

DESIGN OF A SOFTWARE FOR POPULATION MODELING

Parra, Juan, Niño, Sebastián, Avella, José, Sánchez, Juan y Diaz, Hernán.
juansaa04er@gmail.com, sebasnio17@gmail.com , joseavella2014@gmail.com ,
juandacastiblanco@gmail.com, socialhernancho@gmail.com .

Colegio Sagrado Corazón de Jesús Samacá

Recibido. Julio del 2022 Revisado. Septiembre del 2022 Aceptado. Diciembre del 2022

Abstract

Population modeling is a key element in society since it bases its studies on the periodic calculation of birth and death rates in the population. These studies are carried out through digital mechanisms and mathematical equations, being necessary when developing a prior examination of society. In this article, the creative and material process of the guided computer application is presented in order to predict the population modeling in Samacá town, as well as the results obtained through a methodological strategy, which has, among other things, the growth and population decline. The investigation is governed, therefore, under three important groups within this scope: the statistical control, the percentage control and its investigation. Thanks to the above, it is possible to obtain both mathematical and inferential results, also including mathematical variability, its rate of variability and software that can be represented by means of a computer application.

Keywords. research, population modeling, software and variability table.

DISEÑO DE UN SOFTWARE PARA MODELAMIENTO POBLACIONAL

Resumen.

El modelamiento poblacional es pieza clave en la sociedad, pues basa sus estudios en el cálculo periódico de natalidad y mortalidad en la población, por medio de mecanismos digitales y de ecuaciones matemáticas, los cuales son necesarios a la hora de desarrollar un examen previo de la sociedad. En este artículo, se presenta el proceso creativo y material de la aplicación informática guiada en función de predecir el modelamiento poblacional en el municipio de Samacá, así como los resultados obtenidos mediante una estrategia de tipo metodológica, que posee, entre otras cosas, el crecimiento y disminución poblacional, la

investigación regida bajo tres importantes grupos dentro de este ámbito; el control estadístico, el control porcentual y su investigación. Gracias a lo anterior, es posible obtener resultados tanto matemáticos, como de tipo inferencial, incluyendo también la variabilidad matemática, su tasa de variabilidad y software representable por medio de una aplicación informática.

Palabras clave. investigación, modelamiento poblacional, software y tabla de variabilidad.

I. INTRODUCCIÓN.

Este estudio de las poblaciones y la predicción de estas ha tomado cada vez más importancia, de allí nace la necesidad de automatizar estos procesos. En este artículo se analizará la construcción que se realizó de un programa en lenguaje c++ para predecir las poblaciones con base en un sistema matemático de predicción simple denominado modelo de Malthus o modelo Malthusiano construido a partir de distintas ecuaciones diferenciales que se verán a lo largo del artículo. Además de automatizar la predicción, el programa tiene el fin de hallar los nacimientos estimados, las muertes estimadas, la diferencia de tasa de natalidad y mortalidad en caso de contar con estos datos. y demás actores involucrados en el proceso de crecimiento poblacional.

II. METODOLOGÍA

Este proyecto se llevó a cabo en el municipio a partir del análisis y observación de la necesidad de predecir la población Samaquense a corto y mediano plazo, debido al crecimiento desorbitado que ha tenido en los últimos años y la necesidad de conocer el nivel de crecimiento que seguirá teniendo.

El objetivo del desarrollo de este software es facilitar a las autoridades del municipio una herramienta para poder estimar el crecimiento de la población con la cual se pueda hacer una estimación de distintos gastos que se pueden generar con la población predicha.

Así mismo, esta predicción permitiría determinar datos de tipo económicos en el municipio, dada la importancia de tener en cuenta los ingresos económicos y su productividad con base a la natalidad y mortalidad del municipio.

De igual manera, el proyecto busca facilitar el progreso municipal mediante estadísticas que contribuyen al sano ambiente Samaquense, tanto de tipo cultural como de tipo económico, lo que se logra mediante datos porcentuales.

El software presentado se desarrolló a partir de un modelo matemático de predicción, a partir del cual se comenzó a trabajar en el diseño del software.

Primeramente, se realizó una investigación en bases de datos de alto impacto de los antecedentes y las herramientas matemáticas necesarias para iniciar con el proyecto. Seguidamente, se comenzó con el diseño del programa en lenguaje c++ fundamentado en el modelo matemático más adecuado para los objetivos planteados.

Finalizado el diseño del software, se realizaron distintas pruebas al programa con las cuales se estableció la funcionalidad del programa, tras lo cual se efectuaron las pruebas correspondientes a la población Samaquense para establecer el crecimiento de esta en un periodo de tiempo establecido.

III. **Marco teórico.**

Con base en el objetivo planteado del diseño del software y su posterior aplicación, se encuentra que las bases más importantes a conocer para asimilar y comprender la finalidad del artículo son: Variabilidad, población, modelamiento.

A. La investigación [1]

Es el proceso de pensamiento creativo y estructural que se desarrolla con el fin de aumentar el patrimonio intelectual. A través de la recolecta, organización y posterior análisis de datos. Un trabajo de investigación puede servir como anexo o continuación de un trabajo anteriormente realizado.

B. Variabilidad [2]

La variabilidad es la dispersión de los valores de una variable en una distribución ya sea esta teórica o en una muestra. Puede ser conocida o desconocida y deriva de factores biológicos o de errores en la medición.

C. Tasa de variabilidad [3]

La tasa de variación es el cambio en porcentaje entre dos valores. La tasa de variación, visto desde otro punto de vista, es la variación relativa en comparación con el valor inicial de la variable. ... Por ejemplo, una variable que valía 100 ayer y que hoy vale 20, ha sufrido una tasa de variación del -80%.

D. ¿Para qué sirve? [4]

La tasa de variación media es una magnitud muy utilizada en ciencias para estudiar cómo cambian ciertas magnitudes respecto a otras. Por ejemplo, para estudiar cómo varía la velocidad en un intervalo de tiempo estudiamos su velocidad media, que no es más que la tasa de variación media de la posición respecto al tiempo.

Tasa de variación de una función:

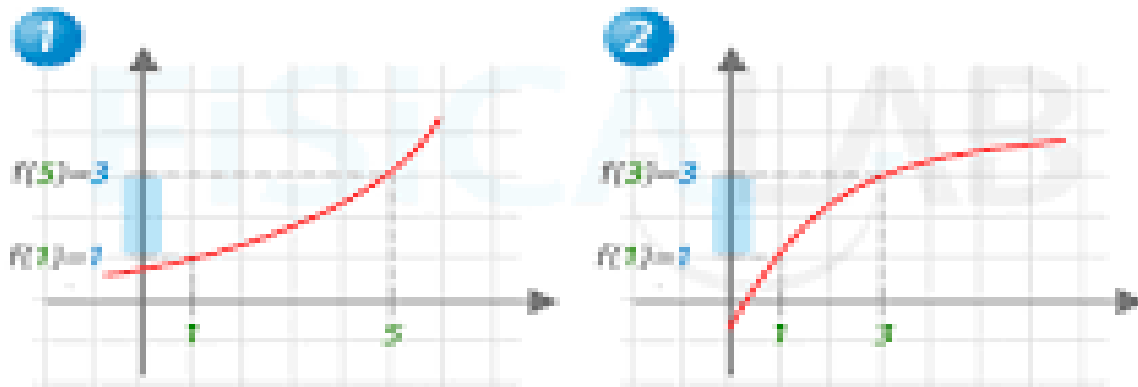


Figura 1: Tasa de variación de una función

E. Tasa de variabilidad promedio [5]

La tasa de variación media nos indica la variación relativa de la función respecto a la variable independiente. Gráficamente, la tasa de variación media es la pendiente de la recta secante que pasa por los puntos x_1 y x_2 .

F. Modelamiento poblacional [6]

Uno de los modelos discretos usados en el contexto biológico es el modelo poblacional de Malthus o modelo Malthusiano (Hodgson, 2016), el cual establece que una población aumenta su tamaño en una tasa proporcional al número de individuos presentes en cada instante de tiempo; bajo este supuesto las tasas de natalidad y mortalidad.

Tamaño de población para $0 < R < 1$:

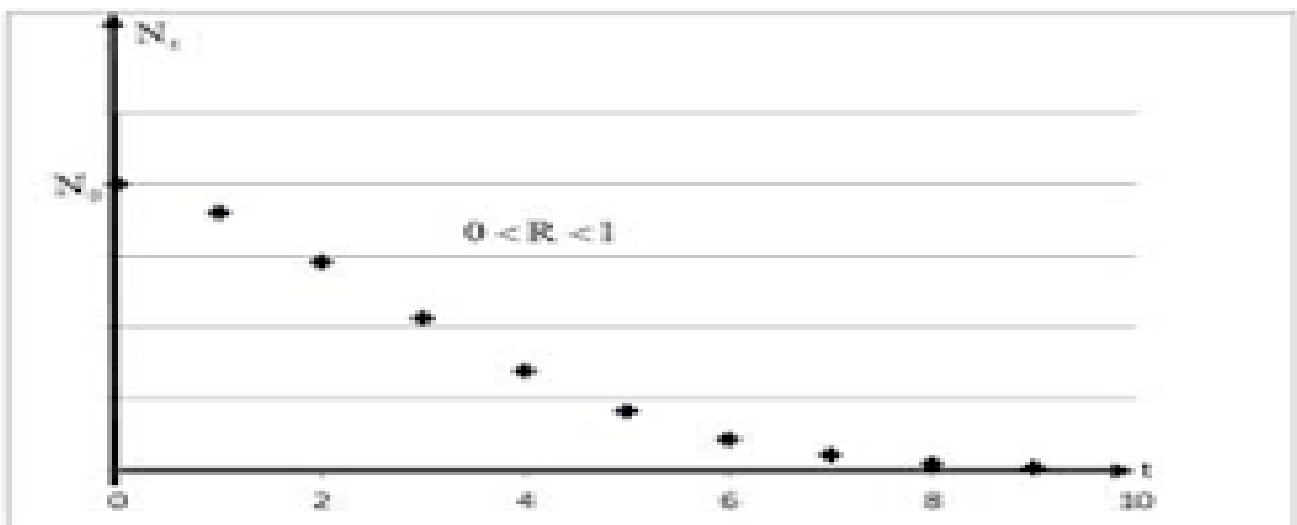


Figura 2: Tamaño de población para $0 < R < 1$.

G. Modelo de Malthus. [7]

El modelo de poblaciones de Malthus es un modelo matemático sumamente útil para pronosticar el tamaño de una población a corto y mediano plazo lo que lo hace perfecto para ser utilizado por el software de modelación poblacional que se ha diseñado.

El sistema de Malthus está guiado por la siguiente fórmula:

$$P(t) = P_0 e^{kt}$$

Donde:

P(t)= Población pronosticada respecto a la cantidad de tiempo indicada

P₀= Población inicial al momento de realizar el pronóstico.

e= Constante de Euler o número de Euler.

k= La diferencia entre la tasa de natalidad y la tasa de mortalidad.

t= El tiempo para el cual queremos calcular el incremento de la población.

Así mismo, se utilizaron los despejes necesarios de esta ecuación, esto para dar un programa más completo y que no sólo sirva para hallar la población sino también los nacimientos estimados, muertes, entre otros:

$$\mathbf{muertes = M * P * t}$$

$$\mathbf{nacimientos = N * P * t}$$

$$\mathbf{k = \ln P(t)/P_0}$$

IV. MONTAJE EXPERIMENTAL.

Se realizó una investigación del modelo matemático de modelamiento poblacional que se automatizaría en el software para realizar la calculadora de poblaciones, así, se llegó a 3 principales ecuaciones que son las que maneja el software, partiendo de una ecuación inicial que hace referencia al modelo de Malthus, llegando a una ecuación que permite predecir la población en cierta cantidad de tiempo, así mismo, se realizaron los despejes correspondientes de las demás ecuaciones.

$$P(t + \Delta t)$$

$$P(t + \Delta t) = P(t) + NP(t) - MP(t)\Delta t$$

$$P(t + \Delta t) = P(t) + (N - M)P(t)\Delta t$$

$$P(t + \Delta t) - P(t) = (N - M)P(t)\Delta t$$

$$\frac{P(t + \Delta t) - P(t)}{\Delta t} = kP(t)$$

$$\frac{P(t + \Delta t) - P(t)}{\Delta t}$$

$$P'(t) = kP(t)$$

$$\frac{dp}{dt} = kP(t)$$

$$\frac{dP}{P} = k dt$$

$$\int \frac{dP}{P} = \int k dt$$

$$\ln P = kt + C_1$$

$$P = e^{kt+C_1}$$

$$P = e^{kt} * e^{C_1}$$

$$P = e^{kt} * c$$

$$P(0) = ce^{k(0)}$$

$$P(0) = ce^0$$

$$P(0) = c(1)$$

$$P(0) = P_0 = c$$

$$P = P_0 e^{kt} \rightarrow P(t) = P_0 e^{kt}$$

$$P(t) = P_0 e^{kt}$$

$$k = \ln \ln P(t)/P_0$$

1. Menú de la ecuación general.

Una vez establecidas las ecuaciones a utilizar dentro del programa, se comenzó con la programación del software en lenguaje de programación c++. Primero se realizó la programación de un menú individual para cada una de las ecuaciones que se utilizarían. En primer lugar, se realizó el menú de la ecuación general de población estimada:

```
void Menut() {
    cout<<"\----MENU----/"<<endl<<endl;
    cout<<"Digite la magnitud en la cual va a estar basado el tiempo: "<<endl;
    cout<<"1.Tiempo en semanas"<<endl;
    cout<<"2.Tiempo en meses"<<endl;
    cout<<"3.Tiempo en años"<<endl;

    cout<<"Digite el numero del menu: ";
}

int main() {
    float e=2.718281828459045235360, N, M, PI, K, multi;
    int TS, TM, TA, c, T, P ;

    do{
        Menut();
        cin>>c;

        system("cls");
    }while(c<1 || c>3);

    if(c==1){
        cin>>TS;
        T = TS/52;
    }
    else if(c==2){
        cin>>TM;
        T = TM/12;
    }
    else if(c==3){
        cin>>TA;
        T = TA;
    }

    cout<< "Digite la tasa de natalidad durante este periodo de tiempo: ";
    cin>>N;
    cout<<endl<< "Digite la tasa de mortalidad durante este periodo de tiempo: "
    cin>>M;

    K = N-M;
    cout<<"Digite la población inicial: ";
    cin>> PI;
    multi= K*T;
    P=PI*pow(e, multi);
    cout<<"La población en ese periodo de tiempo será de : " << P ;
    //-----FUNNACION P-----//
}
```

2. Programación del menú de nacimiento.

Se realizó la programación del menú de nacimientos estimados para la cantidad de tiempo establecida:

```
void Menut() {  
  
    cout<<"\----MENU----/"<<endl<<endl;  
    cout<<"Digite la magnitud en la cual va a estar basado el tiempo: "<<endl;  
    cout<<"1. Tiempo en semanas"<<endl;  
    cout<<"2. Tiempo en meses"<<endl;  
    cout<<"3. Tiempo en años"<<endl;  
  
    cout<<"Digite el numero del menu: ";  
}  
  
int main() {  
  
    float N, M, muertes;  
    int TS, TM, TA, c, T, P ;  
  
    do{  
        Menut();  
        cin>>c;  
  
        system("cls");  
    }while(c<1 || c>3);  
  
    if(c==1){  
        cin>>TS;  
        T = TS/52;  
    }  
    else if(c==2){  
        cin>>TM;  
        T = TM/12;  
    }  
    else if(c==3){  
        cin>>TA;  
        T = TA;  
    }  
  
    cout<< "Digite la tasa de natalidad durante este periodo de tiempo: ";  
    cin>>N;  
  
    cout<<"Digite la población: ";  
    cin>> P;  
  
    nacimientos = N*P*T;  
    cout<<"Los nacimientos en ese periodo de tiempo serán de : " << nacimientos ;  
    //-----FUNCIÓN NACIMIENTOS-----//  
}
```

3. Menú para estimar la cantidad de muertes.

Se realizó la programación del menú correspondiente al uso de la ecuación para estimar la cantidad de muertes que se estiman en dicha cantidad de tiempo:


```

void Menu() {
    cout<<"\n---MENU---/"<<endl<<endl;
    cout<<"Digite la magnitud en la cual va a estar basado el tiempo: "<<endl;
    cout<<"1. Tiempo en semanas"<<endl;
    cout<<"2. Tiempo en meses"<<endl;
    cout<<"3. Tiempo en años"<<endl;

    cout<<"Digite el numero del menu: ";
}

int main() {
    float N, M, nacimientos;
    int TS, TM, TA, c, T, P;

    do{
        Menu();
        cin>>c;

        system("cls");
    }while(c<1 || c>3);

    if(c==1){
        cin>>TS;
        T = TS/52;
    }
    else if(c==2){
        cin>>TM;
        T = TM/12;
    }
    else if(c==3){
        cin>>TA;
        T = TA;
    }

    cout<<"Digite la tasa de natalidad durante este periodo de tiempo: ";
    cin>>N;

    cout<<"Digite la población: ";
    cin>>P;

    nacimientos = N*P*T;
    cout<<"Los nacimientos en ese periodo de tiempo serán de : " << nacimientos ;
    //-----FUNCION NACIMIENTOS-----//
}

```

4. Programación del menú de la variable K.

Finalmente se realizó la programación del menú de la variable K, que servirá para conocer la diferencia entre la tasa de natalidad y la tasa de mortalidad en caso de que no se tengan estos valores con base en la población inicial y la población final:

```

void Menu() {
    cout<<"\n---MENU---/"<<endl<<endl;
    cout<<"Digite la magnitud en la cual va a estar basado el tiempo: "<<endl;
    cout<<"1. Tiempo en semanas"<<endl;
    cout<<"2. Tiempo en meses"<<endl;
    cout<<"3. Tiempo en años"<<endl;

    cout<<"Digite el numero del menu: ";
}

int main() {
    float N, M, muertes;
    int TS, TM, TA, c, T, P, PI;
    double k;

    do {
        Menu();
        cin>>c;

        system("cls");
    } while (c<1 || c>3);

    if (c==1) {
        cin>>TS;
        T = TS/52;
    }
    else if (c==2) {
        cin>>TM;
        T = TM/12;
    }
    else if (c==3) {
        cin>>TA;
        T = TA;
    }

    cout<<"Digite la población final: ";
    cin>>P;

    cout<<"Digite la población inicial: ";
    cin>>PI;

    K = log(P/PI);
    cout<<"El valor de la diferencia de tasa de natalidad y tasa de mortalidad con base en las poblaciones es de: " << K;
    //-----FUNCIÓN K-----//
}

```

5. Menu general.

Una vez establecidos los menús individuales de cada ecuación, se realizó la programación de un menú general que integre todas las ecuaciones.

```

void MenuGeneral () {
    cout<<" ---MENU--- " <<endl<<endl;
    cout<<"Digite qué magnitud quiere hallar con el programa: " <<endl;
    cout<<"1. Población" <<endl;
    cout<<"2. Nacimientos" <<endl;
    cout<<"3. Muertes" <<endl;
    cout<<"4. Diferencia tasa de natalidad y mortalidad" <<endl;

    cout<<"Digite el numero del menu: ";
}

```

Con un menú general ya programado, se establecieron los demás menús a maneras de funciones, a través de la biblioteca de c++ "void", esto con cada uno de los menús anteriormente diseñados:

- **Tiempo**

```
void Menut() {  
    cout<<" ---MENU--- "<<endl<<endl;  
    cout<<"Digite la magnitud en la cual va a estar basado el tiempo: "<<endl;  
    cout<<"1.Tiempo en semanas"<<endl;  
    cout<<"2.Tiempo en meses"<<endl;  
    cout<<"3.Tiempo en años"<<endl;  
  
    cout<<"Digite el numero del menu: ";  
}
```

- **Población**

```
void Poblacion() {  
    do {  
        Menut();  
        cin>>c;  
  
        system("cls");  
    } while (c<1 || c>3);  
  
    if (c==1) {  
        cout<<"Digite el tiempo en semanas: ";  
  
        cin>>TS;  
        T = TS/52;  
    }  
    else if (c==2) {  
        cout<<"Digite el tiempo en meses: ";  
  
        cin>>TM;  
        T = TM/12;  
    }  
    else if (c==3) {  
        cout<<"Digite el tiempo en años: ";  
  
        cin>>TA;  
        T = TA;  
    }  
  
    cout<<"Digite la tasa de natalidad durante este periodo de tiempo: ";  
    cin>>N;  
    cout<<endl<<"Digite la tasa de mortalidad durante este periodo de tiempo: ";  
    cin>>M;  
  
    K = N-M;  
    cout<<"Digite la población inicial: ";  
    cin>>PI;  
    multi= K*T;  
    P=PI*pow(e,multi);  
    cout<<"La población en ese periodo de tiempo será de : " << P ;  
}
```

- **Nacimientos.**

```

void Nacimientos() {
    float N, M, nacimientos;
    int TS, TM, TA, c, T, P ;

    do {
        Menut();
        cin >> c;

        system("cls");
    } while (c < 1 || c > 3);

    if (c == 1) {
        cout << "Digite el tiempo en semanas: ";

        cin >> TS;
        T = TS / 52;
    }
    else if (c == 2) {
        cout << "Digite el tiempo en meses: ";

        cin >> TM;
        T = TM / 12;
    }
    else if (c == 3) {
        cout << "Digite el tiempo en años: ";

        cin >> TA;
        T = TA;
    }

    cout << "Digite la tasa de natalidad durante este periodo de tiempo: ";
    cin >> N;

    cout << "Digite la poblaci3n: ";
    cin >> P;

    nacimientos = N * P * T;
    cout << "Los nacimientos en ese periodo de tiempo ser3n de : " << nacimientos ;
}

```

- **Muertes**

```

void Muertes () {
    float N, M, muertes;
    int TS, TM, TA, c, T, P ;

    do {
        Menut();
        cin >> c;

        system("cls");
    } while (c < 1 || c > 3);

    if (c == 1) {
        cout << "Digite el tiempo en semanas: ";

        cin >> TS;
        T = TS / 52;
    }
    else if (c == 2) {
        cout << "Digite el tiempo en meses: ";

        cin >> TM;
        T = TM / 12;
    }
    else if (c == 3) {
        cout << "Digite el tiempo en a3os: ";

        cin >> TA;
        T = TA;
    }

    cout << "Digite la tasa de mortalidad durante este periodo de tiempo: ";
    cin >> M;

    cout << "Digite la poblaci3n: ";
    cin >> P;

    muertes = M * P * T;
    cout << "Las muertes en ese periodo de tiempo ser3n de : " << muertes ;
}

```

- **Diferencia tasa de natalidad y mortalidad.**

```

void Diferenciatnm() {
    float N, M, muertes;
    int TS, TM, TA, c, T, P, PI ;
    double k ;

    do{
        Menut();
        cin>>c;

        system("cls");
    }while(c<1 || c>3);

    if(c==1){

        cout<<"Digite el tiempo en semanas: ";

        cin>>TS;
        T = TS/52;
    }
    else if(c==2){

        cout<<"Digite el tiempo en meses: ";

        cin>>TM;
        T = TM/12;
    }
    else if(c==3){

        cout<<"Digite el tiempo en años: ";

        cin>>TA;
        T = TA;
    }

    cout<<"Digite la población final: ";
    cin>>P;

    cout<<"Digite la población inicial: ";
    cin>>PI;

    K =log(P/PI) ;
    cout<<"El valor de la diferencia de nacimientos y muertes con base en las poblaciones es de: " << K;
}

```

6. Organizador del menu general.

Con los menús ya organizados a manera de funciones, se realizó la construcción de un organizador del menú general a través de la biblioteca "int main", con la cual se organizó el menú para con este reconocer que función se va a utilizar con base en qué dato se quiere conocer (población estimada, muertes estimadas, nacimientos estimados y diferencia de tasa de natalidad y mortalidad).

```

int main() {
    setlocale(LC_ALL, "");
    MenuGeneral();
    cin >> G;

    switch(G) {

        case 1:
            Poblacion();
            break;
        case 2:
            Nacimientos();
            break;
        case 3:
            Muertes();
            break;
        case 4:
            Diferenciatnm();
            break;
        default: cout<<"Ha digitado un valor invalido";
    }
}

```

7. Organización de código.

Una vez construido el código del programa, se terminó de organizar todo su funcionamiento y se organizó el código como tal manejando un orden en las funciones.

```
#include<conio.h>
#include<iostream>
#include<math.h>
#include<locale.h>
using namespace std;

float e=2.718281828459045235360,N, M,PI,K,multi;
int TS, TM, TA, c, T, P,G ;

void MenuGeneral () {
void Menut () {
void Poblacion () {
void Nacimientos () {
void Muertes () {
void Diferenciatnm () {
int main () {
```

Luego de la construcción y organización de todo el código se dio por finalizada la construcción de la aplicación.

V. RESULTADOS

Una vez establecido el programa, se realizaron las pruebas correspondientes. Para ello, se realizó una prueba de cada una

de las funciones para verificar la funcionalidad del programa.

En primer lugar, se verificó la ejecutabilidad del programa. Y que se muestre el menú principal.

```
----MENU----
Digite qué magnitud quiere hallar con el programa:
1.Población
2.Nacimientos
3.Muertes
4.Diferencia tasa de natalidad y mortalidad
Digite el numero del menu:
```

Se seleccionó la primera función y se observó la funcionalidad de este.

```
----MENU----
Digite qué magnitud quiere hallar con el programa:
1.Población
2.Nacimientos
3.Muertes
4.Diferencia tasa de natalidad y mortalidad
Digite el numero del menu: 1
---MENU---

Digite la magnitud en la cual va a estar basado el tiempo:
1.Tiempo en semanas
2.Tiempo en meses
3.Tiempo en años
Digite el numero del menu: 3
```

Después, se seleccionó una magnitud de tiempo y se verificó que pidiera un tiempo a utilizar.

```
Digite el tiempo en años: 6_
```

Establecido el tiempo en el que se va a trabajar se introdujeron los demás datos para que el programa automatizara la predicción.

```
Digite el tiempo en años: 6
Digite la tasa de natalidad durante este periodo de tiempo: 0.02
Digite la tasa de mortalidad durante este periodo de tiempo: 0.001
Digite la población inicial: 10000
La población en ese periodo de tiempo será de : 11207
Process returned 0 (0x0) execution time : 355.619 s
Press any key to continue.
```

Teniendo establecida la funcionalidad del programa se corroboró si los datos obtenidos son reales, a través del uso de ecuaciones del sistema de modelamiento poblacional de Malthus.

$$K = 0.02 - 0.01 = 0.019$$

$$K * t = 0.019 * 6 = 0.114$$

$$t = 6$$

$$P = 1000 * e^{0.114}$$

$$P = 11207$$

Habiendo confirmado los datos obtenidos a través de las ecuaciones matemáticas, se pasó a la confirmación de funcionalidad de las demás funciones, comenzando por la función nacimientos, para predecir cuantos nacimientos podrá haber en la cantidad de tiempo establecida.

En primer lugar, se introdujeron los datos de qué función se utilizará en el menú general y se estableció la magnitud del tiempo que se va a manejar.

```
----MENU----  
Digite qué magnitud quiere hallar con el programa:  
1.Población  
2.Nacimientos  
3.Muertes  
4.Diferencia tasa de natalidad y mortalidad  
Digite el numero del menu: 2  
---MENU---  
  
Digite la magnitud en la cual va a estar basado el tiempo:  
1.Tiempo en semanas  
2.Tiempo en meses  
3.Tiempo en años  
Digite el numero del menu: 3_
```

Seleccionado esto, se introdujo el tiempo que se va a utilizar.

```
Digite el tiempo en años: 6_
```

Seleccionado el tiempo que se va a utilizar, se digitan los demás datos, con el fin de obtener el dato de los nacimientos estimados.

```
Digite el tiempo en años: 6  
Digite la tasa de natalidad durante este periodo de tiempo: 0.02  
Digite la población: 10000  
Los nacimientos en ese periodo de tiempo serán de : 1200  
Process returned 0 (0x0) execution time : 216.989 s  
Press any key to continue.
```

Verificada la funcionalidad de la aplicación para predecir nacimientos, se confirmó la veracidad del dato obtenido, por medio de las ecuaciones de Malthus.

$$N = 0.02$$

$$P = 10000$$

$$t = 6$$

$$N * P * t = 1200$$

Posteriormente, se realizó la prueba de la función muertes.

Inicialmente, se seleccionó en el menú principal la función muertes, y se seleccionó la magnitud del tiempo en el que se va a trabajar.

```
---MENU---  
Digite qué magnitud quiere hallar con el programa:  
1.Población  
2.Nacimientos  
3.Muertes  
4.Diferencia tasa de natalidad y mortalidad  
Digite el numero del menu: 3  
---MENU---
```

```
Digite la magnitud en la cual va a estar basado el tiempo:  
1.Tiempo en semanas  
2.Tiempo en meses  
3.Tiempo en años  
Digite el numero del menu: 3
```

Seleccionado esto, se inserta la cantidad de tiempo a la que se va a realizar la predicción de muertes.

```
Digite el tiempo en años: 6
```

Establecido el tiempo para el que se quiere realizar la predicción, se introdujeron los demás datos necesarios para realizarla.

```
Digite el tiempo en años: 6  
Digite la tasa de mortalidad durante este periodo de tiempo: 0.001  
Digite la población: 10000  
Las muertes en ese periodo de tiempo serán de : 60  
Process returned 0 (0x0) execution time : 404.506 s  
Press any key to continue.
```

Comprobado el funcionamiento de la función, se realizó la comprobación del dato obtenido, por medio de las ecuaciones de Malthus.

$$M = 0.001$$

$$P = 10000$$

$$t = 6$$

$$N * P * t = 60$$

Finalmente, se realizó la prueba de funcionamiento de la función K (diferencia tasa de natalidad y mortalidad).

En primer lugar, se realizó la ejecución y selección de la función en el menú principal, asimismo, se seleccionó la magnitud del tiempo en el que se va a trabajar.

```
----MENU----
Digite qué magnitud quiere hallar con el programa:
1.Población
2.Nacimientos
3.Muertes
4.Diferencia tasa de natalidad y mortalidad
Digite el numero del menu: 4
---MENU---

Digite la magnitud en la cual va a estar basado el tiempo:
1.Tiempo en semanas
2.Tiempo en meses
3.Tiempo en años
Digite el numero del menu: 3_
```

Luego, se ingresa la cantidad de tiempo en la que se va a trabajar.

```
Digite el tiempo en años: 6_
```

Establecido el tiempo en el que se va a trabajar, se ingresan los demás datos necesarios para terminar de realizar la ejecución (población final y población inicial).

```
Digite el tiempo en años: 6
Digite la población final: 12000
Digite la población inicial: 2000
El valor de la diferencia de nacimientos y muertes con base en las poblaciones es de: 1.79176
Process returned 0 (0x0) execution time : 9.024 s
Press any key to continue.
```

Posteriormente, se realizó la comprobación del dato obtenido con los despejes del modelo de Malthus.

$$\ln\left(\frac{12000}{2000}\right)$$

= 1,791759

Verificado el correcto funcionamiento de cada una de las funciones y por lo tanto del programa en sí mismo, se procedió a realizar un análisis al municipio de Samacá, con el fin de establecer una predicción de los nacimientos, las muertes y la población (sin tener en cuenta emigración y migración) en un periodo de 10 años.

En principio, se realizó una investigación acerca de los datos del municipio en distintas páginas web, de las cuales se obtuvo que los datos referentes a tasa de natalidad, mortalidad y población más recientes posibles de Samacá son:

Población= 20300

Tasa de natalidad= 0.0081

Tasa de mortalidad= 0.0051

Establecidos los datos se realizó la simulación para el municipio de Samacá.

Primero se seleccionó la función población que es la que se quería hallar y se seleccionó la magnitud en la que se iba a trabajar el tiempo de la simulación.

```
----MENU----
Digite qué magnitud quiere hallar con el programa:
1.Población
2.Nacimientos
3.Muertes
4.Diferencia tasa de natalidad y mortalidad
Digite el numero del menu: 1
---MENU---
Digite la magnitud en la cual va a estar basado el tiempo:
1.Tiempo en semanas
2.Tiempo en meses
3.Tiempo en años
Digite el numero del menu: 3_
```

Posteriormente, se introdujeron los datos de tasa de natalidad, mortalidad, población actual (esto con base a los datos más recientes que se pudieron obtener) y el tiempo al que se deseaba realizar la predicción.

```
Digite el tiempo en años: 5
Digite la tasa de natalidad durante este periodo de tiempo: 0.0081
Digite la tasa de mortalidad durante este periodo de tiempo: 0.0051
Digite la población inicial: 20300
La población en ese periodo de tiempo será de : 20606
Process returned 0 (0x0) execution time : 705.550 s
Press any key to continue.
```

Visto lo anterior, se estimó que la población de Samacá en 5 años será de 20606. Ahora bien, para establecer cuantos nacimientos estimados habría en ese tiempo se realizó la ejecución de la función nacimientos.

Primero se realizó la ejecución del menú principal y se seleccionó la función nacimientos y la magnitud en que se va a manejar el tiempo.

```
----MENU----  
Digite qué magnitud quiere hallar con el programa:  
1.Población  
2.Nacimientos  
3.Muertes  
4.Diferencia tasa de natalidad y mortalidad  
Digite el numero del menu: 2  
---MENU---  
Digite la magnitud en la cual va a estar basado el tiempo:  
1.Tiempo en semanas  
2.Tiempo en meses  
3.Tiempo en años  
Digite el numero del menu: 3
```

Luego, se seleccionó el tiempo al que se quiere realizar la predicción y se introdujeron los datos de tasa de natalidad que sería de 0.0081 y se introdujo la población del municipio, que sería de 20300 y se ejecuta el software.

```
Digite el tiempo en años: 5  
Digite la tasa de natalidad durante este periodo de tiempo: 0.0081  
Digite la población: 20300  
Los nacimientos en ese periodo de tiempo serán de : 822.15  
Process returned 0 (0x0) execution time : 311.631 s  
Press any key to continue.
```

El software dio como resultado un total de 822 nacimientos.

Seguidamente, se realizó la ejecución de la función muertes, para estimar la cantidad de muertes que ocurrirán el municipio durante este tiempo.

Inicialmente, se seleccionó la función muertes en el menú principal y se seleccionó la magnitud en la que se va a trabajar el tiempo.

```
----MENU----
Digite qué magnitud quiere hallar con el programa:
1.Población
2.Nacimientos
3.Muertes
4.Diferencia tasa de natalidad y mortalidad
Digite el numero del menu: 3
---MENU---
Digite la magnitud en la cual va a estar basado el tiempo:
1.Tiempo en semanas
2.Tiempo en meses
3.Tiempo en años
Digite el numero del menu: 3
```

Luego, se introdujo el tiempo al que se va a realizar la predicción (5 años), la tasa de mortalidad de Samacá (0.0051) y la población actual (20300).

```
Digite el tiempo en años: 5
Digite la tasa de mortalidad durante este periodo de tiempo: 0.0051
Digite la población: 20300
Las muertes en ese periodo de tiempo serán de : 517.65
Process returned 0 (0x0) execution time : 103.361 s
Press any key to continue.
```

A partir de esto, el software arrojó como resultado que, en los próximos 5 años, ocurrirán 517 muertes.

Ahora bien, teniendo en cuenta las pruebas del software, era necesario comprobar la veracidad de los resultados, para lo cual los datos debían cumplir la siguiente fórmula:

$$PE + M - N = PI$$

Por lo tanto, se reemplazó en la fórmula los datos que se obtuvieron y se observó que:

$$2606 + 517 - 812 = 2311$$

Teniendo en cuenta lo anterior, se verificó que se cumple con la igualdad, por lo que es posible afirmar que el funcionamiento del software fue el óptimo al momento de realizar esta predicción respecto al municipio de Samacá.

VI. Conclusiones.

El modelamiento poblacional es base clave dentro de la sociedad, pues permite predecir la natalidad y mortalidad dentro de la población.

El lenguaje de programación fue constante protagonista y aliado dentro del proyecto, además, se trabajó con el mismo en función de la creación del software.

Se evidenciaron notables cambios estadísticos y porcentuales en la asociación variable de tasa de natalidad - mortalidad y el tiempo, respectivamente.

Se evidenció el constante crecimiento estadístico y porcentual en la tasa de mortalidad y natalidad en el municipio de Samacá.

Referencias.

- [1] OECD, Frascati Manual. (2015). Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development Retrieved March 2015, vol. 20, p. 2017.
- [2] Dagnino, J. (2014). Muestras, variabilidad y error. Rev Chil Anest, 43, 100-103.
- [3] Cristóbal, A., & Quilis, E. M. (1994). Tasas de variación, filtros y análisis de la coyuntura. INE, Boletín Trimestral de Coyuntura, 52, 98-123.
- [4] Escartin, E., Velasco, F., & González-abril, L. (2017). La tasa de variación del PIB en un modelo simple de determinación de la renta. Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa, 23, 210-220.
- [5] Fisicalab. (s.f.). Tasa de variación de una función [Imagen]. <https://www.fisicalab.com/apartado/tasa-variacion-media>
- [6] Currículum Nacional. (s.f.) Variación porcentual. Ministerio de Educación. https://www.curriculumnacional.cl/docente/629/articles-218125_recurso_docente.pdf
- [7] Parra, E., Gordillo, W., & Pinzón, W. (2019). Modelos de Crecimiento Poblacional: Enseñanza-Aprendizaje desde las Ecuaciones Recursivas. Formación universitaria, 12(1), 25-34
- [8] Scielo. (2019). Tamaño de población para $0 < R < 1$. [Imagen]. Parra, E., Gordillo, W., & Pinzón, W. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/formuniv/v12n1/0718-5006-formuniv-12-01-25.pdf>
- [9] OECD, Frascati Manual. (2015). Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development Retrieved March 2015, vol. 20, p. 2017.