    S+     0:00  \_ ./nivel5
24060 pts/2    S+     0:00      \_ ./nivel5
24063 pts/2    R+     0:00          \_ ps f

[reaper()→ Proceso hijo 24063 en foreground (ps f) finalizado con exit code 0]
$ ^Z
[ctrlz()→ Soy el proceso con PID 22579, el proceso en foreground es 24060 (./nivel5)]
[ctrlz()→ Soy el proceso con PID 24060, el proceso en foreground es 0 ()]
[ctrlz()→ Señal 19 (SIGSTOP) no enviada por 22579 (./nivel5) debido a que su proceso en
foreground es el shell]
[ctrlz()→ Señal 19 (SIGSTOP) no enviada por 24060 (./nivel5) debido a que no hay proceso
en foreground]
$ sleep 60
[execute_line()→ PID padre: 24060 (./nivel5)]
[execute_line()→ PID hijo: 24079 (sleep 60)]
^Z
[ctrlz()→ Soy el proceso con PID 22579, el proceso en foreground es 24060 (./nivel5)]
[ctrlz()→ Señal 19 (SIGSTOP) no enviada por 22579 (./nivel5) debido a que su proceso en
foreground es el shell]

[ctrlz()→ Soy el proceso con PID 24060, el proceso en foreground es 24079 (sleep 60)]
[ctrlz()→ Señal 19 (SIGSTOP) enviada a 24079 (sleep 60) por 24060 (./nivel5)]
[1] 24079      D      sleep 60
$ fg 1
sleep 60
^C
[ctrlc()→ Soy el proceso con PID 24060 (./nivel5), el proceso en foreground es 24079 (sleep
60)]
[ctrlc()→ Soy el proceso con PID 22579 (./nivel5), el proceso en foreground es 24060
(./nivel5)]
[ctrlc()→ Señal 15 (SIGTERM) no enviada por 22579 (./nivel5) debido a que su proceso en
foreground es el shell]
```

```
[ctrlc()→ Señal 15 (SIGTERM) enviada a 24079 (sleep 60) por 24060 (./nivel5)]

[reaper()→ Proceso hijo 24079 en foreground (sleep 60) finalizado por señal 15]
$ ^D
$ ^D
```

```
$ sleep 10 &
[1] 14933       E       sleep 10 &
$ fg 1
sleep 10
^Z
[ctrlz()→ Soy el proceso con PID 14839, el proceso en foreground es 14933 (sleep 10)]
[ctrlz()→ Señal 19 (SIGSTOP) enviada a 14933 (sleep 10) por 14839 (./nivel5)]
[1] 14933       D       sleep 10
$ fg 1
[internal_fg()→ Señal 18 (SIGCONT) enviada a 14933 (sleep 10)]
sleep 10
[reaper()→ Proceso hijo 14933 en foreground (sleep 10) finalizado con exit code 0]
$
```

```
$ sleep 15
^Z
[ctrlz()→ Soy el proceso con PID 14839, el proceso en foreground es 15159 (sleep 15)]
[ctrlz()→ Señal 19 (SIGSTOP) enviada a 15159 (sleep 15) por 14839 (./nivel5)]
[1] 15159       D       sleep 15
$ bg 1
[internal_bg()→ señal 18 (SIGCONT) enviada a 15159 (sleep 15 &)]
[1] 15159       E       sleep 15 &
$ ^Z
[ctrlz()→ Soy el proceso con PID 14839, el proceso en foreground es 0 ()]
[ctrlz()→ Señal 19 no enviada por 14839 (./nivel5) debido a que no hay proceso en
foreground]
[reaper()→ Proceso hijo 15159 en background (sleep 15 &) finalizado con exit code 0]

Terminado PID 15159 (sleep 15 &) en jobs_list[1] con status 0
$
```

Procesos en segundo plano (background)

En Linux podemos iniciar procesos en primer plano (foreground) o en segundo plano (background). Un proceso iniciado en foreground monopoliza la terminal e impide iniciar más procesos desde la misma. Un proceso en background, una vez iniciado deja de monopolizar la terminal, y devuelve el control al usuario (mostrando el prompt).

Es posible iniciar procesos en background utilizando el caracter ampersand **&** al final de la línea de comandos. Cuando un proceso es ejecutado con &, el shell devuelve el identificador de proceso (PID) y presenta nuevamente el *prompt*. A cada proceso en background se le asigna un identificador numérico del trabajo, que se muestra entre [].

```
uib ~$ gedit &
[1] 12692
uib ~$ sleep 40 &
[2] 12703
uib ~$
```

Comandos jobs, fg, bg. Señales SIGTSTP (^Z) y SIGCONT

Mediante el comando **jobs** podemos obtener el listado de trabajos, con sus identificadores, y así ver los procesos en segundo plano.

```
uib ~$ jobs
[1]-  Ejecutando          gedit &
[2]+  Ejecutando          sleep 40
```

Podemos pasar un proceso de background a foreground mediante el comando **fg** y el identificador de trabajo (precedido opcionalmente del símbolo **%**):

```
uib ~$ fg %2
sleep 40
```

Un comando que se ejecuta en foreground es posible suspenderlo utilizando la combinación de teclas **Ctrl+Z** (que produce la señal **SIGTSTP**). El proceso detenido pasa a la lista de trabajos.

```
uib ~$ sleep 20
```

```
^Z
[3]+  Detenido          sleep 20
uib ~$
```

Utilizamos el comando **fg** y el identificador de trabajo (precedido opcionalmente del símbolo **%**) si deseamos volver a ejecutarlo en primer plano (internamente se le enviará la señal **SIGCONT**):

```
uib ~$ fg %3
sleep 20
...
```

Si lo que queremos es seguir ejecutándolo pero en segundo plano (background), en lugar del comando fg utilizamos **bg**:

```
uib ~$ sleep 20
^Z
[3]+  Detenido          sleep 20
uib ~$ bg %3
[3]+  sleep 20 &
uib ~$
```

Esto es realmente útil en situaciones como la ejecución de un script que se demora más de lo esperado y necesitamos ejecutarlo sin necesidad de una terminal, lo dejamos en segundo plano y seguirá corriendo sin necesidad de ningún entorno visual. Útil si solo disponemos de una única terminal y necesitamos realizar varias tareas simultaneamente.

Podemos forzar la finalización de un proceso ejecutándose en segundo plano mediante el comando **kill** y su identificador precedido de %:

```
uib ~$ sleep 30 &
[2] 3317
uib ~$ kill -9 %2
uib ~$ jobs
[1]-  Ejecutando          gedit &
[2]+  Terminado           sleep 30
uib ~$
```

Recordad que mediante **Ctrl+C** se fuerza la finalización solo del proceso en primer plano.