



Manual de usuario

Versión 0.1
Febrero2011

www.txapuzas.blogspot.com



1. Descripción

TxapuCNC es una fresadora casera de 2,5D. Es decir permite realizar mecanizados sobre una superficie (X,Y) a distintas alturas (Z).

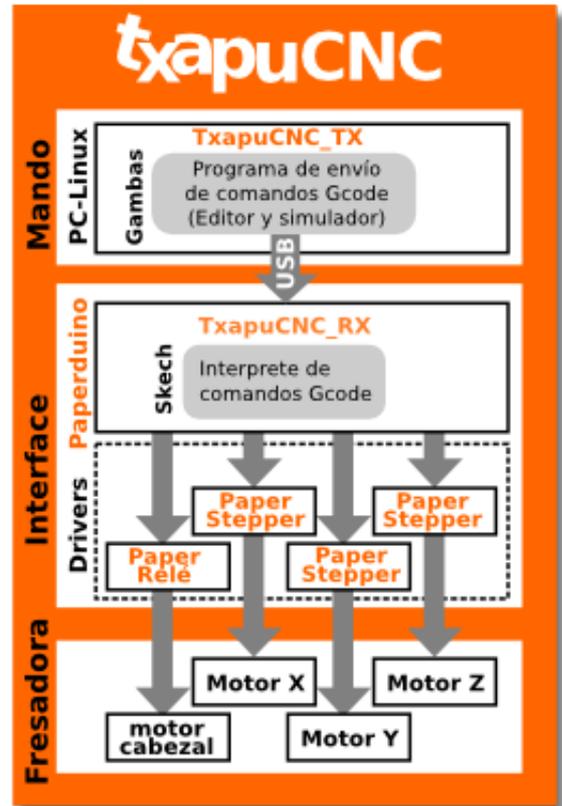
TxapuCNC se compone de varias partes:

La propia **fresadora**, realizada con madera según las indicaciones de David Carr en su blog: [make your bot](#).

Un programa realizado en gambas para sistemas linux denominado **TxapuCNC_TX**, que consta de un editor de programas Gcode, un simulador para ver visualmente el funcionamiento de los programas que realicemos y un subprograma de envío de dichos comandos Gcode a la fresadora.

Entre el programa de mando (**TxapuCNC_TX**) y la **fresadora**, necesitamos un **Interface** que decodifique los comandos y en consecuencia envíe las señales de control oportunas a los motores paso a paso que gobiernan los ejes de la fresadora.

Este **interface** está compuesto por un Paperduino (Arduino), que en su interior tiene cargado un Sketch (**TxapuCNC_RX**) que comunica con el programa de mando, decodifica los comandos Gcode y manda las señales de control a los motores paso a paso. Estas señales de control son amplificadas por unos drivers de potencia que (PaperStepper y PaperRelé) que controlan los motores paso a paso y el motor del cabezal de la fresadora (un taladrín).



2. Estado del arte

Actualmente existen varios métodos de control de sistemas libres CNC:

2.1 EMC2

Es un sistema linux específico para CNC, de tiempo real y preparado para controlar motores paso a paso por el puerto serie. Disponible como CD-Live. Dispone del sistema de visualización y control. Es el ordenador el que realiza todas las tareas de control de los motores, y conectando en el puerto paralelo unos drivers de potencia podremos controlar los motores paso a paso. Es un sistema técnicamente muy bueno, pero está pensado para tener un PC dedicado al control de la fresadora (si actualizas linux puede dejar de funcionar), y además controla directamente los motores paso a paso a través del puerto paralelo, puerto que se va quedando obsoleto hoy en día.

<http://linuxcnc.org/>

2.2 REP-RAP

Es un sistema de impresión 3D preparado para funcionar en Windows, Linux y Mac, ya que está realizado en Java. El objetivo es el realizar una máquina autoreplicante. Para poder usarlo en un sistema multitarea, el ordenador tiene cargado un programa denominado Rep-Rap que envía comandos Gcode a un microprocesador Arduino (Sanguino). El Arduino tiene cargado un programa que interpreta los comandos y manda señales de control a unos drivers de potencia que controlan los motores paso a paso.

Este sistema también permite utilizar ReplicatorG para enviar datos al microprocesador. Este sistema con mucho apoyo por parte de la comunidad tiene el objetivo de crear extrusionadoras de plástico para crear formas 3D, y utiliza una versión de Arduino especial: Sanguino (con chip ATmega644 con chip SMD).

http://reprap.org/wiki/Main_Page

<http://replicat.org/>

2.3 Contraptor CNC

Es una variante del sistema Reprap para su utilización con mini fresadoras. La fresadora se construye mediante perfiles perforados. Tiene un programa realizado en Processing que permite el envío de programas Gcode al Arduino.

<http://www.contraptor.org/>

<http://www.contraptor.org/forum/t-287260/gcode-sender-program>

2.4 TxapuCNC

Es un sistema derivado de Contraptor CNC, con las siguientes modificaciones.

El programa de envío de datos TxapuGcodeTX es una transcripción en gambas del programa original del Contraptor CNC realizado en Processing. (Creo que se podría utilizar el programa de envío de contractor en TxapuCNC, que al estar realizado en Processing-Java permite su uso en sistemas windows).

El Sketch de recepción de datos cargado en Arduino, se ha modificado para permitir utilizar controladoras de motor paso a paso "primitivas" (paperSteppers), es decir con dos hilos de control (D1 y D2), en vez de utilizar Drivers avanzados (y más caros) con señales de STEP y DIR.

La fresadora se realiza con madera según las indicaciones de [David Carr](#). La fresadora casera más sencilla de fabricar, según mi opinión.

Los componentes necesarios son:

- Un ordenador con sistema linux, gambas2 y el programa **TxapuCNC_TX** instalado.
- Un Arduino (o **Paperduino**) que tenga instalado el sketch **TxapuCNC_RX**.
- Una fresadora casera en el que los ejes se muevan por motores paso a paso con dos señales de control, no con señales DIR y PASO como la **Mantis-CNC** (Con drivers Papersteppers)
- 3 **PaperStepper**, que suministren la potencia necesaria que permitan mover los motores.
- 1 **PaperRelé** (si quieres controlar el motor del cabezal por software).

3 TxapuCNC_TX

TxapuCNC_TX es un programa realizado en Gambas que es simultáneamente un editor de texto, un simulador y una consola de control CNC:

Editor de programas

Es un sencillo editor de textos con resaltado para comandos Gcode, con una característica fundamental: envía por el puerto serie (ó USB con serie virtual) una a una las líneas del editor esperando previamente a recibir la señal de "OK" del Controlador (Arduino).

Simulador

Es un visualizador de programas Gcode (sólo 2D) que muestra el recorrido en el plano XY. Dispone de zoom, Desplazamiento, simulación rápida y con retardo, Simulación del diámetro de la fresa...

Control

Es una consola de mando desde donde puedes manejar directamente la fresadora, moviendo los motores, activando el cabezal, ...

Este programa reconoce archivos con coordenadas absolutas o relativas (G90/G81), en milímetros o pulgadas (G21/G20) y con parámetros (#).

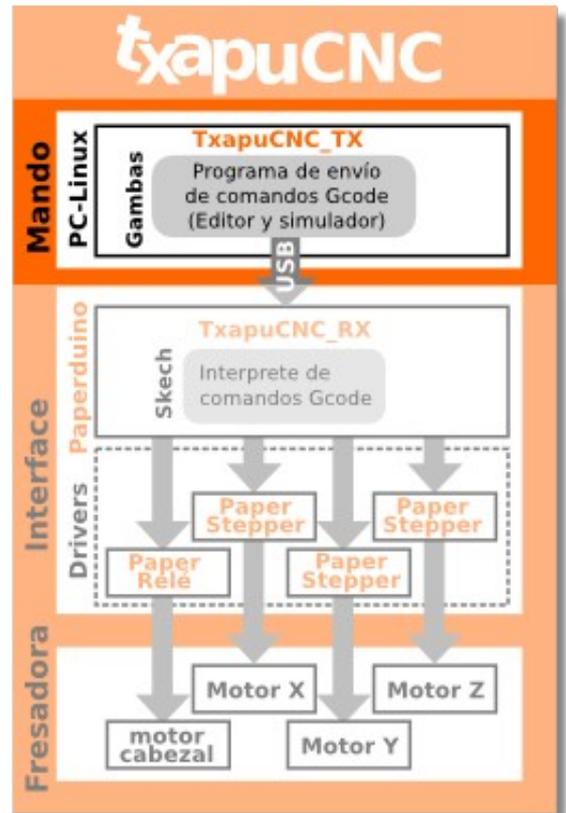
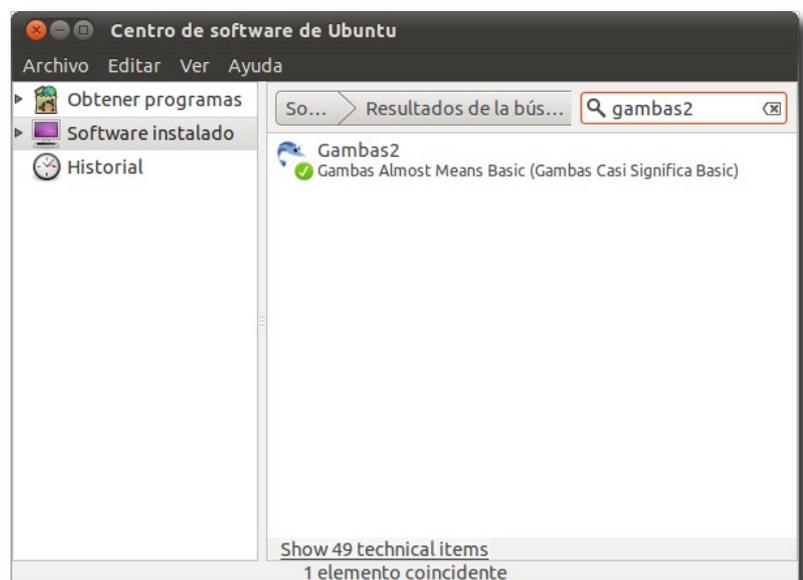
NOTA: Txapu CNC sustituye los parámetros por sus valores y manda al CNC la línea sin parámetros.

3.1 Instalación

Puedes descargar el programa **TxapuCNC_TX** desde: www.txapuzas.blogspot.com

Como TxapuCNC_TX está realizado en gambas2, es necesario que tengas instalado al menos el runtime de gambas2, pero creo que lo más sencillo es instalar el programa gambas2 completo.

Para instalar el programa del PC, descarga e instala el programa gambas2 desde el "Centro de software de ubuntu"



Una vez lo tengas instalado, simplemente haciendo doble click sobre el programa que has descargado previamente **TxapuCNC_TX_xx.gambas** se ejecutará.

También están disponibles para la descarga los archivos fuente del programa **TxapuCNC_TX_xx_Source.zip**, con lo que puedes descomprimirlo y ejecutarlo desde gambas2. De esta manera podrás modificarlo, traducirlo, corregir los fallos que encuentres, e incluso mejorarlo (eso seguro!!).

3.2 Componentes

Excluyendo el menú principal, podemos dividir TxapuCNC_TX en cuatro componentes:

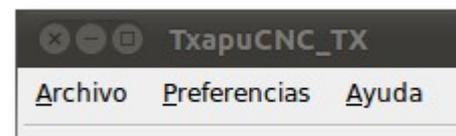
- Un control para mover directamente la fresadora.
- Una consola de salida que nos muestra mensajes informativos sobre el estado del sistema.
- Un editor de códigos G
- Un simulador de Códigos G.



3.2.1 Menú Principal

Dispone de los items siguientes:

Archivo, Preferencias y ayuda

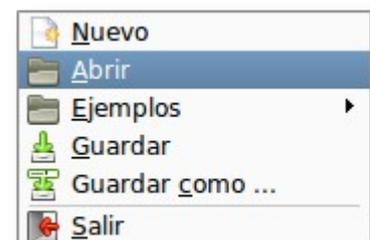


3.2.1.1 Menú Archivo

Son los items normales de un programa procesador de textos,

Desde donde cargaremos y/o guardaremos los archivos Gcode que editemos.

El programa trae unos archivos de ejemplo de Gcode para que juguemos un poco, en mm (grid_mm) , en pulgadas(grid_in), con curvas (lauburu), con parámetros(GNU_Parametric), con pausas programadas (Paperduino_PCB), de muchas líneas (CameraAxe_mmcp4Top), ...



NOTA: Las pausas y taladros sólo se muestran si la simulación es lenta (con tiempo de espera) y si se simula con un diámetro de herramienta respectivamente (ejemplo Paperduino_PCB).

3.2.1.2 Menú Preferencias

3.2.1.2.1 Preferencias del puerto serie

Con este cuadro de diálogo podremos modificar las configuración del puerto serie. Hay que tener en cuenta que los parámetros que definamos en TxapuCNC_TX deberán ser los mismos que en TxapuCNC_RX para que la comunicación sea correcta.

El programa tiene un sistema semiautomático de detección de puerto serie, de forma que en la lista del cuadro combinado "Puerto" sólo aparecerán los puertos serie que el programa ha detectado como disponibles.

Con el botón de la izquierda se cancelan las modificaciones que hemos hecho y con el de la derecha se aplican.

El botón intermedio carga la configuración por defecto.



NOTA: Los parámetros de configuración se guardan en el archivo:

`/home/"user"/.config/gambas/TxapuCNC_TXxx.conf`

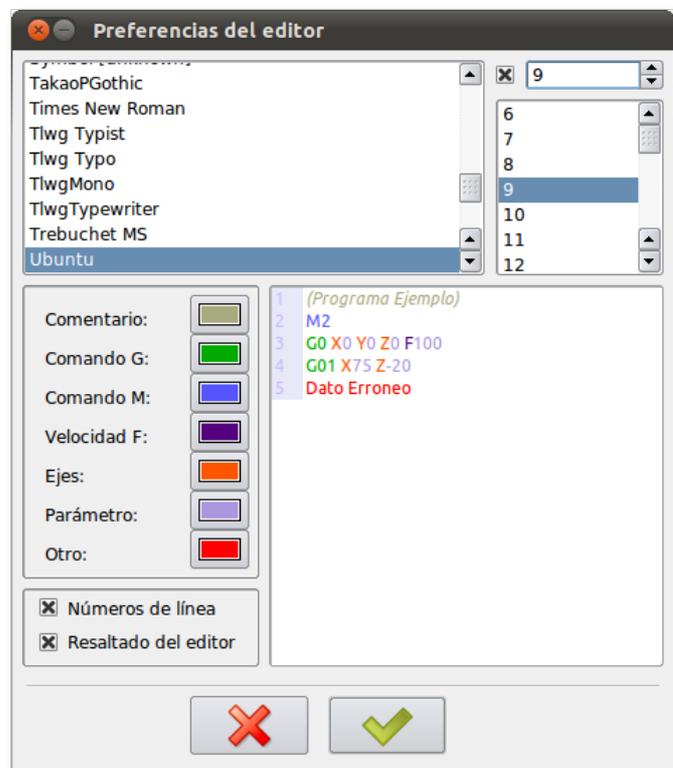
3.2.1.2.2 Preferencias del editor

Desde este menú accederemos a la ventana de configuración del editor. Donde podremos elegir el tipo de letra y su tamaño.

En la parte inferior podemos activar o desactivar la visualización de los números de línea, así como activar o desactivar el resaltado del editor.

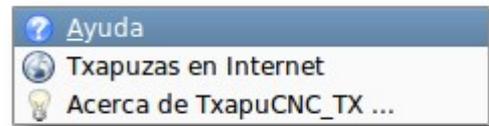
En el caso de que esté activo el resaltado, podemos elegir el color del resaltado para cada tipo de instrucción.

En el cuadro inferior derecha vemos un ejemplo de nuestra selección.



3.2.1.2 Menú Ayuda

Desde este menú accedemos a ¡Este archivo!, o a la página del blog www.txapuzas.blogspot.com donde quizás haya nuevas versiones de este programa.



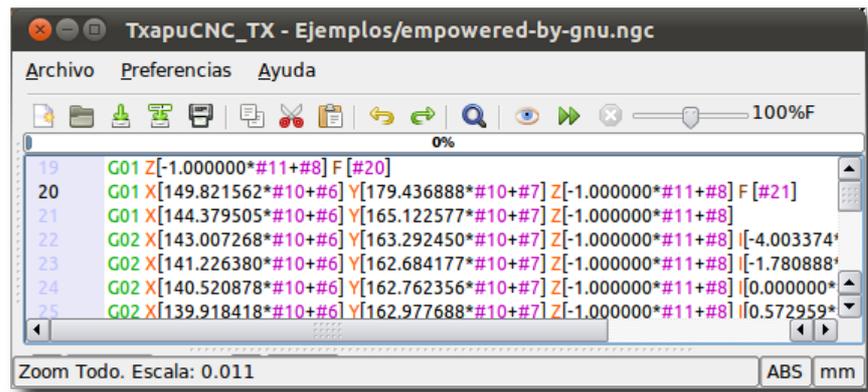
NOTA: El programa está preparado para que al seleccionar el item de ayuda muestre el archivo pdf denominado *Help_XX.pdf* situado en el directorio *Help* de la aplicación. Donde *XX* es el código del idioma de tu sistema. Actualmente sólo existe el *Help_ES.pdf*, pero puedes traducirlo a partir del archivo *Help_ES.odt* situado en el mismo directorio, en los archivos fuente.

3.2.2 Editor

Es configurable desde el menú/Preferencias/Editor.

El editor tiene una barra de herramientas con los comandos más usuales en este tipo de programas.

Hay que destacar los últimos 5 controles, que son los específicos de CNC.



NOTA: Como el botón de impresión no tiene visualización previa, siempre podemos instalar una impresora pdf (paquete cups-pdf) y ver el archivo creado en *home/usuario/pdf*

NOTA: En archivos muy grandes el proceso de impresión puede durar varios minutos. Se paciente por favor.



El primero visualiza en el simulador el programa cargado en el editor. Este proceso se ejecuta automáticamente al cargar un programa G-Code.



El segundo Ejecuta el programa en la máquina, es decir envía los comandos al Arduino, y simultáneamente lo visualiza en el simulador.



El tercero es el pulsador de Pausa, que detiene tanto la simulación como el envío de datos al controlador Arduino. (Esta tecla no detiene el CNC, ya que hasta que el arduino no acaba la instrucción no lee la siguiente)

NOTA: El programa considera que se ha apretado este botón al pulsar la tecla "barra de espacio" del teclado del ordenador.



Este control modifica el parámetro de velocidad de avance leído del archivo y que se enviará al controlador. Es decir mediante este control podemos modificar la velocidad especificada en cada línea del programa desde el 10% al 1000%. Se puede utilizar para no tener que cambiar el programa si vemos que el material a mecanizar es demasiado duro o blando.

Mediante las teclas + y – podemos modificar este valor en saltos del 25%.

NOTA: Si hacemos doble clic sobre el deslizador, o click sobre el valor numérico situado a su derecha, resetearemos este control (100%) y enviará al CNC la velocidad exacta que especifican las órdenes del programa.

NOTA: El valor modificado se aplicará cuando en CNC lea una línea con un parámetro de velocidad F.

3.2.3 Simulador

Esta ventana muestra una visualización del archivo cargado en el editor.

Para que se visualice el archivo (si se ha cargado un archivo se visualiza automáticamente) es necesario apretar el botón de simulación situado en la barra de herramientas del editor



La simulación puede ser instantánea o pausada para ver la ejecución de cada instrucción. Estos dos métodos de simulación se controlan con el botón situado en la barra de herramientas.



El modo pausado se activa al apretar el botón con la imagen de un caracol. Al activarse se puede modificar el tiempo de espera entre la visualización de cada paso expresado en centésimas de segundo.

También nos puede interesar que el programa simule el diámetro de la herramienta de mecanizado.



Al activarlo podemos modificar el diámetro de la herramienta expresado en décimas de milímetro.

NOTA: Una vez modificado será necesario apretar el botón de simulación situado en el editor para ver su efecto.

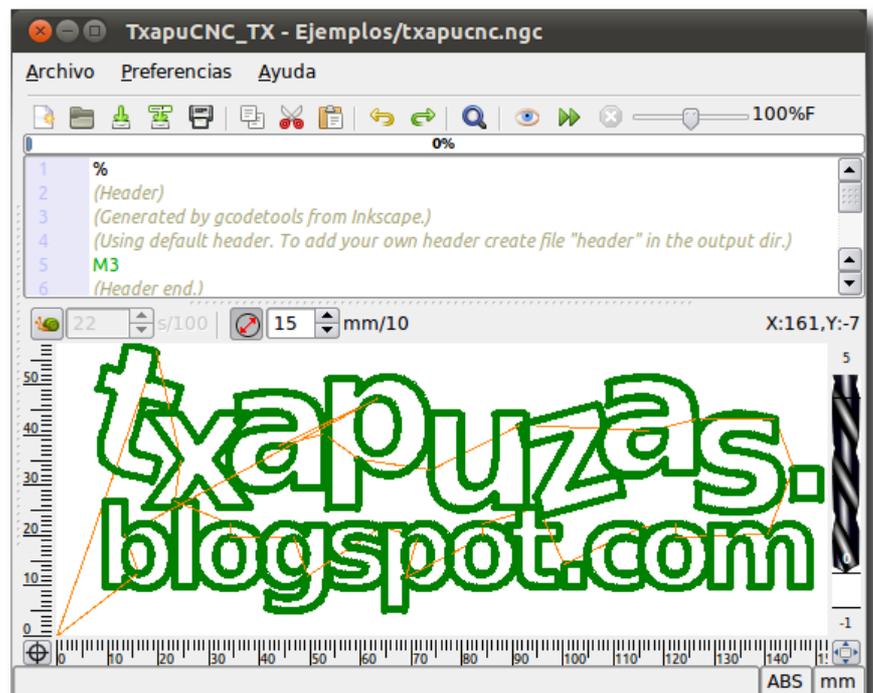
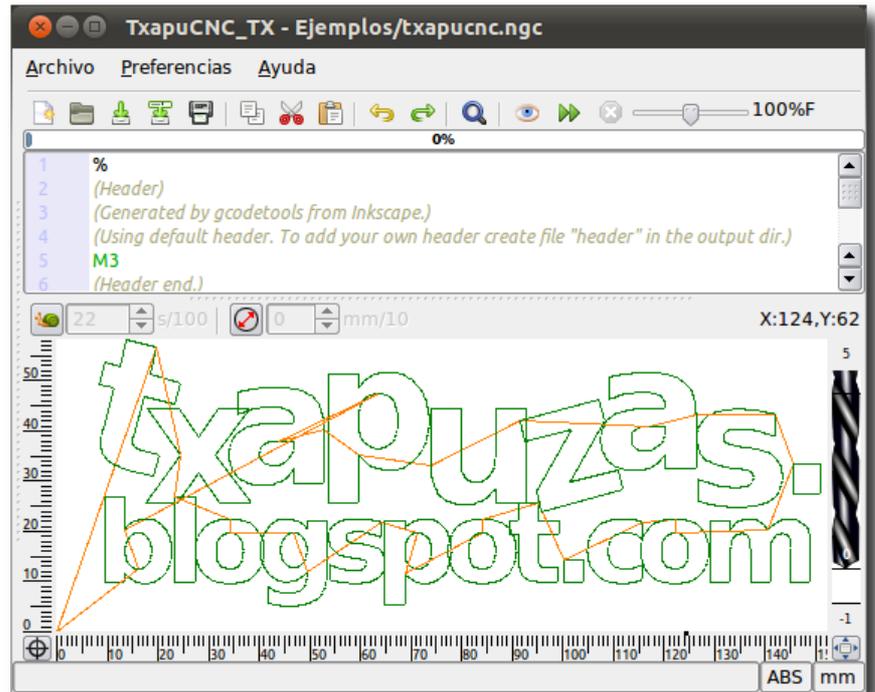
Si quieres analizar una parte del mecanizado puedes arrastrarlo con el ratón (haciendo click con el botón izquierdo y arrastrándolo mientras se mantiene pulsado) y también puedes hacer zoom (desplazando la rueda del ratón).



Si queremos que la simulación ocupe toda la ventana se puede apretar el botón situado en la parte inferior derecha de la pantalla.



En la parte inferior izquierda del editor existe otro botón que coloca la simulación en el



origen (no modifica la escala de dibujado).

En la parte derecha de la ventana del simulador vemos una representación de la herramienta de mecanizado y su posición en el eje Z. Los números situados encima y debajo de la imagen, son los valores máximos y mínimos del eje Z, encontrados en el archivo cargado en el editor.

El color de la herramienta de mecanizado varía para indicar si el motor del cabezal está encendido o apagado.

3.2.4 Control

La última ventana es la del control

Desde aquí podemos mandar comandos independientes al controlador (Arduino). Algunos de estos comandos disponen de un botón propio.

NOTA: Los indicadores de posición situados en la parte superior, no indican la posición real mientras el CNC se está moviendo. Solamente cuando ha llegado a la posición de destino. Mientras se mueve el CNC, se muestran los puntos de destino, y éstos parpadean indicando que se está moviendo. Al ser el controlador (Arduino) el encargado de mover los motores, TxapuCNC_TX no sabe la posición del CNC, sólo cuando recibe la orden "ok" TxapuCNC_TX conoce que el CNC ha llegado a la posición especificada.



Define el origen de coordenadas del CNC, enviando el comando: "G28 X0 Y0 Z0"



Si previamente se ha definido el origen de coordenadas, el programa podrá mandar la orden de ir al origen, "G0 X0 Y0 Z0".



Con estos botones

hacemos que el CNC vaya a los límites del mecanizado (los valores representados en negro) a la velocidad indicada por el desplazable "Avance". Por ejemplo si apretamos el primer botón teniendo el archivo de ejemplo cargado de la derecha, enviaría el siguiente comando al CNC:

"G1 X0 Y58.17 F500"

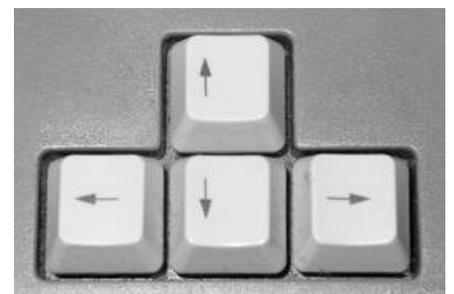


Con estos pulsadores movemos un paso el eje en el sentido indicado y a la velocidad de avance especificada por el desplazable.

El tamaño del paso será el indicado en la lista desplegable "Tamaño de paso".

Si en este control hemos seleccionado la opción "Continuo", el control enviará repetidamente al CNC la orden de moverse 0,1mm (ó 0,01" pulgadas si las unidades son pulgadas) en el sentido especificado mientras mantengamos pulsado un botón. Por ejemplo, si apretamos "Y-" enviaremos al CNC el siguiente comando: "G1 Y X(actual-5) F500".

Estas teclas (X-, X+, Y-, Y+) pulsadas con el ratón se pueden pulsar directamente en el teclado. Si además pulsamos la tecla "Control",



el paso será más pequeño, y si pulsamos simultáneamente la tecla “Mayúsculas”, el paso será mayor.

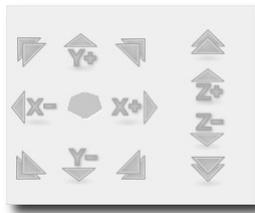


Con este pulsador activaremos o pararemos el motor del cabezal. Enviando bien “M3” ó “M5”

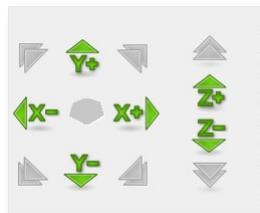
Por último, el cuadro de texto y el botón situado a su derecha permiten enviar al CNC cualquier comando que escribamos en el cuadro de texto.

NOTA: *Hasta que no se haya establecido una conexión con el Arduino, no estarán accesibles ninguno de los botones y comandos que permiten enviar comandos Gcode al Arduino. Sólomente podemos utilizar el programa como un sencillo editor de texto para modificar programas Gcode.*

Posibles estados del cuadro de control:



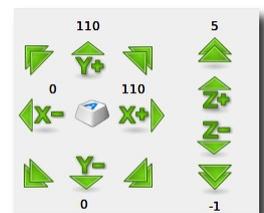
*Puerto Serie: Inactivo
Teclas: -
Archivo: -*



*Puerto Serie: Activo
Teclas: Inactivas
Archivo: no cargado*



*Puerto Serie: Activo
Teclas: Activas
Archivo: no cargado*



*Puerto Serie: Activo
Teclas: Activas
Archivo: Cargado*

No obstante, puedes utilizar **TxapuCNC_TX** para enviar comandos a otros sistemas como el Contraptor CNC. (de hecho el sketch TxapuCNC_RX es una modificación del sketch de Contraptor que permite utilizar PaperStepper como drivers para los motores paso a paso).

TxapuCNC_TX reconoce Archivos en milímetros y pulgadas, con coordenadas absolutas o relativas, y parametrizados.

TABLA de comandos reconocidos por Txapuzas CNC

Comando	Ejemplo	Descripción	TX	RX
G0	G0 X10	Movimiento lineal Rápido	Si	Si
G1,G01	G1 X10 Y15 Z0 [F100]	Movimiento lineal Controlado (Avance: 100)	Si	Si
G2,G02	G02 X60 Y30 I30 J-10 F02	Movimiento curvo (sentido horario) Controlado	Si	Si
G3,G03	G03 X60 Y30 I10 J20	Movimiento curvo (antihorario) Controlado	Si	Si
G4,G04	G4 P200	Pausa con retardo (Retardo: 200ms)	Si	Si
G20	G20	Definir Unidades en Pulgadas	Si	Si
G21	G21	Definir Unidades en milímetros	Si	Si
G28	G28	Ir a Origen	Si	Si
G30	G30 X10 Y20 Z30	Ir a Origen a través de un punto	Si	Si
G90	G90	Definir Coordenadas absolutas	Si	Si
G91	G91	Definir Coordenadas relativas	Si	Si
G92	G92	Definir punto actual como origen	Si	Si
M0	M0	Paro (Pausa programada)	Si	No
M3,M03	M3	Marcha del cabezal	Si	Si
M5,M05	M5	Paro del cabezal	Si	Si

NOTA: El programa TxapuCNC_TX reconoce archivos parametrizados, y los traduce para que los entienda TxapuCNC_RX (que no los entiende)

`G1 X[100 *#1 +#2] Y[200 *#1 +#3] F#4 => G1 X210 Y420 F200`

Donde: #1,#2,#3 y #4 son parámetros previamente definidos

También las instrucciones de pausa y paro son ejecutadas solamente por TxapuCNC_Tx que simplemente espera antes de enviar una nueva instrucción al arduino.

NOTA: Al existir muchos dialectos del lenguaje Gcode, es posible que TxapuCNC considere como error alguna instrucción, que en otro intérprete funcione correctamente.

Lista de teclas de acceso rápido

Tecla	Función	Descripción
Escape	Paro	Detiene la visualización/ejecución del programa
Barra de Espacio	Pausa	Realiza una pausa en la visualización/ejecución del programa
F1	Ayuda	Muestra el archivo de ayuda
F2	Maximizar	Aumenta al máximo la ventana de TxapuCNC_TX
F3	Buscar	Muestra el cuadro de diálogo "buscar"
+	% Velocidad +	Aumenta un 25% especificada la velocidad del programa
-	% Velocidad -	Disminuye un 25% especificada la velocidad del programa
Flecha arriba*	Y+	Mueve el CNC en el sentido positivo del eje Y
Flecha abajo*	Y-	Mueve el CNC en el sentido negativo del eje Y
Flecha izquierda*	X-	Mueve el CNC en el sentido negativo del eje X
Flecha derecha*	X+	Mueve el CNC en el sentido positivo del eje Y
A*	Z+	Mueve el CNC en el sentido positivo del eje Z
Z*	Z-	Mueve el CNC en el sentido negativo del eje Z
*Control	Disminuir paso	Al pulsarla junto a alguna flecha mueve el eje un "micropaso"
*Mayúscula	Aumentar paso	Al pulsarla junto a alguna flecha mueve el eje un "macropaso"
Inicio	Define Inicio	Define la posición actual del CNC como origen de coordenadas.
Intro/Return	Motor on/off	Activa o desactiva el motor del cabezal

Nota: Las teclas de acceso rápido no están disponibles si estamos en un control de edición de texto. Para activarlos, mover el cursor del ratón sobre la ventana hacia una zona que no sea de edición de texto. La disponibilidad de las teclas de acceso se visualiza con una tecla situada entre los botones de control.

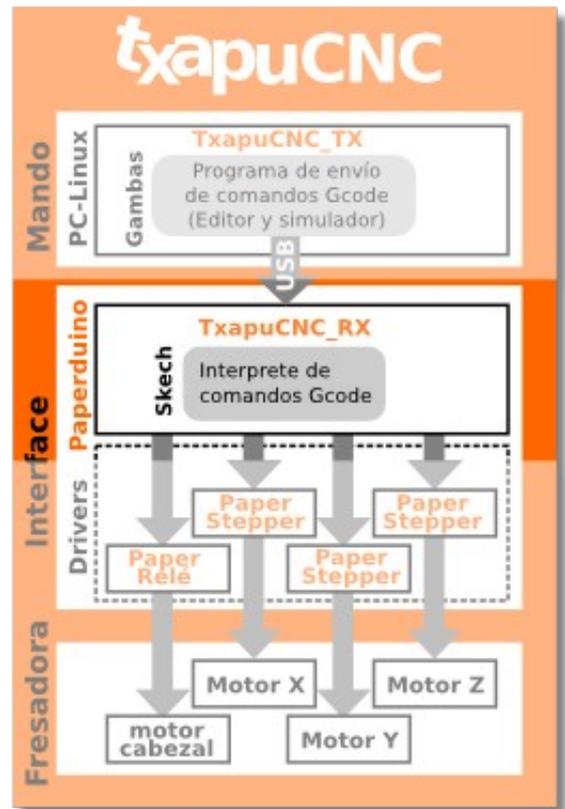
Nota: Si el Controlador de CNC (Arduino) está ocupado moviendo los motores paso a paso, no reconocerá la señal de STOP, de hecho no podemos enviarle ninguna señal hasta que se pare (al menos eso creo), por lo que habrá que esperar ... Es decir no hay ningún botón de pánico, simplemente podemos apagar la fuente de alimentación (método txapuzas pero funciona siempre).

4 TxapuCNC_RX

Para que el programa **TxapuCNC_TX** funcione 100%, es decir para que mueva los motores del CNC, es necesario instalar un Sकेch en el Arduino (o Paperduino).

Este programa se encarga de leer los comandos que le envía TxapuCNC_TX, los interpreta (los comandos que conoce) y en consecuencia manda las órdenes oportunas a los drivers del CNC o al motor. Cuando la máquina llega a la posición de destino, TxapuCNC_RX envía el mensaje de "ok" al PC para que TxapuCNC_TX lo sepa, y pueda enviar el siguiente comando.

NOTA: La velocidad de los motores generada por TxapuCNC_RX es constante, es decir no genera rampas de aceleración/deceleración que eviten fallos de sincronismo en el arranque y parada. Por lo que la velocidad máxima de los motores no es muy elevada.



4.1 Instalación

Simplemente carga el Sकेch **TxapuCNC_RX_xx.pde** en el entorno Arduino, y desde ahí, con el Arduino conectado, cárgalo en la placa pulsando el botón señalado en la imagen

Al Abrir el programa TxapuCNC_RX_xx.pde, se abrirán automáticamente 4 archivos en el Editor de Arduino.

NOTA: Como ves en la imagen, el programa de Arduino es una modificación realizada por Carlos Guilarte y Diego Colonello de un programa previo, para poder utilizarlo con drivers de CNC sencillos. (como los PaperSteppers).

Deberemos modificar los parámetros especificados en el Archivo `_init` en función de las características de nuestros motores paso a paso:

```

TxapuGcodeRX02 | Arduino 0022
File Edit Sketch Tools Help
TxapuGcodeRX02 _init process_string stepper_control
// Arduino G-code Interpreter
// v1.0 Carlos guilarte y diego colonello...
// Modificado para manejar tres ejes en un cnc chimbo... jejeje

#include <HardwareSerial.h>

//our command string
#define COMMAND_SIZE 128
char palabra[COMMAND_SIZE];
byte serial_count;
int no_data = 0;

void setup()
{
    //Do startup stuff here
    Serial.begin(19200);
    Serial.println("start");

    //other initialization.
    init_process_string();
    init_steppers();
}
  
```

```
#define X_STEPS_PER_MM 160
```

Para calcular este valor:

si utilizamos varilla roscada de M8 para mover los ejes, sabemos que el paso es de 1,25, es decir por cada vuelta del eje una tuerca insertada en él se movería 1,25mm. Calcularemos lo que hay que girar el eje para que se desplace 1mm:

si $360^\circ \Rightarrow 1,25$

con $X^\circ \Rightarrow 1$

$X=360/1,25=288^\circ$

Luego son necesarios girar el eje 288° para que se mueva la tuerca 1mm.

Si en cada paso de nuestro motor el eje gira $1,8^\circ$

$288^\circ/1,8= 160$ Pasos.

Luego serán necesarios **160** pasos para mover la tuerca (la plataforma) 1 mm.

```
#define X_STEPS_PER_INCH 4064
```

Para el caso de pulgadas, simplemente multiplicamos por 24,5

$160 \times 24,5 = 4064$

Repetiremos este proceso para los otros dos ejes.

```
//our maximum feedrates
```

```
#define FAST_XY_FEEDRATE 2400
```

```
#define FAST_Z_FEEDRATE 2400
```

En esta instrucción pondremos los valores de velocidad (Avance) máxima para los ejes X,y y Z. Este valor es empírico. Simplemente desde el control (TxapuCNC_TX) vete moviendo los ejes y aumentando el avance hasta que veas que se pierde sincronismo (el motor hace más ruido y no se mueve), coloca aquí un valor ligeramente más bajo. Este valor será la velocidad con el que el Arduino moverá los motores al recibir una instrucción G0 (Movimiento a velocidad máxima).

```
// Units in curve section
```

```
#define CURVE_SECTION_INCHES 0.019685
```

```
#define CURVE_SECTION_MM 0.5
```

Estos son los segmentos rectos mínimos en los que el CNC descompone una curva (El cnc siempre mueve los motores en líneas rectas). Normalmente no es necesario modificar estos valores.

```
// Set to one if sensor outputs inverting (ie: 1 means open, 0 means closed)
```

```
// RepRap opto endstops are *not* inverting.
```

```
#define SENSORS_INVERTING 0
```

Si utilizas sensores finales de carrera para cada eje, tienes la posibilidad de utilizar normalmente abiertos o normalmente cerrados. (Yo no los he utilizado por simplificar, pero TxapuCNC_RX está preparado para utilizarlos).

Y ya sólo nos queda definir los pines del Arduino:

```
/*
 * digital i/o pin assignment
 * this uses the undocumented feature of Arduino - pins 14-19 correspond to
 * analog 0-5
 */
//cartesian bot pins
#define X_STEP_PIN 8
#define X_DIR_PIN 9
#define X_MIN_PIN 4
#define X_MAX_PIN 2
#define X_ENABLE_PIN 15

#define Y_STEP_PIN 10
#define Y_DIR_PIN 11
#define Y_MIN_PIN 3
#define Y_MAX_PIN 5
#define Y_ENABLE_PIN 15

#define Z_STEP_PIN 12
#define Z_DIR_PIN 13
#define Z_MIN_PIN 7
#define Z_MAX_PIN 6
#define Z_ENABLE_PIN 15

#define MOTOR_PIN 19 //Encendido/apagado cabezal (Analog 5)
```

Como ya se ha indicado, el programa está preparado para finales de carrera que impidan que la máquina supere esos topes máximos. X_MAX, X_MIN, Y_MAX, Y_MIN, Z_MAX, Z_MIN. (no los he utilizado)

Todos los pines _ENABLE se han unido para ahorrar pines, y los uniremos a los respectivos enables de los PaperStrepper.

Los pines EJE_STEP y EJE_DIR son en realidad las entradas de control D1 y D2 de los PaperStepper de cada eje. No los he modificado, ya que así era el programa original de Carlos Gilarte y Diego Colonnello.

Por último, el PaperRelé está conectado al Pin 19 (AN5) que controla el motor del cabezal.

5 Licencia

Resumen de la licencia (La versión completa más adelante)

Attribution-ShareAlike 3.0 (CC BY-SA 3.0)

Usted es libre de:



copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra



hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Reconocimiento — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciador (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o apoyan el uso que hace de su obra).



Compartir bajo la misma licencia — Si altera o transforma esta obra, o genera una obra derivada, sólo puede distribuir la obra generada bajo una licencia idéntica a ésta.

Entendiendo que:

- **Renuncia** — Alguna de estas condiciones puede [no aplicarse](#) si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor
- **Dominio Público** — Cuando la obra o alguno de sus elementos se halle en el [dominio público](#) según la ley vigente aplicable, esta situación no quedará afectada por la licencia.
- **Otros derechos** — Los derechos siguientes no quedan afectados por la licencia de ninguna manera:
 - Los derechos derivados de [usos legítimos](#) u otras limitaciones reconocidas por ley no se ven afectados por lo anterior.
 - Los derechos [morales](#) del autor;
 - Derechos que pueden ostentar otras personas sobre la propia obra o su uso, como por ejemplo [derechos de imagen](#) o de privacidad.
- **Aviso** — Al reutilizar o distribuir la obra, tiene que dejar bien claro los términos de la licencia de esta obra.

Attribution-ShareAlike 3.0 (CC BY-SA 3.0)

Licencia

LA OBRA O LA PRESTACIÓN (SEGÚN SE DEFINEN MÁS ADELANTE) SE PROPORCIONA BAJO LOS TÉRMINOS DE ESTA LICENCIA PÚBLICA DE CREATIVE COMMONS (**CCPL** O **LICENCIA**). LA OBRA O LA PRESTACIÓN SE ENCUENTRA PROTEGIDA POR LA LEY ESPAÑOLA DE PROPIEDAD INTELECTUAL Y/O CUALESQUIERA OTRAS NORMAS QUE RESULTEN DE APLICACIÓN. QUEDA PROHIBIDO CUALQUIER USO DE LA OBRA O PRESTACIÓN DIFERENTE A LO AUTORIZADO BAJO ESTA LICENCIA O LO DISPUESTO EN LA LEY DE PROPIEDAD INTELECTUAL.

MEDIANTE EL EJERCICIO DE CUALQUIER DERECHO SOBRE LA OBRA O LA PRESTACIÓN, USTED ACEPTA Y CONSIENTE LAS LIMITACIONES Y OBLIGACIONES DE ESTA LICENCIA, SIN PERJUICIO DE LA NECESIDAD DE CONSENTIMIENTO EXPRESO EN CASO DE VIOLACIÓN PREVIA DE LOS TÉRMINOS DE LA MISMA. EL LICENCIADOR LE CONCEDE LOS DERECHOS CONTENIDOS EN ESTA LICENCIA, SIEMPRE QUE USTED ACEPTE LOS PRESENTES TÉRMINOS Y CONDICIONES.

1. Definiciones

- a. La **obra** es la creación literaria, artística o científica ofrecida bajo los términos de esta licencia.
- b. En esta licencia se considera una **prestación** cualquier interpretación, ejecución, fonograma, grabación audiovisual, emisión o transmisión, mera fotografía u otros objetos protegidos por la legislación de propiedad intelectual vigente aplicable.
- c. La aplicación de esta licencia a una **colección** (definida más adelante) afectará únicamente a su estructura en cuanto forma de expresión de la selección o disposición de sus contenidos, no siendo extensiva a éstos. En este caso la colección tendrá la consideración de obra a efectos de esta licencia.
- d. El **titular originario** es:
 - i. En el caso de una obra literaria, artística o científica, la persona natural o grupo de personas que creó la obra.
 - ii. En el caso de una obra colectiva, la persona que la edite y divulgue bajo su nombre, salvo pacto contrario.
 - iii. En el caso de una interpretación o ejecución, el actor, cantante, músico, o cualquier otra persona que represente, cante, lea, recite, interprete o ejecute en cualquier forma una obra.
 - iv. En el caso de un fonograma, el productor fonográfico, es decir, la persona natural o jurídica bajo cuya iniciativa y responsabilidad se realiza por primera vez una fijación exclusivamente sonora de la ejecución de una obra o de otros sonidos.
 - v. En el caso de una grabación audiovisual, el productor de la grabación, es decir, la persona natural o jurídica que tenga la iniciativa y asuma la responsabilidad de las fijaciones de un plano o secuencia de imágenes, con o sin sonido.
 - vi. En el caso de una emisión o una transmisión, la entidad de radiodifusión.
 - vii. En el caso de una mera fotografía, aquella persona que la haya realizado.
 - viii. En el caso de otros objetos protegidos por la legislación de propiedad intelectual vigente, la persona que ésta señale.
- e. Se considerarán **obras derivadas** aquellas obras creadas a partir de la licenciada, como por ejemplo: las traducciones y adaptaciones; las revisiones, actualizaciones y anotaciones; los compendios, resúmenes y extractos; los arreglos musicales y, en general, cualesquiera transformaciones de una obra literaria, artística o científica. Para evitar la duda, si la obra consiste en una composición musical o grabación de sonidos, la sincronización temporal de la obra con una imagen en movimiento (*synching*) será considerada como una obra derivada a efectos de esta licencia.
- f. Tendrán la consideración de **colecciones** la recopilación de obras ajenas, de datos o de otros elementos independientes como las antologías y las bases de datos que por la selección o disposición de sus contenidos constituyan creaciones intelectuales. La mera incorporación de una obra en una colección no dará lugar a una derivada a efectos de esta licencia.
- g. El **licenciador** es la persona o la entidad que ofrece la obra o prestación bajo los términos de esta licencia y le concede los derechos de explotación de la misma conforme a lo dispuesto en ella.
- h. **Usted** es la persona o la entidad que ejercita los derechos concedidos mediante esta licencia y que no ha violado previamente los términos de la misma con respecto a la obra o la prestación, o que ha recibido el permiso expreso del licenciador de ejercitar los derechos concedidos mediante esta licencia a pesar de una violación anterior.
- i. La **transformación** de una obra comprende su traducción, adaptación y cualquier otra modificación en su forma de la que se derive una obra diferente. La creación resultante de la transformación de una obra tendrá la consideración de obra derivada.
- j. Se entiende por **reproducción** la fijación directa o indirecta, provisional o permanente, por cualquier medio y en cualquier forma, de toda la obra o la prestación o de parte de ella, que permita su comunicación o la obtención de copias.
- k. Se entiende por **distribución** la puesta a disposición del público del original o de las copias de la obra o la prestación, en un soporte tangible, mediante su venta, alquiler, préstamo o de cualquier otra forma.
- l. Se entiende por **comunicación pública** todo acto por el cual una pluralidad de personas, que no pertenezcan al ámbito doméstico de quien la lleva a cabo, pueda tener acceso a la obra o la prestación sin previa distribución de ejemplares a cada una de ellas. Se considera comunicación pública la puesta a disposición del público de obras o prestaciones por procedimientos alámbricos o inalámbricos, de tal forma que cualquier persona pueda acceder a ellas desde el lugar y en el momento que elija.
- m. La **explotación** de la obra o la prestación comprende la reproducción, la distribución, la comunicación pública y, en su caso, la transformación.
- n. Los **elementos de la licencia** son las características principales de la licencia según la selección efectuada por el licenciador e indicadas en el título de esta licencia: Reconocimiento, CompartirIguál.
- o. Una **licencia equivalente** es:
 - i. Una versión posterior de esta licencia de Creative Commons con los mismos elementos de licencia.
 - ii. La misma versión o una versión posterior de esta licencia de cualquier otra jurisdicción reconocida por Creative Commons con los mismos elementos de la licencia (ejemplo: Reconocimiento-CompartirIguál 3.0 Japón).
 - iii. La misma versión o una versión posterior de la licencia de Creative Commons no adaptada a ninguna jurisdicción (*Unported*) con los mismos elementos de la licencia.
 - iv. Una de las licencias compatibles que aparece en <http://creativecommons.org/compatiblelicenses> y que ha sido aprobada por Creative Commons como esencialmente equivalente a esta licencia porque, como mínimo:

- a. Contiene términos con el mismo propósito, el mismo significado y el mismo efecto que los elementos de esta licencia.
- b. Permite explícitamente que las obras derivadas de obras sujetas a ella puedan ser distribuidas mediante esta licencia, la licencia de Creative Commons no adaptada a ninguna jurisdicción (*Unported*) o una licencia de cualquier otra jurisdicción reconocida por Creative Commons, con sus mismos elementos de licencia.

2. Límites de los derechos. Nada en esta licencia pretende reducir o restringir cualesquiera límites legales de los derechos exclusivos del titular de los derechos de propiedad intelectual de acuerdo con la Ley de propiedad intelectual o cualesquiera otras leyes aplicables, ya sean derivados de usos legítimos, tales como la copia privada o la cita, u otras limitaciones como la resultante de la primera venta de ejemplares (agotamiento).

3. Concesión de licencia. Conforme a los términos y a las condiciones de esta licencia, el licenciador concede, por el plazo de protección de los derechos de propiedad intelectual y a título gratuito, una licencia de ámbito mundial no exclusiva que incluye los derechos siguientes:

- a. Derecho de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra o la prestación.
- b. Derecho a incorporar la obra o la prestación en una o más colecciones.
- c. Derecho de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra o la prestación lícitamente incorporada en una colección.
- d. Derecho de transformación de la obra para crear una obra derivada siempre y cuando se incluya en ésta una indicación de la transformación o modificación efectuada.
- e. Derecho de reproducción, distribución y comunicación pública de obras derivadas creadas a partir de la obra licenciada.
- f. Derecho a extraer y reutilizar la obra o la prestación de una base de datos.
- g. Para evitar cualquier duda, el titular originario:
 - i. Conserva el derecho a percibir las remuneraciones o compensaciones previstas por actos de explotación de la obra o prestación, calificadas por la ley como irrenunciables e inalienables y sujetas a gestión colectiva obligatoria.
 - ii. Renuncia al derecho exclusivo a percibir, tanto individualmente como mediante una entidad de gestión colectiva de derechos, cualquier remuneración derivada de actos de explotación de la obra o prestación que usted realice.

Estos derechos se pueden ejercitar en todos los medios y formatos, tangibles o intangibles, conocidos en el momento de la concesión de esta licencia. Los derechos mencionados incluyen el derecho a efectuar las modificaciones que sean precisas técnicamente para el ejercicio de los derechos en otros medios y formatos. Todos los derechos no concedidos expresamente por el licenciador quedan reservados, incluyendo, a título enunciativo pero no limitativo, los derechos morales irrenunciables reconocidos por la ley aplicable. En la medida en que el licenciador ostente derechos exclusivos previstos por la ley nacional vigente que implementa la directiva europea en materia de derecho sui generis sobre bases de datos, renuncia expresamente a dichos derechos exclusivos.

4. Restricciones. La concesión de derechos que supone esta licencia se encuentra sujeta y limitada a las restricciones siguientes:

- a. Usted puede reproducir, distribuir o comunicar públicamente la obra o prestación solamente bajo los términos de esta licencia y debe incluir una copia de la misma, o su Identificador Uniforme de Recurso (URI). Usted no puede ofrecer o imponer ninguna condición sobre la obra o prestación que altere o restrinja los términos de esta licencia o el ejercicio de sus derechos por parte de los concesionarios de la misma. Usted no puede sublicenciar la obra o prestación. Usted debe mantener intactos todos los avisos que se refieran a esta licencia y a la ausencia de garantías. Usted no puede reproducir, distribuir o comunicar públicamente la obra o prestación con medidas tecnológicas que controlen el acceso o el uso de una manera contraria a los términos de esta licencia. Esta sección 4.a también afecta a la obra o prestación incorporada en una colección, pero ello no implica que ésta en su conjunto quede automáticamente o deba quedar sujeta a los términos de la misma. En el caso que le sea requerido, previa comunicación del licenciador, si usted incorpora la obra en una colección y/o crea una obra derivada, deberá quitar cualquier crédito requerido en el apartado 4.c, en la medida de lo posible.
- b. Usted puede distribuir o comunicar públicamente una obra derivada en el sentido de esta licencia solamente bajo los términos de la misma u otra licencia equivalente. Si usted utiliza esta misma licencia debe incluir una copia o bien su URI, con cada obra derivada que usted distribuya o comunique públicamente. Usted no puede ofrecer o imponer ningún término respecto a la obra derivada que altere o restrinja los términos de esta licencia o el ejercicio de sus derechos por parte de los concesionarios de la misma. Usted debe mantener intactos todos los avisos que se refieran a esta licencia y a la ausencia de garantías cuando distribuya o comunique públicamente la obra derivada. Usted no puede ofrecer o imponer ningún término respecto de las obras derivadas o sus transformaciones que alteren o restrinjan los términos de esta licencia o el ejercicio de sus derechos por parte de los concesionarios de la misma. Usted no puede reproducir, distribuir o comunicar públicamente la obra derivada con medidas tecnológicas que controlen el acceso o uso de la obra de una manera contraria a los términos de esta licencia. Si utiliza una licencia equivalente debe cumplir con los requisitos que ésta establezca cuando distribuya o comunique públicamente la obra derivada. Todas estas condiciones se aplican a una obra derivada en tanto que incorporada a una colección, pero no implica que ésta tenga que estar sujeta a los términos de esta licencia.
- c. Si usted reproduce, distribuye o comunica públicamente la obra o la prestación, una colección que la incorpore o cualquier obra derivada, debe mantener intactos todos los avisos sobre la propiedad intelectual e indicar, de manera razonable conforme al medio o a los medios que usted esté utilizando:
 - i. El nombre del autor original, o el seudónimo si es el caso, así como el del titular originario, si le es facilitado.
 - ii. El nombre de aquellas partes (por ejemplo: institución, publicación, revista) que el titular originario y/o el licenciador designen para ser reconocidos en el aviso legal, las condiciones de uso, o de cualquier otra manera razonable.
 - iii. El título de la obra o la prestación si le es facilitado.
 - iv. El URI, si existe, que el licenciador especifique para ser vinculado a la obra o la prestación, a menos que tal URI no se refiera al aviso legal o a la información sobre la licencia de la obra o la prestación.
 - v. En el caso de una obra derivada, un aviso que identifique la transformación de la obra en la obra derivada (p. ej., "traducción castellana de la obra de Autor Original," o "guión basado en obra original de Autor Original").

Este reconocimiento debe hacerse de manera razonable. En el caso de una obra derivada o incorporación en una colección estos créditos deberán aparecer como mínimo en el mismo lugar donde se hallen los correspondientes a otros autores o titulares y de forma comparable a los mismos. Para evitar la duda, los créditos requeridos en esta sección sólo serán utilizados a efectos de atribución de la obra o la prestación en la manera especificada anteriormente. Sin un permiso previo por escrito, usted no puede afirmar ni dar a entender implícitamente ni explícitamente ninguna conexión, patrocinio o

aprobación por parte del titular originario, el licenciador y/o las partes reconocidas hacia usted o hacia el uso que hace de la obra o la prestación.

- d. Para evitar cualquier duda, debe hacerse notar que las restricciones anteriores (párrafos 4.a, 4.b y 4.c) no son de aplicación a aquellas partes de la obra o la prestación objeto de esta licencia que únicamente puedan ser protegidas mediante el derecho sui generis sobre bases de datos recogido por la ley nacional vigente implementando la directiva europea de bases de datos

5. Exoneración de responsabilidad

A MENOS QUE SE ACUERDE MUTUAMENTE ENTRE LAS PARTES, EL LICENCIADOR OFRECE LA OBRA O LA PRESTACIÓN TAL CUAL (ON AN "AS-IS" BASIS) Y NO CONFIERE NINGUNA GARANTÍA DE CUALQUIER TIPO RESPECTO DE LA OBRA O LA PRESTACIÓN O DE LA PRESENCIA O AUSENCIA DE ERRORES QUE PUEDAN O NO SER DESCUBIERTOS. ALGUNAS JURISDICCIONES NO PERMITEN LA EXCLUSIÓN DE TALES GARANTÍAS, POR LO QUE TAL EXCLUSIÓN PUEDE NO SER DE APLICACIÓN A USTED.

6. Limitación de responsabilidad. SALVO QUE LO DISPONGA EXPRESA E IMPERATIVAMENTE LA LEY APLICABLE, EN NINGÚN CASO EL LICENCIADOR SERÁ RESPONSABLE ANTE USTED POR CUALESQUIERA DAÑOS RESULTANTES, GENERALES O ESPECIALES (INCLUIDO EL DAÑO EMERGENTE Y EL LUCRO CESANTE), FORTUITOS O CAUSALES, DIRECTOS O INDIRECTOS, PRODUCIDOS EN CONEXIÓN CON ESTA LICENCIA O EL USO DE LA OBRA O LA PRESTACIÓN, INCLUSO SI EL LICENCIADOR HUBIERA SIDO INFORMADO DE LA POSIBILIDAD DE TALES DAÑOS.

7. Finalización de la licencia

- a. Esta licencia y la concesión de los derechos que contiene terminarán automáticamente en caso de cualquier incumplimiento de los términos de la misma. Las personas o entidades que hayan recibido de usted obras derivadas o colecciones bajo esta licencia, sin embargo, no verán sus licencias finalizadas, siempre que tales personas o entidades se mantengan en el cumplimiento íntegro de esta licencia. Las secciones 1, 2, 5, 6, 7 y 8 permanecerán vigentes pese a cualquier finalización de esta licencia.
- b. Conforme a las condiciones y términos anteriores, la concesión de derechos de esta licencia es vigente por todo el plazo de protección de los derechos de propiedad intelectual según la ley aplicable. A pesar de lo anterior, el licenciador se reserva el derecho a divulgar o publicar la obra o la prestación en condiciones distintas a las presentes, o de retirar la obra o la prestación en cualquier momento. No obstante, ello no supondrá dar por concluida esta licencia (o cualquier otra licencia que haya sido concedida, o sea necesario ser concedida, bajo los términos de esta licencia), que continuará vigente y con efectos completos a no ser que haya finalizado conforme a lo establecido anteriormente, sin perjuicio del derecho moral de arrepentimiento en los términos reconocidos por la ley de propiedad intelectual aplicable.

8. Miscelánea

- a. Cada vez que usted realice cualquier tipo de explotación de la obra o la prestación, o de una colección que la incorpore, el licenciador ofrece a los terceros y sucesivos licenciarios la concesión de derechos sobre la obra o la prestación en las mismas condiciones y términos que la licencia concedida a usted.
- b. Cada vez que usted realice cualquier tipo de explotación de una obra derivada, el licenciador ofrece a los terceros y sucesivos licenciarios la concesión de derechos sobre la obra objeto de esta licencia en las mismas condiciones y términos que la licencia concedida a usted.
- c. Si alguna disposición de esta licencia resulta inválida o inaplicable según la Ley vigente, ello no afectará la validez o aplicabilidad del resto de los términos de esta licencia y, sin ninguna acción adicional por cualquiera de las partes de este acuerdo, tal disposición se entenderá reformada en lo estrictamente necesario para hacer que tal disposición sea válida y ejecutiva.
- d. No se entenderá que existe renuncia respecto de algún término o disposición de esta licencia, ni que se consiente violación alguna de la misma, a menos que tal renuncia o consentimiento figure por escrito y lleve la firma de la parte que renuncie o consienta.
- e. Esta licencia constituye el acuerdo pleno entre las partes con respecto a la obra o la prestación objeto de la licencia. No caben interpretaciones, acuerdos o condiciones con respecto a la obra o la prestación que no se encuentren expresamente especificados en la presente licencia. El licenciador no estará obligado por ninguna disposición complementaria que pueda aparecer en cualquier comunicación que le haga llegar usted. Esta licencia no se puede modificar sin el mutuo acuerdo por escrito entre el licenciador y usted.

Aviso de Creative Commons

Creative Commons no es parte de esta licencia, y no ofrece ninguna garantía en relación con la obra o la prestación. Creative Commons no será responsable frente a usted o a cualquier parte, por cualesquiera daños resultantes, incluyendo, pero no limitado, daños generales o especiales (incluido el daño emergente y el lucro cesante), fortuitos o causales, en conexión con esta licencia. A pesar de las dos (2) oraciones anteriores, si Creative Commons se ha identificado expresamente como el licenciador, tendrá todos los derechos y obligaciones del licenciador.

Salvo para el propósito limitado de indicar al público que la obra o la prestación está licenciada bajo la CCPL, ninguna parte utilizará la marca registrada "Creative Commons" o cualquier marca registrada o insignia relacionada con "Creative Commons" sin su consentimiento por escrito. Cualquier uso permitido se hará de conformidad con las pautas vigentes en cada momento sobre el uso de la marca registrada por "Creative Commons", en tanto que sean publicadas su sitio web (website) o sean proporcionadas a petición previa. Para evitar cualquier duda, estas restricciones en el uso de la marca no forman parte de esta licencia.

Puede contactar con Creative Commons en: <http://creativecommons.org/>.