

## ANEXO A

Puesto que durante la realización del trabajo ha sido necesario calcular una gran cantidad de magnitudes bajo muy diferentes condiciones, en este anexo solo se muestra el programa más sencillo que incluye el núcleo común de todos los programas. El programa es:

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

#define PI 3.14159264
#define k 10.
#define KT 0.5
#define m 1.

#define gamma 10.
#define U 10.
#define a 1.
#define Vc 0.1

#define omegap (sqrt(k/m))
#define gammatilde /*(gamma/omegap) */ 2.
#define etap /*(4*PI*PI*U/(k*a*a))*/ 7.
#define Vtilde /*(Vc*2*PI/(omegap*a))*/ 0.0001
#define KTilde /* 4*PI*PI*KT/(k*a*a) */ 0.05

#define alpha 0

#define tf (2.390970*2*PI/Vtilde) //2*PI/Vtilde es un stick-slip
#define dt (2*PI/100000)

#define raizD sqrt(4*gammatilde*KTilde*dt)

////////// Generador Parisi-Rapuano //////////

#define FNORM (2.3283063671E-10F)
#define RANDNEW ( (irr[ip++]=irr[ip1++]+irr[ip2++]) ^ irr[ip3++] )
#define FRANDOM (FNORM*RANDNEW)

unsigned char ip=128,ip1=128-24,ip2=128-55,ip3=128-61;
unsigned int irr[256];

////////////////////////////////////

void generador_gaussiano(double*, double*);
void ini_ran(int SEMILLA);

double force(double,double,double,double);
```

```
////////////////////////////////////
```

```
int main()
{
    ini_ran(time(NULL));

    int i, j;
    double dx, x, Xc, v, t, frec, Z1, Z2, g1, g2, k1, k2, fuerza, Fmedia, QTdis, Qdis;
    double tiempo;
    double Cinetico, Potsustrato, Potmuelle, Inputmuelle, Inputtermico;
    t=2.360970*2*PI/Vtilde;
    FILE*f;
    tiempo=time(NULL);
    //-----Condiciones iniciales-----
    Xc=0;
    Fmedia=0;
    QTdis=0;
    x=7.841621;
    v=0.008953;

    frec=0.0035;
    //-----

    f=fopen("datos_KT0.05.dat","w");

    //-----Evolucion-----

    for(i=0;t<tf;i++)
    {
        if(i%2!=0.)
        {
            k1=v*dt;
            g1=dt*force(x, v, t, frec);
            k2=dt*(v+g1+raizD*Z2);
            g2=dt*force(x+k1, k2/dt, t+dt, frec);
            v=v+0.5*(g1+g2)+raizD*Z2;
            x=x+0.5*(k1+k2);
            Xc+=dt*Vtilde;
            Cinetico=raizD*Z2*v/dt+(g1+g2)*v/(2*dt);
        }
        else

```

```

r1=FRANDOM;
r2=FRANDOM;

*Z1=-sqrt(-log(r1))*cos(2*PI*r2);
*Z2=-sqrt(-log(r1))*sin(2*PI*r2);
}

void ini_ran(int SEMILLA)
{
    int INI,FACTOR,SUM,i;

    srand(SEMILLA);

    INI=SEMILLA;
    FACTOR=67397;
    SUM=7364893;

    for(i=0;i<256;i++)
    {
        INI=(INI*FACTOR+SUM);
        irr[i]=INI;
    }
}

////////////////////////////////////

double force(double x, double v, double t,double frec){
return -etapt*(1+alpha*sin(2*PI*frec*t))*sin(x)+(Vtilde*t-x)-gammatilde*v;
//return -k*x-gamma*v;
}

```

Y el núcleo que comparten todos los programas (que se explicará brevemente):

```

for(i=0;t<tf;i++)
{

if(i%2!=0.)
{
k1=v*dt;
g1=dt*force(x, v, t, frec);
k2=dt*(v+g1+raizD*Z2);
g2=dt*force(x+k1, k2/dt, t+dt, frec);
v=v+0.5*(g1+g2)+raizD*Z2;
x=x+0.5*(k1+k2);
Xc+=dt*vtilde;
Cinetico=raizD*Z2*v/dt+(g1+g2)*v/(2*dt);
}
else
{
generador_gaussiano(&Z1,&Z2);
k1=v*dt;
g1=dt*force(x, v, t, frec);
k2=dt*(v+g1+raizD*Z1);
g2=dt*force(x+k1, k2/dt, t+dt, frec);
v=v+0.5*(g1+g2)+raizD*Z1;
x=x+0.5*(k1+k2);
Xc+=dt*vtilde;
Cinetico=raizD*Z1*v/dt+(g1+g2)*v/(2*dt);
}
}

```

Las variables  $x$ ,  $t$  y  $v$  son posición, tiempo y velocidad respectivamente. Los parámetros  $k1$ ,  $k2$ ,  $g1$  y  $g2$  son los auxiliares necesarios para simular la ecuación de orden 2 con temperatura. Tanto  $Z1$  como  $Z2$  son números aleatorios con distribución gaussiana obtenidos a partir del algoritmo de Box-Muller.  $raizD$  es el parámetro directamente proporcional a la temperatura, utilizado para fijar la anchura de la distribución de  $Z1$  y  $Z2$ , es decir, a mayor temperatura mayor será  $raizD$  y por tanto más variarán velocidad y posición. La función  $force$  calcula la fuerza sobre la punta excluyendo la temperatura de acuerdo a la expresión:

$$\ddot{x} = \eta \cdot \text{sen}(x) - (x - v'\tau) - \gamma'\dot{x}$$

Además  $Vtilde$  se corresponde con la velocidad adimensional de la punta y  $Xc$  con la posición del cantilever. Por último el término  $Cinético$  se corresponde con el valor de la variación de la energía cinética durante un diferencial de tiempo  $dt$ .