

Crear Un Shell en C

Daniel Rodríguez, Sofía Travieso García, Jaime Rivero Santana

25 abril 2024

Índice

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Flujo de Ejecución | 2 |
| 2 | Conceptos para crear un Shell | 3 |
| 2.1 | Process ID (PID) | 3 |
| 2.2 | Procesos Padres | 3 |
| 2.3 | Fork | 5 |
| 2.4 | Wait | 6 |
| 2.5 | Execve | 7 |
| 2.6 | Getline | 8 |
| 2.7 | Strtok | 9 |
| 3 | Desarrollo de la Shell | 11 |
| 3.1 | Diagrama de Flujo Actualizado | 11 |
| 3.2 | While y obteniendo líneas de teclado | 12 |
| 3.3 | Creando proceso hijo y dividiendo entrada | 13 |
| 3.4 | Ejecutando los comandos | 16 |
| 3.4.1 | Ejecución | 19 |
| 3.5 | Version 0.0.1 | 20 |
| 3.6 | Añadiendo experiencia de usuario | 21 |
| 3.7 | Versión 0.0.2 | 22 |
| 4 | Requisitos opcionales | 25 |
| 4.1 | Cálculo del tiempo que tarda en ejecutarse el hijo y versión 0.0.3 | 25 |
| 4.2 | Cambio del directorio con cd | 32 |

#Introducción Un “shell” es una interfaz de usuario que permite la interacción con un sistema operativo a través de comandos. En este caso, vamos a desarrollar un shell sencillo en C que pueda ejecutar comandos básicos del sistema operativo.

- **Sofía Travieso García:** se encargó del desarrollo del código general y del apartado opcional “calcular el tiempo que tarda en ejecutarse el proceso hijo”. Además, se encargó de realizar la última versión del documento.
- **Daniel Rodríguez Alonso:** se encargó del desarrollo del código general y de la creación del cursor “:) / :(” del código. Además, elaboró la primera versión del documento.
- **Jaime Rivero Santana** se encargó del desarrollo del código general y del apartado opcional “cambiar el directorio con cd”.

1 Flujo de Ejecución

Para el desarrollo de este shell tenemos que tener en cuenta el flujo de ejecución de nuestro programa, que será el siguiente:

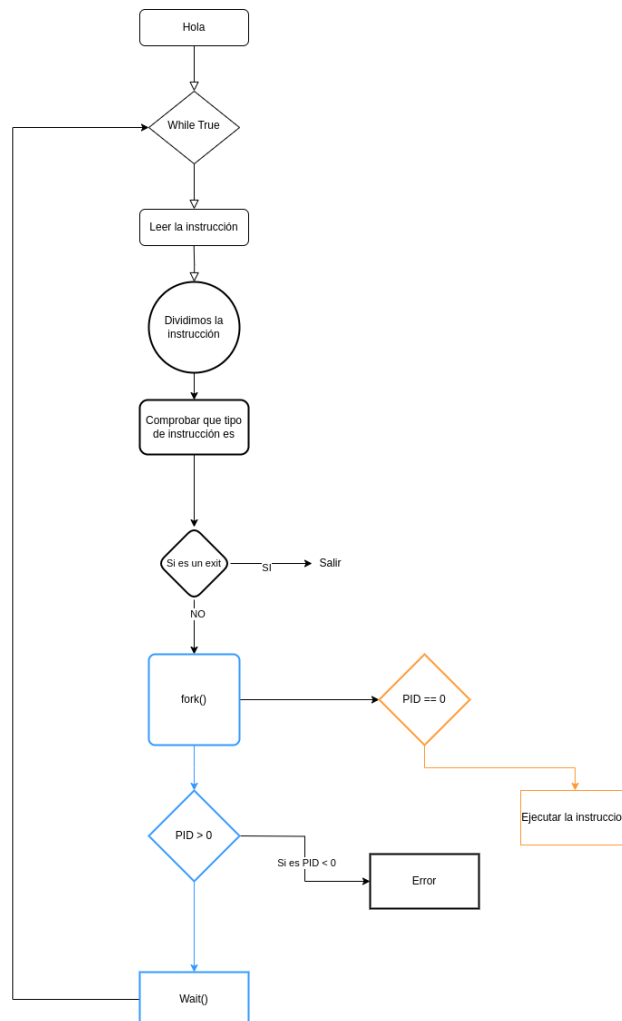


Figura 1: Diagrama de Flujo

2 Conceptos para crear un Shell

2.1 Process ID (PID)

El PID es una abreviatura del process ID, es decir, del ID del proceso o **identificador del procesos**. El identificador de procesos es un número entero usado por el Kernel de algunos sistemas operativos (como el de **Unix** o el de **Windows NT**) para identificar un proceso de forma unívoca.

Mostramos un código ejemplo para que se vea como se obtiene el PID en C:

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <sys/types.h>

int main()
{
    pid_t pid;
    int a = 3;
    int b = 5;
    int sum = a + b;

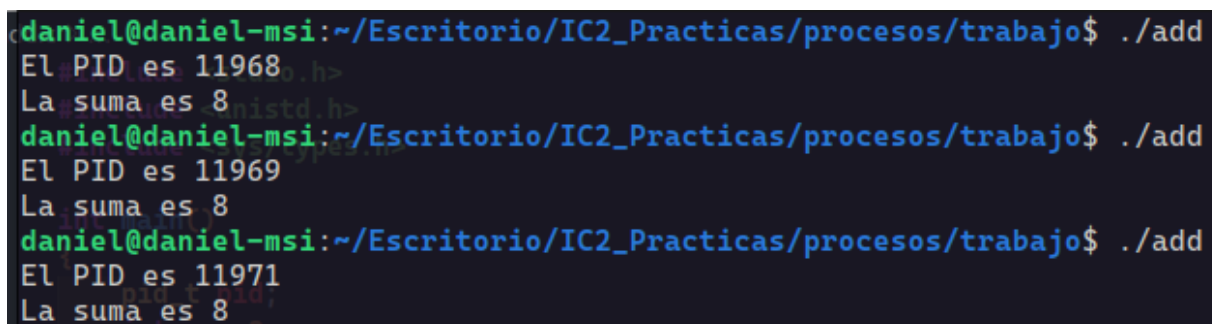
    pid = getpid();

    printf("El PID es %d\n", pid);
    printf("La suma es %d\n", sum);

    return 0;
}
```

Este es un pequeño código que imprime una suma de dos números y el PID del programa.

- Ejecución



```
daniel@daniel-msi:~/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo$ ./add
El PID es 11968
La suma es 8
daniel@daniel-msi:~/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo$ ./add
El PID es 11969
La suma es 8
daniel@daniel-msi:~/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo$ ./add
El PID es 11971
La suma es 8
```

Figura 2: Terminal

En cada ejecución cambia el PID que es definido por el sistema operativo.

2.2 Procesos Padres

Los procesos padres son simplemente los procesos que crean procesos hijos. Cada proceso hijo tiene un PID único que va cambiando cada vez que se ejecuta.

En este ejemplo obtengo el proceso padre con `getppid()` y podemos ver como este no cambia ya que es el proceso padre del bash de la “terminal”. Entonces, significa que la terminal crea un proceso hijo que es nuestro programa y se le asigna un PID, pero su proceso padre sigue siendo el mismo.

- Código

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <sys/types.h>

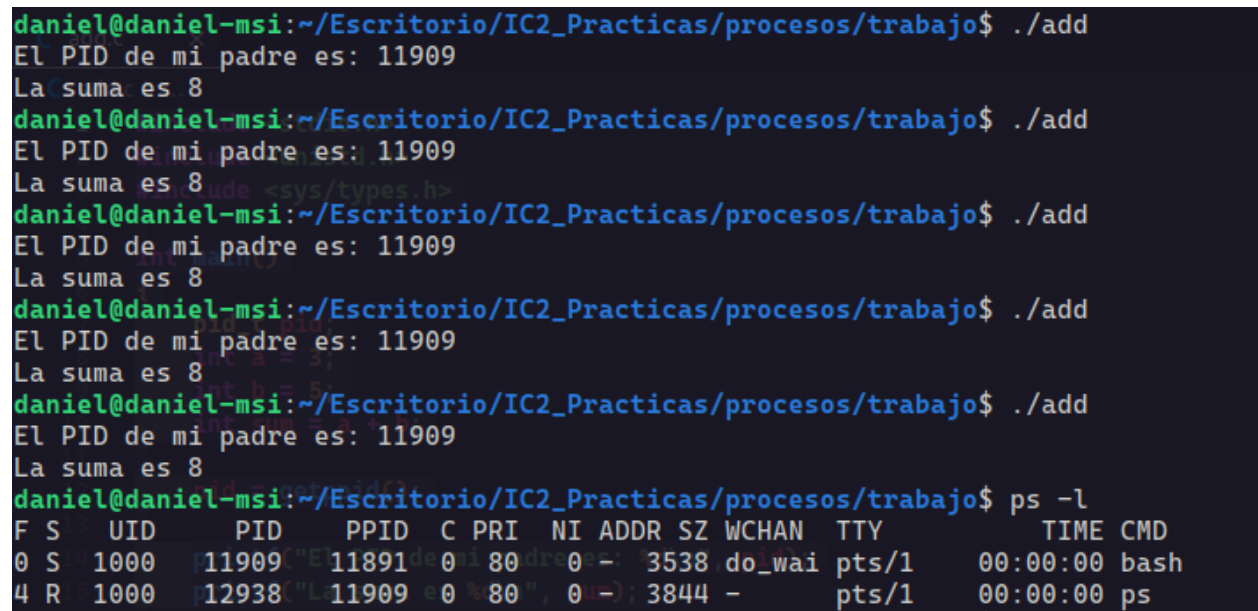
int main()
{
    pid_t pid;
    int a = 3;
    int b = 5;
    int sum = a + b;

    pid = getppid();

    printf("El PID de mi padre es: %d\n", pid);
    printf("La suma es %d\n", sum);

    return 0;
}
```

- Ejecución



```
daniel@daniel-msi:~/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo$ ./add
El PID de mi padre es: 11909
La suma es 8
daniel@daniel-msi:~/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo$ ./add
El PID de mi padre es: 11909
La suma es 8
daniel@daniel-msi:~/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo$ ./add
El PID de mi padre es: 11909
La suma es 8
daniel@daniel-msi:~/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo$ ./add
El PID de mi padre es: 11909
La suma es 8
daniel@daniel-msi:~/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo$ ./add
El PID de mi padre es: 11909
La suma es 8
daniel@daniel-msi:~/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo$ ps -l
F S  UID      PID   PPID  C PRI  NI ADDR SZ WCHAN  TTY          TIME CMD
0 S   1000    11909 11891  0  80   0  -   3538 do_wai pts/1        00:00:00 bash
4 R   1000    12938 11909  0  80   0  -   3844 -      pts/1        00:00:00 ps
```

Figura 3: Terminal

Como vemos, da igual cuantas veces ejecutemos el programa porque este tiene el mismo PID padre que es 11909 y que con el comando `ps -l` vemos que es el pid del bash de la terminal.

2.3 Fork

La llamada al sistema `fork()` se usa para crear procesos hijos que son copias de los procesos padres pero con algunas excepciones, y no coge argumentos. Esto es muy necesario para la creación de nuestra propia shell, ya que tenemos ser capaces de crear procesos hijos que van a ser la ejecución de los parámetros que le pasemos.

- Valores de retorno de `fork()`
 - PID del proceso hijo en el proceso padre
 - 0 en el proceso hijo
 - -1 si hubo algun error
- Programa para probar el `fork()`

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <sys/types.h>

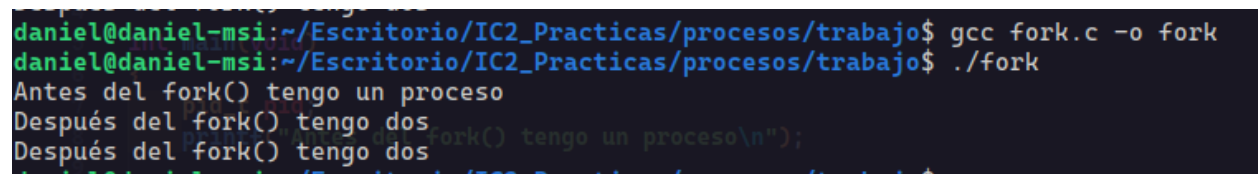
int main(void)
{
    pid_t pid;
    printf("Antes del fork() tengo un proceso\n");

    pid = fork();

    if(pid == -1) {
        printf("Hubo un error\n");
        return 1;
    }

    printf("Después del fork() tengo dos\n");
    return 0;
}
```

- Resultado



```
daniel@daniel-msi:~/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo$ gcc fork.c -o fork
daniel@daniel-msi:~/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo$ ./fork
Antes del fork() tengo un proceso
Después del fork() tengo dos
Después del fork() tengo dos
```

Figura 4: Terminal

Cuando ejecutamos el programa, se puede ver como primero se ejecuta el mensaje antes de crear el proceso hijo. Entonces, se crea el proceso hijo y ejecuta el segundo mensaje. Cuando termina, vuelve al proceso padre y ejecuta el segundo mensaje de nuevo porque el padre no lo había ejecutado aún.

Si el proceso padre termina antes que el proceso hijo, este se queda como un proceso zombie y ya no tiene referencia al proceso padre.

```

#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <sys/types.h>

int main(void)
{
    pid_t pid;
    printf("Antes del fork() tengo un proceso\n");

    pid = fork();

    if(pid == -1) {
        printf("Hubo un error\n");
        return 1;
    } else if(pid == 0) {
        sleep(1);
        printf("Proceso zombie\n");
        return 0;
    }

    printf("Después del fork() tengo dos\n");
    return 0;
}

```

2.4 Wait

La llamada a `wait()` bloquea la llamada a un proceso hasta que uno de los procesos hijos termina. Después de que el proceso hijo termina, el padre continua ejecutando después de la instrucción `wait()`.

- Código

```

// C program to demonstrate working of wait()
#include<stdio.h>
#include<sys/wait.h>
#include<unistd.h>

int main()
{
    pid_t pid = fork();

    if (pid == 0)
        printf("C: Hola desde el Hijo\n");
    else
    {
        printf("P: Hola desde el padre\n");
        wait(NULL);
        printf("T: Hijo terminó\n");
    }

    printf("Adiós\n");
    return 0;
}

```

- Ejecución

```
daniel@daniel-msi:~/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo$ ./wait
P: Hola desde el padre
C: Hola desde el Hijo
Adiós
T: Hijo terminó
Adiós
```

Figura 5: Terminal

Aquí se puede ver como el proceso padre se ejecuta y luego espera a que termine de ejecutarse el proceso hijo y luego termina de ejecutarse el proceso padre.

2.5 Execve

`execve()` es una llamada al sistema en sistemas operativos tipo Unix, como Linux. Se utiliza para ejecutar un programa nuevo en un proceso existente. Toma tres argumentos principales: el nombre del archivo ejecutable que se desea ejecutar, un arreglo de argumentos pasados al nuevo programa y un arreglo de variables de entorno.

Cuando `execve()` se invoca en un proceso, ese proceso se sobrescribe con el nuevo programa especificado en el primer argumento. Esto significa que el programa actual y su espacio de direcciones se reemplazan por el nuevo programa. El nuevo programa comienza a ejecutarse desde el principio.

- Código

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <sys/types.h>

int main()
{
    char *argv[] = {"/bin/ls", "-l", NULL};

    int val = execve(argv[0], argv, NULL);

    if(val == -1) {
        perror("Error");
    }

    printf("Se ejecutó execve");

    return 0;
}
```

- Ejecución

```
daniel@daniel-msi:~/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo$ ./exec
total 528
-rw-rw-r-- 1 daniel daniel 5775 Apr 16 12:18 Trabajo_Shell.Rmd
-rw-rw-r-- 1 daniel daniel 411014 Apr 16 12:18 Trabajo_Shell.pdf
-rwxrwxr-x 1 daniel daniel 16008 Apr 15 18:02 add
-rw-rw-r-- 1 daniel daniel 266 Apr 15 18:02 add.cns
-rwxrwxr-x 1 daniel daniel 16096 Apr 16 12:11 exec
-rw-rw-r-- 1 daniel daniel 273 Apr 16 12:11 exec.c
-rwxrwxr-x 1 daniel daniel 16040 Apr 16 10:50 fork
-rw-rw-r-- 1 daniel daniel 360 Apr 16 10:54 fork.c
drwxrwxr-x 2 daniel daniel 4096 Apr 16 11:41 imagenes
-rwxrwxr-x 1 daniel daniel 16688 Apr 16 10:59 shell
-rw-rw-r-- 1 daniel daniel 9414 Apr 16 10:58 shell.c
-rwxrwxr-x 1 daniel daniel 16040 Apr 16 11:41 wait
-rw-rw-r-- 1 daniel daniel 367 Apr 16 11:34 wait.c
```

Figura 6: Terminal

El programa ejecuta la instrucción que se le pasa por el vector de caracteres con los ejecutables binarios que se encuentran en el directorio /bin y ,como vemos, no se ejecuta el print(“Se ejecutó execve”) porque se sobrescribe la instrucción ls.

2.6 Getline

La función `getline()` se utiliza para leer una línea de texto desde la entrada estándar y la almacena en un buffer. Esta función no hará falta para el desarrollo de leer las instrucciones que se pasan por teclado. Creamos un código para que se pueda ver la ejecución de esta función:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int main()
{
    size_t n = 10;
    char *buf = malloc(sizeof(char) * n);

    printf("Introduce tu nombre: ");
    getline(&buf, &n, stdin);

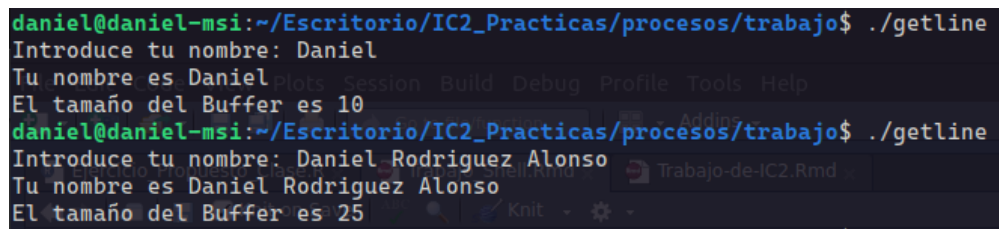
    printf("Tu nombre es %sEl tamaño del Buffer es %ld\n", buf, n);
    free(buf);

    return(0);
}
```

- En la función `main()`:
 - `size_t n = 10;`: Se declara una variable `n` de tipo `size_t` y se inicializa con el valor 10. Esta variable se utilizará para indicar el tamaño inicial del buffer.
 - `char *buf = malloc(sizeof(char) * n);`: Se llama a la función `malloc()` para asignar memoria dinámica para el buffer `buf`. El tamaño de la memoria asignada es `sizeof(char) * n`, es decir, el tamaño de un `char` multiplicado por `n`. Esto crea un buffer de caracteres con capacidad inicial para 10 caracteres.

- `printf("Introduce tu nombre: ");` Se imprime un mensaje solicitando al usuario que introduzca su nombre.
- `getline(&buf, &n, stdin);` Se llama a la función `getline()` para leer una línea de texto desde la entrada estándar (`stdin`). La línea leída se almacenará en el buffer `buf`. La variable `n` se utiliza para indicar el tamaño del buffer. Si el tamaño del nombre introducido por el usuario excede el tamaño del buffer, `getline()` ajustará automáticamente el tamaño del buffer para contener la línea completa.
- `printf("Tu nombre es %sEl tamaño del Buffer es %ld\n", buf, n);` Se imprime el nombre introducido por el usuario utilizando `%s` para imprimir una cadena de caracteres (`char *`), y se imprime el tamaño del buffer utilizando `%ld` para imprimir un `long int`.
- `free(buf);` Se libera la memoria asignada al buffer utilizando la función `free()` para evitar fugas de memoria.

- Ejecución



```
daniel@daniel-msi:~/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo$ ./getline
Introduce tu nombre: Daniel
Tu nombre es Daniel
El tamaño del Buffer es 10
daniel@daniel-msi:~/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo$ ./getline
Introduce tu nombre: Daniel Rodriguez Alonso
Tu nombre es Daniel Rodriguez Alonso
El tamaño del Buffer es 25
```

Figura 7: Terminal

2.7 Strtok

La función `strtok()` en C se utiliza para dividir una cadena en una serie de “tokens” o partes más pequeñas, utilizando un delimitador especificado. Es especialmente útil para analizar cadenas de texto o para dividir cadenas basadas en un cierto patrón.

La sintaxis de la función `strtok()` es la siguiente:

```
char *strtok(char *str, const char *delim);
```

`str`: Es la cadena de texto que se va a dividir en tokens. En la primera llamada a `strtok()`, este argumento debe ser la cadena original. En llamadas subsiguientes, se debe pasar `NULL` para indicar que se debe continuar dividiendo la misma cadena.

`delim`: Es una cadena que contiene los caracteres delimitadores. `strtok()` utiliza estos caracteres para determinar dónde se deben realizar las divisiones en la cadena.

La función `strtok()` devuelve un puntero al siguiente token encontrado en la cadena `str`, o `NULL` si no se encontró ningún token más. Además, modifica la cadena original `str`, reemplazando el delimitador con el carácter nulo ‘\0’ para indicar el final del token encontrado.

- Código

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>

int main() {
```

```

char str[] = "Hola,mundo,estoy,usando,strtok";
const char delim[] = ",";

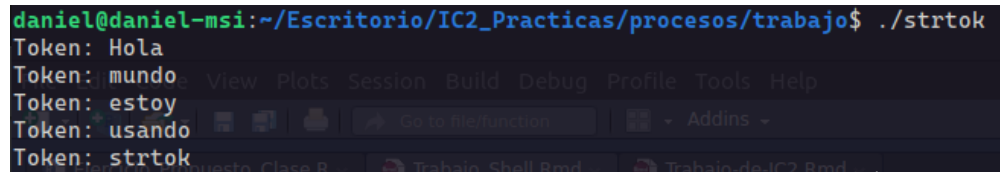
char *token = strtok(str, delim);

while (token != NULL) {
    printf("Token: %s\n", token);
    token = strtok(NULL, delim);
}

return 0;
}

```

- Ejecución



```

daniel@daniel-msi:~/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo$ ./strtok
Token: Hola
Token: mundo
Token: estoy
Token: usando
Token: strtok

```

Figura 8: Terminal

3 Desarrollo de la Shell

Una vez tenido en cuenta los conocimientos de las funciones que hemos repasado en este PDF, podemos ponernos a actualizar el diagrama de flujo y empezar a desarrollar nuestra propia shell.

3.1 Diagrama de Flujo Actualizado

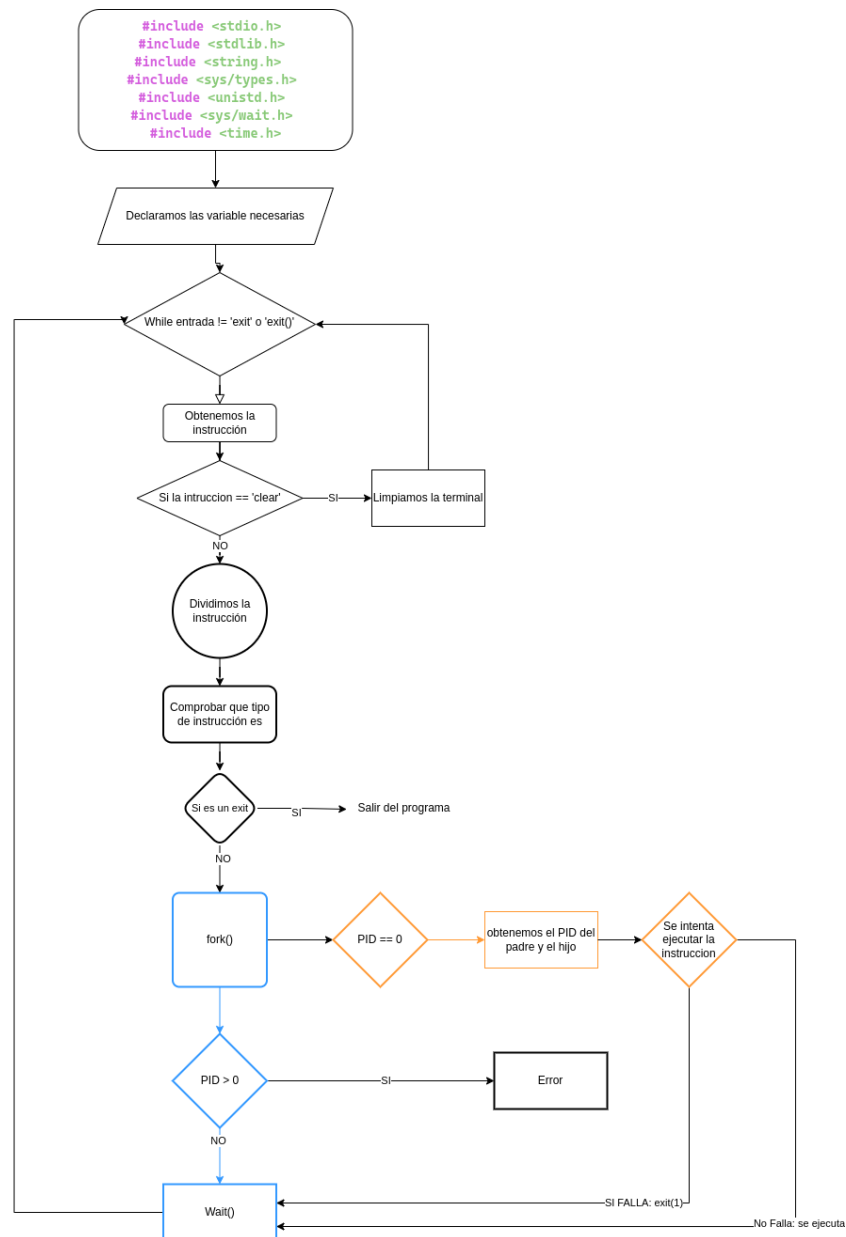


Figura 9: Terminal

3.2 While y obteniendo líneas de teclado

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>

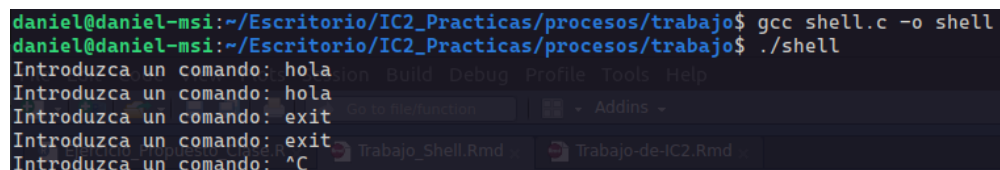
int SonIguales(const char *str1, const char *str2) {
    return strcmp(str1, str2) == 0;
}

int main()
{
    // Tamaño inicial del buffer
    size_t n = 10;
    char *buf = malloc(sizeof(char) * n);
    // Creamos una variable para controlar la salida del bucle
    int seguir_ejecutandose = 1;

    //Bucle principal del programa
    while(seguir_ejecutandose) {
        printf("Introduzca un comando: ");
        getline(&buf, &n, stdin);

        // Salir del bucle si se introduce exit o exit()
        if(SonIguales(buf, "exit") || SonIguales(buf, "exit()")) {
            // Ponemos el valor de seguir_ejecutandose a 0
            seguir_ejecutandose = 0;
            continue;
        }
    }
    free(buf);
    return 0;
}
```

- Ejecución



```
daniel@daniel-msi:~/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo$ gcc shell.c -o shell
daniel@daniel-msi:~/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo$ ./shell
Introduzca un comando: hola
Introduzca un comando: hola
Introduzca un comando: exit
Introduzca un comando: exit
Introduzca un comando: ^C
```

Figura 10: Terminal

Vemos que el programa no nos dio ningún problema al ser compilado, pero no está funcionando como queremos. Tenemos el problema de que cuando introducimos algo por teclado, la línea que introducimos incluye el salto de línea `\n` y, cuando lo comparo con la string “exit” o “exit()”, devuelve que no son iguales.

- Solución

Tengo que quitar el salto de línea por un carácter `\0` para poder compararlo y que realmente funcione la función de `SonIguales()`.

```

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>

int SonIguales(const char *str1, const char *str2) {
    return strcmp(str1, str2) == 0;
}

int main()
{
    // Tamaño inicial del buffer
    size_t n = 10;
    char *buf = malloc(sizeof(char) * n);
    // Creamos una variable para controlar la salida del bucle
    int seguir_ejecutandose = 1;

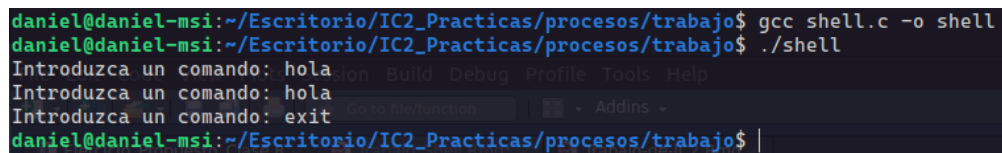
    //Bucle principal del programa
    while(seguir_ejecutandose) {
        printf("Introduzca un comando: ");
        getline(&buf, &n, stdin);

        // Cambiando el \n por un \0
        if((strlen(buf) > 0) && (buf[strlen(buf) - 1] == '\n')) {
            buf[strlen(buf) - 1] = '\0';
        }

        // Salir del bucle si se introduce exit o exit()
        if(SonIguales(buf, "exit") || SonIguales(buf, "exit()")) {
            // Ponemos el valor de seguir_ejecutandose a 0
            seguir_ejecutandose = 0;
            continue;
        }
    }
    free(buf);
    return 0;
}

```

- Ejecución



```

daniel@daniel-msi:~/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo$ gcc shell.c -o shell
daniel@daniel-msi:~/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo$ ./shell
Introduzca un comando: hola
Introduzca un comando: hola
Introduzca un comando: exit
daniel@daniel-msi:~/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo$

```

Figura 11: Terminal

3.3 Creando proceso hijo y dividiendo entrada

Una vez que somos capaces de obtener de teclado varias intrucciones que introduzca el usuario y saber cuando quiere terminar de ejecutar el shell, podemos empezar a crear un proceso hijo que va a ser el que ejecute las instrucciones. Adsemás, tendremos que dividir la entrada del teclado por espacios.

- Código

```
#include <stdio.h> // Para poder imprimir por pantalla
#include <stdlib.h> // Para poder usar getline()
#include <string.h> // Para poder usar strcmp()
#include <sys/types.h> // para poder usar pid_t
#include <unistd.h> // Necesario para declarar el fork()
#include <sys/wait.h> // Para poder usar el wait()

#define MAX_ARGUMENTS 40

int SonIguales(const char *str1, const char *str2) {
    return strcmp(str1, str2) == 0;
}

int main()
{
    // Tamaño inicial del buffer
    size_t n = 10;
    char *buf = malloc(sizeof(char) * n);
    // Creamos una variable para controlar la salida del bucle
    int seguir_ejecutandose = 1;
    // Arreglo de argumentos
    char *args[MAX_ARGUMENTS];

    //Bucle principal del programa
    while(seguir_ejecutandose) {
        printf("Introduzca un comando: ");
        getline(&buf, &n, stdin);

        // Cambiando el \n por un \0
        if((strlen(buf) > 0) && (buf[strlen(buf) - 1] == '\n')) {
            buf[strlen(buf) - 1] = '\0';
        }

        // Salir del bucle si se introduce exit o exit()
        if(SonIguales(buf, "exit") || SonIguales(buf, "exit()")) {
            // Ponemos el valor de seguir_ejecutandose a 0
            seguir_ejecutandose = 0;
            continue;
        }

        // Creamos un proceso hijo
        pid_t pid;

        pid = fork();

        if (pid == -1) {
            // Error al crear el hijo
            perror("Error al crearse el proceso hijo");
            exit(1);
        } else if (pid == 0) {
            // Proceso hijo
            printf("PID del proceso hijo %d\n", getpid());
        }
    }
}
```

```

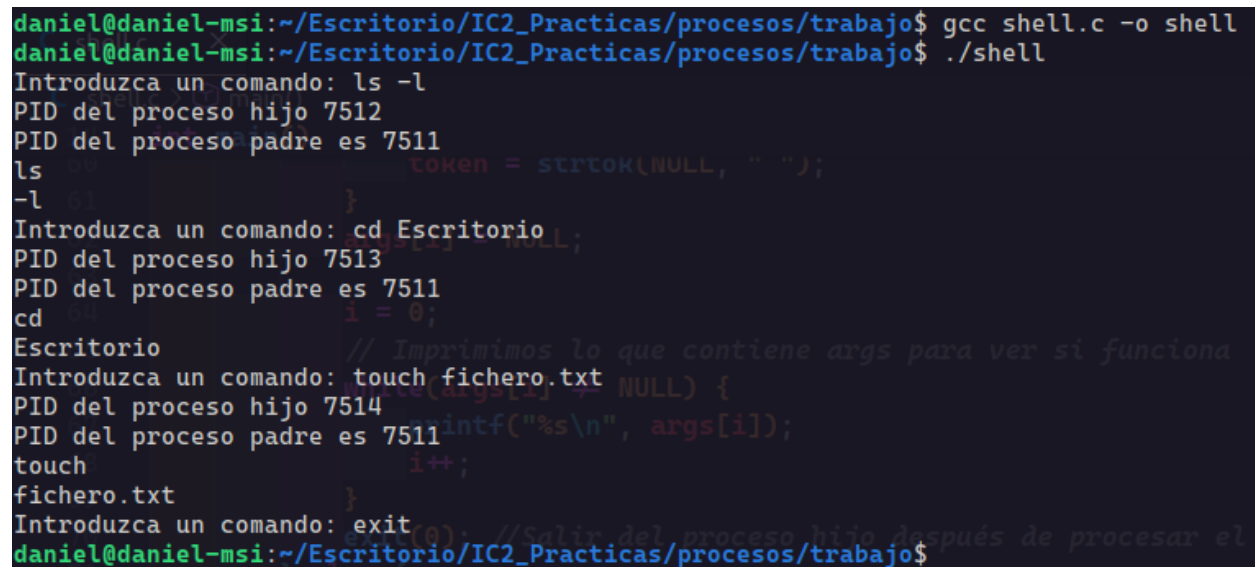
printf("PID del proceso padre es %d\n", getppid());

// Dividimos la entrada del usuario por tokens
char *token = strtok(buf, " ");
int i = 0;
while(token != NULL) {
    args[i++] = token;
    token = strtok(NULL, " ");
}
args[i] = NULL;

i = 0;
// Imprimimos lo que contiene args para ver si funciona
while(args[i] != NULL) {
    printf("%s\n", args[i]);
    i++;
}
exit(0); //Salir del proceso hijo después de procesar el comando
} else {
    // Proceso padre
    wait(NULL);
}
}
free(buf);
return 0;
}

```

- Ejecución



```

daniel@daniel-msi:~/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo$ gcc shell.c -o shell
daniel@daniel-msi:~/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo$ ./shell
Introduzca un comando: ls -l
PID del proceso hijo 7512
PID del proceso padre es 7511
ls
-l
Introduzca un comando: cd Escritorio
PID del proceso hijo 7513
PID del proceso padre es 7511
cd
Escritorio
Introduzca un comando: touch fichero.txt
PID del proceso hijo 7514
PID del proceso padre es 7511
touch
fichero.txt
Introduzca un comando: exit
daniel@daniel-msi:~/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo$

```

Figura 12: Terminal

Vemos como el programa funciona como esperamos ya que nos deja introducir los comandos por pantalla y cuando damos “enter” nos imprime correctamente el PID del padre y el PID del hijo con la instrucción separada.

3.4 Ejecutando los comandos

Ahora, vamos a utilizar la función `execve` que hemos visto en este PDF para poder ejecutar los comandos que sean introducidos por terminal.

- Código

```
#include <stdio.h> // Para poder imprimir por pantalla
#include <stdlib.h> // Para poder usar getline()
#include <string.h> // Para poder usar strcmp()
#include <sys/types.h> // para poder usar pid_t
#include <unistd.h> // Necesario para declarar el fork()
#include <sys/wait.h> // Para poder usar el wait()

#define MAX_ARGUMENTS 40

int SonIguales(const char *str1, const char *str2) {
    return strcmp(str1, str2) == 0;
}

int main()
{
    // Tamaño inicial del buffer
    size_t n = 10;
    char *buf = malloc(sizeof(char) * n);
    // Creamos una variable para controlar la salida del bucle
    int seguir_ejecutandose = 1;
    // Arreglo de argumentos
    char *args[MAX_ARGUMENTS];

    //Bucle principal del programa
    while(seguir_ejecutandose) {
        printf("Introduzca un comando: ");
        getline(&buf, &n, stdin);

        // Cambiando el \n por un \0
        if((strlen(buf) > 0) && (buf[strlen(buf) - 1] == '\n')) {
            buf[strlen(buf) - 1] = '\0';
        }

        // Salir del bucle si se introduce exit o exit()
        if(SonIguales(buf, "exit") || SonIguales(buf, "exit()")) {
            // Ponemos el valor de seguir_ejecutandose a 0
            seguir_ejecutandose = 0;
            continue;
        }

        // Creamos un proceso hijo
        pid_t pid;

        pid = fork();

        if (pid == -1) {
            // Error al crear el hijo

```



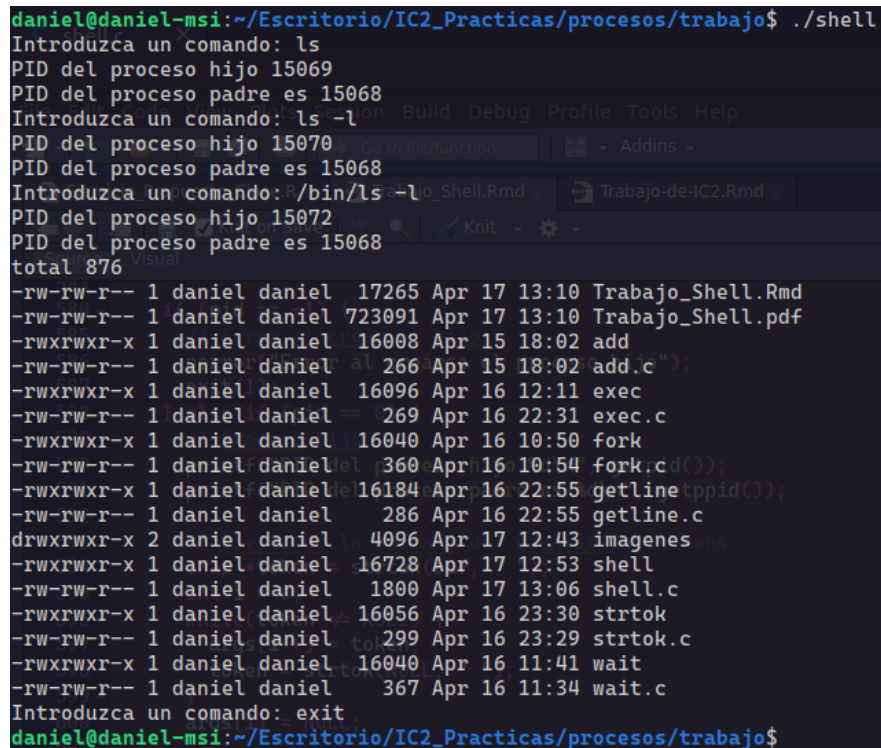
```

    perror("Error al crearse el proceso hijo");
    exit(1);
} else if (pid == 0) {
    // Proceso hijo
    printf("PID del proceso hijo %d\n", getpid());
    printf("PID del proceso padre es %d\n", getppid());

    // Dividimos la entrada del usuario por tokens
    char *token = strtok(buf, " ");
    int i = 0;
    while(token != NULL) {
        args[i++] = token;
        token = strtok(NULL, " ");
    }
    args[i] = NULL;

    execve(args[0], args, NULL);
    exit(1); //Salir si execve falla
} else {
    // Proceso padre
    wait(NULL);
}
}
free(buf);
return 0;
}

```



```

daniel@daniel-msi:~/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo$ ./shell
Introduzca un comando: ls
PID del proceso hijo 15069
PID del proceso padre es 15068
Introduzca un comando: ls -l
PID del proceso hijo 15070
PID del proceso padre es 15068
Introduzca un comando: /bin/ls -l
PID del proceso hijo 15072
PID del proceso padre es 15068
total 876
-rw-rw-r-- 1 daniel daniel 17265 Apr 17 13:10 Trabajo_Shell.Rmd
-rw-rw-r-- 1 daniel daniel 723091 Apr 17 13:10 Trabajo_Shell.pdf
-rwxrwxr-x 1 daniel daniel 16008 Apr 15 18:02 add
-rw-rw-r-- 1 daniel daniel 266 Apr 15 18:02 add.c
-rwxrwxr-x 1 daniel daniel 16096 Apr 16 12:11 exec
-rw-rw-r-- 1 daniel daniel 269 Apr 16 22:31 exec.c
-rwxrwxr-x 1 daniel daniel 16040 Apr 16 10:50 fork
-rw-rw-r-- 1 daniel daniel 360 Apr 16 10:54 fork.c
-rwxrwxr-x 1 daniel daniel 16184 Apr 16 22:55 getline
-rw-rw-r-- 1 daniel daniel 286 Apr 16 22:55 getline.c
drwxrwxr-x 2 daniel daniel 4096 Apr 17 12:43 imagenes
-rwxrwxr-x 1 daniel daniel 16728 Apr 17 12:53 shell
-rw-rw-r-- 1 daniel daniel 1800 Apr 17 13:06 shell.c
-rwxrwxr-x 1 daniel daniel 16056 Apr 16 23:30 strtok
-rw-rw-r-- 1 daniel daniel 299 Apr 16 23:29 strtok.c
-rwxrwxr-x 1 daniel daniel 16040 Apr 16 11:41 wait
-rw-rw-r-- 1 daniel daniel 367 Apr 16 11:34 wait.c
Introduzca un comando: exit
daniel@daniel-msi:~/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo$

```

Figura 13: Terminal

Como vemos en la ejecución, cuando ponemos ls no se ejecuta nada por que es necesario poner `/bin/` delante del comando que queremos ejecutar para que pueda ejecutar los ejecutables que tenemos en `/bin/`.

```
#include <stdio.h> // Para poder imprimir por pantalla
#include <stdlib.h> // Para poder usar getline()
#include <string.h> // Para poder usar strcmp()
#include <sys/types.h> // para poder usar pid_t
#include <unistd.h> // Necesario para declarar el fork()
#include <sys/wait.h> // Para poder usar el wait()

#define MAX_ARGUMENTS 40

int SonIguales(const char *str1, const char *str2) {
    return strcmp(str1, str2) == 0;
}

int main()
{
    // Tamaño inicial del buffer
    size_t n = 10;
    char *buf = malloc(sizeof(char) * n);
    // Creamos una variable para controlar la salida del bucle
    int seguir_ejecutandose = 1;
    // Arreglo de argumentos
    char *args[MAX_ARGUMENTS];

    //Bucle principal del programa
    while(seguir_ejecutandose) {
        printf("Introduzca un comando: ");
        getline(&buf, &n, stdin);

        // Cambiando el \n por un \0
        if((strlen(buf) > 0) && (buf[strlen(buf) - 1] == '\n')) {
            buf[strlen(buf) - 1] = '\0';
        }

        // Salir del bucle si se introduce exit o exit()
        if(SonIguales(buf, "exit") || SonIguales(buf, "exit()")) {
            // Ponemos el valor de seguir_ejecutandose a 0
            seguir_ejecutandose = 0;
            continue;
        }

        // Creamos un proceso hijo
        pid_t pid;

        pid = fork();

        if (pid == -1) {
            // Error al crear el hijo
            perror("Error al crearse el proceso hijo");
            exit(1);
        } else if (pid == 0) {
            // Proceso hijo
```


Una vez visto que funciona el programa, podemos decir que tenemos la primera versión de nuestro programa realizado, la cual sería la version 0.0.1:

3.5 Version 0.0.1

```
#include <stdio.h> // Para poder imprimir por pantalla
#include <stdlib.h> // Para poder usar getline()
#include <string.h> // Para poder usar strcmp()
#include <sys/types.h> // para poder usar pid_t
#include <unistd.h> // Necesario para declarar el fork()
#include <sys/wait.h> // Para poder usar el wait()

#define MAX_ARGUMENTS 40

int SonIguales(const char *str1, const char *str2) {
    return strcmp(str1, str2) == 0;
}

int main()
{
    // Tamaño inicial del buffer
    size_t n = 10;
    char *buf = malloc(sizeof(char) * n);
    // Creamos una variable para controlar la salida del bucle
    int seguir_ejecutandose = 1;
    // Arreglo de argumentos
    char *args[MAX_ARGUMENTS];

    //Bucle principal del programa
    while(seguir_ejecutandose) {
        printf("Introduzca un comando: ");
        getline(&buf, &n, stdin);

        // Cambiando el \n por un \0
        if((strlen(buf) > 0) && (buf[strlen(buf) - 1] == '\n')) {
            buf[strlen(buf) - 1] = '\0';
        }

        // Salir del bucle si se introduce exit o exit()
        if(SonIguales(buf, "exit") || SonIguales(buf, "exit()")) {
            // Ponemos el valor de seguir_ejecutandose a 0
            seguir_ejecutandose = 0;
            continue;
        }

        // Creamos un proceso hijo
        pid_t pid;

        pid = fork();

        if (pid == -1) {
            // Error al crear el hijo

```

```

        perror("Error al crearse el proceso hijo");
        exit(1);
    } else if (pid == 0) {
        // Proceso hijo
        printf("PID del proceso hijo %d\n", getpid());
        printf("PID del proceso padre es %d\n", getppid());

        // Dividimos la entrada del usuario por tokens
        char *token = strtok(buf, " ");
        int i = 0;
        while(token != NULL) {
            args[i++] = token;
            token = strtok(NULL, " ");
        }
        args[i] = NULL;

        // Concatenar '/bin/' con el primer argumento
        char *temp = malloc(strlen("/bin/") + strlen(args[0]) + 1);
        strcpy(temp, "/bin/");
        strcat(temp, args[0]);
        args[0] = temp;

        execve(args[0], args, NULL);
        exit(1); //Salir si execve falla
    } else {
        // Proceso padre
        wait(NULL);
    }
}
free(buf);
return 0;
}

```

3.6 Añadiendo experiencia de usuario

En esta parte, vamos a actualizar el código para poder mejorar la experiencia de usuario. Tenemos que controlar; si al ejecutar el código este falla, en el cursor aparecerá estos caracteres “:(”, si se ejecuta correctamente, entonces aparecería “:)”. Este sería el código que le añadimos a la versión 0.0.1:

- Código

```

char *cara = " :)";
// Creamos el estado que devolvera el hijo
int status;
int resultado = execve(args[0], args, NULL);

// Si no se puede ejecutar el comando
if (resultado == -1) {
    perror("El comando no se puede ejecutar");
    exit(1); //Salir si execve falla
}
} else {

```

```
// Proceso padre
wait(&status); // Espera a que termine el hijo
if(WEXITSTATUS(status) == 1) {
    cara = ":((";
} else {
    cara = ":)";
}
```

En este caso controlamos la salida que produce el hijo en caso de que este devuelva el código 1 entonces cambiara la variable de cara a “:(“ si no se devuelve el error 1 la cara tendrá los caracteres “:)”

- Ejecución

```
daniel@daniel-msi:~/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo$ gcc shell.c -o shell
daniel@daniel-msi:~/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo$ ./shell
:)ls -l
PID del proceso hijo 6960
PID del proceso padre es 6959
total 1196
-rw-rw-r-- 1 daniel daniel 13 Apr 17 13:41 README.md
-rw-rw-r-- 1 daniel daniel 22870 Apr 17 15:10 Trabajo_Shell.Rmd
-rw-rw-r-- 1 daniel daniel 1141067 Apr 17 15:10 Trabajo_Shell.pdf
-rw-rw-r-- 1 daniel daniel 266 Apr 15 18:02 add.c
-rw-rw-r-- 1 daniel daniel 269 Apr 16 22:31 exec.c
-rw-rw-r-- 1 daniel daniel 360 Apr 16 10:54 fork.c
-rw-rw-r-- 1 daniel daniel 286 Apr 16 22:55 getline.c
drwxrwxr-x 2 daniel daniel 4096 Apr 17 13:20 imagenes
-rwxrwxr-x 1 daniel daniel 16688 Apr 17 15:14 shell
-rw-rw-r-- 1 daniel daniel 2434 Apr 17 14:56 shell.c
-rw-rw-r-- 1 daniel daniel 299 Apr 16 23:29 strtok.c
-rw-rw-r-- 1 daniel daniel 367 Apr 16 11:34 wait.c
:)hola
PID del proceso hijo 6963
PID del proceso padre es 6959
El comando no se puede ejecutar: No such file or directory
:(pwd
PID del proceso hijo 6964
PID del proceso padre es 6959
/home/daniel/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo
:)exit
daniel@daniel-msi:~/Escritorio/IC2_Practicas/procesos/trabajo$ |
```

Figura 15: Terminal

3.7 Versión 0.0.2

Nos damos cuenta de que el problema anterior se puede solucionar fácil cambiando `execve()` por `execvp()`. De esta manera se nos queda un código más compacto y sencillo:

```
#include <stdio.h> // Para poder imprimir por pantalla
#include <stdlib.h> // Para poder usar getline()
#include <string.h> // Para poder usar strcmp()
```

```

#include <sys/types.h> // para poder usar pid_t
#include <unistd.h> // Necesario para declarar el fork()
#include <sys/wait.h> // Para poder usar el wait()

#define MAX_ARGUMENTS 40

int SonIguales(const char *str1, const char *str2) {
    return strcmp(str1, str2) == 0;
}

int main()
{
    // Tamaño inicial del buffer
    size_t n = 10;
    char *buf = malloc(sizeof(char) * n);
    // Creamos una variable para controlar la salida del bucle
    int seguir_ejecutandose = 1;
    // Arreglo de argumentos
    char *args[MAX_ARGUMENTS];
    char *cara = " :) ";
    // Creamos el estado que devolviera el hijo
    int status;

    //Bucle principal del programa
    while(seguir_ejecutandose) {
        printf("%s", cara);
        getline(&buf, &n, stdin);

        // Cambiando el \n por un \0
        if((strlen(buf) > 0) && (buf[strlen(buf) - 1] == '\n')) {
            buf[strlen(buf) - 1] = '\0';
        }

        // Salir del bucle si se introduce exit o exit()
        if(SonIguales(buf, "exit") || SonIguales(buf, "exit()")) {
            // Ponemos el valor de seguir_ejecutandose a 0
            seguir_ejecutandose = 0;
            continue;
        }

        // Comprobar que se introduce clear por terminal
        if(SonIguales(buf, "clear")) {
            printf("\033[2J\033[H");
            continue;
        }

        // Creamos un proceso hijo
        pid_t pid;

        pid = fork();

        if (pid == -1) {
            // Error al crear el hijo

```

```

    perror("Error al crearse el proceso hijo");
    exit(1);
} else if (pid == 0) {
    // Proceso hijo
    printf("PID del proceso hijo %d\n", getpid());
    printf("PID del proceso padre es %d\n", getppid());

    // Dividimos la entrada del usuario por tokens
    char *token = strtok(buf, " ");
    int i = 0;
    while(token != NULL) {
        args[i++] = token;
        token = strtok(NULL, " ");
    }
    args[i] = NULL;
    execvp(args[0], args);
    exit(1); //Salir si execve falla
} else {
    // Proceso padre
    wait(&status); // Espera a que termine el hijo
    if(WEXITSTATUS(status) == 1) {
        cara = ":((";
    } else {
        cara = ":)";
    }
}
}
free(buf);
return 0;
}

```

- Ejecución

```

[estudiante_ic2@ic2-centos-vm ~]$ gedit & shell.c
[1] 3066
bash: shell.c: no se encontró la orden...
[1]+  Hecho          gedit
[estudiante_ic2@ic2-centos-vm ~]$ clear
[estudiante_ic2@ic2-centos-vm ~]$ gcc shell.c -o shell
[estudiante_ic2@ic2-centos-vm ~]$ ./shell
:)ls -l
PID del proceso hijo 3186
PID del proceso padre es 3185
total 24
drwxr-xr-x. 2 estudiante_ic2 estudiante_ic2  6 nov  4  2020 Descargas
drwxr-xr-x. 2 estudiante_ic2 estudiante_ic2  6 nov  4  2020 Documentos
drwxr-xr-x. 2 estudiante_ic2 estudiante_ic2  6 nov  4  2020 Escritorio
drwxr-xr-x. 2 estudiante_ic2 estudiante_ic2  6 nov  4  2020 Imágenes
drwxr-xr-x. 2 estudiante_ic2 estudiante_ic2  6 nov  4  2020 Música
drwxr-xr-x. 2 estudiante_ic2 estudiante_ic2  6 nov  4  2020 Plantillas
drwxr-xr-x. 2 estudiante_ic2 estudiante_ic2  6 nov  4  2020 Público
-rwxrwxr-x. 1 estudiante_ic2 estudiante_ic2 17592 abr 24 19:40 shell
-rw-r--r--. 1 estudiante_ic2 estudiante_ic2  2106 abr 24 19:40 shell.c
drwxr-xr-x. 2 estudiante_ic2 estudiante_ic2   6 nov  4  2020 Videos
:)

```

Figura 16: Terminal

4 Requisitos opcionales

4.1 Cálculo del tiempo que tarda en ejecutarse el hijo y versión 0.0.3

Este apartado lo elaboraremos de tres maneras distintas

- La función times:

```
#include <stdio.h> // Para poder imprimir por pantalla
#include <stdlib.h> // Para poder usar getline()
#include <string.h> // Para poder usar strcmp()
#include <sys/types.h> // para poder usar pid_t
#include <unistd.h> // Necesario para declarar el fork()
#include <sys/wait.h> // Para poder usar el wait()
#include <time.h> //Para time y difftime

#define MAX_ARGUMENTS 40

int SonIguales(const char *str1, const char *str2) {
    return strcmp(str1, str2) == 0;
}

int main()
{
    // Tamaño inicial del buffer
    size_t n = 10;
    char *buf = malloc(sizeof(char) * n);
    // Creamos una variable para controlar la salida del bucle
    int seguir_ejecutandose = 1;
    // Arreglo de argumentos
    char *args[MAX_ARGUMENTS];
    char *cara = ":";
    // Creamos el estado que devolviera el hijo
    int status;
    // Variables para medir el tiempo en segundos del proceso hijo
    time_t start, end;

    //Bucle principal del programa
    while(seguir_ejecutandose) {
        printf("%s", cara);
        getline(&buf, &n, stdin); //Para guardar la línea de entrada en el buffer

        // Cambiando el \n por un \0
        if((strlen(buf) > 0) && (buf[strlen(buf) - 1] == '\n')) {
            buf[strlen(buf) - 1] = '\0';
        }

        // Salir del bucle si se introduce exit o exit()
        //compara las cadenas de caracteres "buf" con "exit" o "exit()"
        if(SonIguales(buf, "exit") || SonIguales(buf, "exit()")) {
            // Ponemos el valor de seguir_ejecutandose a 0
            seguir_ejecutandose = 0;
        }
    }
}
```

```

        continue;
    }

    // Compara las cadenas de caracteres "buf" con "exit" o "exit()"
    if(SonIguales(buf, "clear")) {
        printf("\033[2J\033[H"); //para limpiar la pantalla de la terminal
        continue;
    }

    // Creamos un proceso hijo
    pid_t pid;

    start = time(NULL); // Medir tiempo de inicio del proceso hijo
    pid = fork();
    // Creamos el sleep para ver si funciona el tiempo de ejecución del proceso hijo
    //sleep(5);
    if (pid == -1) {
        // Error al crear el hijo
        perror("Error al crearse el proceso hijo");
        exit(1);
    } else if (pid == 0) {
        // Proceso hijo
        printf("PID del proceso hijo %d\n", getpid());
        printf("PID del proceso padre es %d\n", getppid());

        // Dividimos la entrada del usuario por tokens
        char *token = strtok(buf, " ");
        int i = 0;
        while(token != NULL) {
            args[i++] = token;
            token = strtok(NULL, " ");
        }
        args[i] = NULL;

        execvp(args[0], args);
        exit(1); //Salir si execve falla
    } else {
        // Proceso padre
        wait(&status); // Espera a que termine el hijo
        end = time(NULL); // Medir tiempo de fin del proceso hijo
        if(WEXITSTATUS(status) == 1) {
            cara = ":";
        } else {
            cara = ":)";
        }
        // Calcular y mostrar el tiempo de ejecución del proceso hijo
        double tiempo = difftime(end, start);
        printf("El proceso hijo tardó %f segundos en ejecutarse.\n", tiempo);
    }
}
free(buf);
return 0;
}

```

Se obtiene el tiempo justo antes de crear el proceso hijo (start), se obtiene otro tiempo justo después de que el hijo termina (end), y la diferencia entre estos tiempos (difftime(end, start)) da el tiempo de ejecución del proceso hijo

- Ejecución

```
[estudiante_ic2@ic2-centos-vm ~]$ gcc shell.c -o shell
[estudiante_ic2@ic2-centos-vm ~]$ ./shell
:)ls -l
PID del proceso hijo 3359
PID del proceso padre es 3349
total 24
drwxr-xr-x. 2 estudiante_ic2 estudiante_ic2    6 nov  4  2020 Descargas
drwxr-xr-x. 2 estudiante_ic2 estudiante_ic2    6 nov  4  2020 Documentos
drwxr-xr-x. 2 estudiante_ic2 estudiante_ic2    6 nov  4  2020 Escritorio
drwxr-xr-x. 2 estudiante_ic2 estudiante_ic2    6 nov  4  2020 Imágenes
drwxr-xr-x. 2 estudiante_ic2 estudiante_ic2    6 nov  4  2020 Música
drwxr-xr-x. 2 estudiante_ic2 estudiante_ic2    6 nov  4  2020 Plantillas
drwxr-xr-x. 2 estudiante_ic2 estudiante_ic2    6 nov  4  2020 Público
-rwxrwxr-x. 1 estudiante_ic2 estudiante_ic2 17728 abr 24 19:43 shell
-rw-r--r--. 1 estudiante_ic2 estudiante_ic2  2876 abr 24 19:43 shell.c
drwxr-xr-x. 2 estudiante_ic2 estudiante_ic2    6 nov  4  2020 Vídeos
El proceso hijo tardó 5.000000 segundos en ejecutarse.
:)
```

Figura 17: Terminal

- La función getrusage:

```
#include <stdio.h> // Para poder imprimir por pantalla
#include <stdlib.h> // Para poder usar getline()
#include <string.h> // Para poder usar strcmp()
#include <sys/types.h> // para poder usar pid_t
#include <unistd.h> // Necesario para declarar el fork()
#include <sys/wait.h> // Para poder usar el wait()
#include <sys/time.h> // Para poder usar getrusage()
#include <sys/resource.h> // Para poder usar RUSAGE_SELF y RUSAGE_CHILDREN

#define MAX_ARGUMENTS 40

int SonIguales(const char *str1, const char *str2) {
    return strcmp(str1, str2) == 0;
}

int main()
{
    // Tamaño inicial del buffer
    size_t n = 10;
    char *buf = malloc(sizeof(char) * n);
```

```

// Creamos una variable para controlar la salida del bucle
int seguir_ejecutandose = 1;
// Arreglo de argumentos
char *args[MAX_ARGUMENTS];
char *cara = " :)";
// Creamos el estado que devolviera el hijo
int status;

//Bucle principal del programa
while(seguir_ejecutandose) {
    printf("%s", cara);
    getline(&buf, &n, stdin);

    // Cambiando el \n por un \0
    if((strlen(buf) > 0) && (buf[strlen(buf) - 1] == '\n')) {
        buf[strlen(buf) - 1] = '\0';
    }

    // Salir del bucle si se introduce exit o exit()
    if(SonIguales(buf, "exit") || SonIguales(buf, "exit()")) {
        // Ponemos el valor de seguir_ejecutandose a 0
        seguir_ejecutandose = 0;
        continue;
    }

    // Comprobar que se introduce clear por terminal
    if(SonIguales(buf, "clear")) {
        printf("\033[2J\033[H");
        continue;
    }

    // Creamos un proceso hijo
    pid_t pid;

    struct rusage usage;

    pid = fork();

    if (pid == -1) {
        // Error al crear el hijo
        perror("Error al crearse el proceso hijo");
        exit(1);
    } else if (pid == 0) {
        // Proceso hijo
        printf("PID del proceso hijo %d\n", getpid());
        printf("PID del proceso padre es %d\n", getppid());

        // Dividimos la entrada del usuario por tokens
        char *token = strtok(buf, " ");
        int i = 0;
        while(token != NULL) {
            args[i++] = token;
            token = strtok(NULL, " ");
        }
    }
}

```

```

    }
    args[i] = NULL;
    getrusage(RUSAGE_SELF, &usage);
    execvp(args[0], args);
    exit(1); //Salir si execve falla
} else {
    // Proceso padre
    wait(&status); // Espera a que termine el hijo
    getrusage(RUSAGE_CHILDREN, &usage);
    // Calcula el tiempo de ejecución del proceso hijo
    double time_used = usage.ru_utime.tv_sec + usage.ru_utime.tv_usec / 1000000.0;
    printf("Tiempo de ejecución del proceso hijo: %f segundos\n", time_used);
    if(WEXITSTATUS(status) == 1) {
        cara = "(":";
    } else {
        cara = "):";
    }
}
}
}
free(buf);
return 0;
}

```

En esta función, el struct `rusage` se usa para obtener información detallada sobre el uso de recursos por parte del proceso hijo. En este caso específico, se utiliza para obtener el tiempo de CPU que el proceso hijo ha utilizado en modo de usuario (`ru_utime`), lo cual nos da una idea del tiempo que ha tardado en ejecutarse el comando específico ingresado por el usuario.

- Ejecución

```

[estudiante_ic2@ic2-centos-vm ~]$ gcc shell.c -o shell
[estudiante_ic2@ic2-centos-vm ~]$ ./shell
:)ls -l
PID del proceso hijo 3578
PID del proceso padre es 3567
total 44
drwxr-xr-x. 2 estudiante_ic2 estudiante_ic2      6 nov  4  2020 Descargas
drwxr-xr-x. 2 estudiante_ic2 estudiante_ic2      6 nov  4  2020 Documentos
drwxr-xr-x. 2 estudiante_ic2 estudiante_ic2      6 nov  4  2020 Escritorio
drwxr-xr-x. 2 estudiante_ic2 estudiante_ic2      6 nov  4  2020 Imágenes
drwxr-xr-x. 2 estudiante_ic2 estudiante_ic2      6 nov  4  2020 Música
drwxr-xr-x. 2 estudiante_ic2 estudiante_ic2      6 nov  4  2020 Plantillas
drwxr-xr-x. 2 estudiante_ic2 estudiante_ic2      6 nov  4  2020 Público
-rwxrwxr-x. 1 estudiante_ic2 estudiante_ic2 17648 abr 24 19:49 shell
-rw-r--r--. 1 estudiante_ic2 estudiante_ic2  2547 abr 24 19:49 shell.c
-rwxrwxr-x. 1 estudiante_ic2 estudiante_ic2 17648 abr 24 19:49 shellclear
drwxr-xr-x. 2 estudiante_ic2 estudiante_ic2      6 nov  4  2020 Vídeos
Tiempo de ejecución del proceso hijo: 0.000285 segundos
:)

```

Figura 18: Terminal

- Función timespec_get

```
#include <time.h> // Para usar timespec_get
#include <stdio.h> // Para poder imprimir por pantalla
#include <stdlib.h> // Para poder usar getline()
#include <string.h> // Para poder usar strcmp()
#include <sys/types.h> // para poder usar pid_t
#include <unistd.h> // Necesario para declarar el fork()
#include <sys/wait.h> // Para poder usar el wait()

#define MAX_ARGUMENTS 40

int SonIguales(const char *str1, const char *str2) {
    return strcmp(str1, str2) == 0;
}

int main()
{
    // Tamaño inicial del buffer
    size_t n = 10;
    char *buf = malloc(sizeof(char) * n);
    // Creamos una variable para controlar la salida del bucle
    int seguir_ejecutandose = 1;
    // Arreglo de argumentos
    char *args[MAX_ARGUMENTS];
    char *cara = ":\n";
    // Creamos el estado que devolvera el hijo
    int status;

    //Bucle principal del programa
    while(seguir_ejecutandose) {
        printf("%s", cara);
        getline(&buf, &n, stdin);

        // Cambiando el \n por un \0
        if((strlen(buf) > 0) && (buf[strlen(buf) - 1] == '\n')) {
            buf[strlen(buf) - 1] = '\0';
        }

        // Salir del bucle si se introduce exit o exit()
        if(SonIguales(buf, "exit") || SonIguales(buf, "exit()")) {
            // Ponemos el valor de seguir_ejecutandose a 0
            seguir_ejecutandose = 0;
            continue;
        }

        // Comprobar que se introduce clear por terminal
        if(SonIguales(buf, "clear")) {
            printf("\033[2J\033[H");
            continue;
        }

        // Creamos un proceso hijo
```

```

pid_t pid;

// Obtenemos la marca de tiempo de inicio
struct timespec begin;
timespec_get(&begin, TIME_UTC);

pid = fork();

if (pid == -1) {
    // Error al crear el hijo
    perror("Error al crearse el proceso hijo");
    exit(1);
} else if (pid == 0) {
    // Proceso hijo
    printf("PID del proceso hijo %d\n", getpid());
    printf("PID del proceso padre es %d\n", getppid());

    // Dividimos la entrada del usuario por tokens
    char *token = strtok(buf, " ");
    int i = 0;
    while(token != NULL) {
        args[i++] = token;
        token = strtok(NULL, " ");
    }
    args[i] = NULL;
    execvp(args[0], args);
    exit(1); //Salir si execve falla
} else {
    // Proceso padre
    wait(&status); // Espera a que termine el hijo
    // Obtenemos la marca de tiempo final
    struct timespec end;
    timespec_get(&end, TIME_UTC);

    // Calcula el tiempo de ejecución del proceso hijo
    double time_spent = (end.tv_sec - begin.tv_sec) +
        (end.tv_nsec - begin.tv_nsec) / 1000000000.0;
    printf("Tiempo de ejecución del proceso hijo: %f segundos\n", time_spent);
    if(WEXITSTATUS(status) == 1) {
        cara = ":( ";
    } else {
        cara = ":) ";
    }
}

}
free(buf);
return 0;
}

```

Para utilizar la función `getrusage()`, solo necesitamos registrar el tiempo de inicio y el tiempo de finalización del cálculo. Esto se logra restando el tiempo final del tiempo inicial. Esta operación nos proporcionará el tiempo transcurrido desde que el proceso hijo comenzó a ejecutarse. Luego, este tiempo se muestra en la pantalla. Este será nuestra versión 0.0.3 del código.

4.2 Cambio del directorio con cd