**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**SEÑALES DE TIEMPO DISCRETO**

**SEGUNDO PROYECTO DE APRENDIZAJE**



**INTEGRANTES:**

Santiago Andrés Mesa N.

[santiagoa.mesan@javeriana.edu.co](mailto:santiagoa.mesan@javeriana.edu.co)

Fabio Alejandro Sánchez G.

[sanchezg.fabio@javeriana.edu.co](mailto:sanchezg.fabio@javeriana.edu.co)

Juan Sebastián Clavijo M.

[jsebastian.clavijoc@javeriana.edu.co](mailto:jsebastian.clavijoc@javeriana.edu.co)

**PROFESOR:**

Jairo Alberto Hurtado Londoño.

**FECHA DE ENTREGA:**

19/10/2020

Para este segundo proyecto de S.T.D se debía usar el programa Matlab para realizar 1 programa que interactuara de distintas maneras con las señales de audio propuestas por el profesor.

1. Crear la sensación de espacialización de una señal por medio de retardos y atenuaciones.
2. Obtener la salida de un SLIT a partir de su respuesta impulso y la señal de entrada
3. Generar archivos de audio ya procesados y listos para su reproducción.

%{

( (

)\ ) \* ) )\ )

(()/( ` ) /((()/(

/(\_)) ( )(\_))/(\_))

(\_)) (\_(\_())(\_))\_

/ \_\_| |\_ \_| | \

\\_\_ \ \_ | | \_ | |) |

|\_\_\_/(\_)|\_|(\_)|\_\_\_/

Proyecto de aprendizaje 2 - Señales de Tiempo Discreto

Desarrollado por: Fabio Sánchez, Santiago Mesa y Juan Clavijo

Puede encontrar este y los demás proyectos de la clase en:

https://github.com/jclavijomartinez/SeNalesTiempoDiscrerto2030

%}

clear all;

clc;

while 1

disp(' ');

disp('Proyecto de aprendizaje #2')

disp(' ');

disp('Desarrollado por: Fabio Sánchez, Santiago Mesa y Juan Clavijo')

disp(' ');

disp('Digite "1" para ejecutar el punto número 1')

disp('Digite "2" para ejecutar el punto número 2')

disp('Digite "3" para ejecutar el punto número 3')

disp('Digite "4" para ejecutar el punto número 4')

disp('Digite "5" para ejecutar el punto número 5')

disp('Digite "6" para salir del programa')

opcion = input('¿Cual punto desea ejecutar?: ')

switch opcion

% Punto 1: Escalización en el tiempo

case 1

while 1

disp(' ');

[escalatiempoFSJ fs1]=audioread('Audios/Originales/escalatiempoFSJ.wav');

disp('Estas son las velocidades disponibles, elija una por favor:')

disp(' ');

disp('1. 0.5x')

disp('2. 0.65x')

disp('3. 0.8x')

disp('4. 1x')

disp('5. 1.20x')

disp('6. 1.35x')

disp('7. 1.5x')

disp('8. 2x')

disp('9. regresar al menú principal')

disp(' ');

userinput = input('opcion: ');

switch userinput

case 1

audiowrite('Audios/Outputs/punto1/0.5xescalatiempoFSJ.wav',escalatiempoFSJ,0.5\*fs1);

disp('Presione cualquier tecla para escuchar el audio x0.5 (está en la carpeta Audios/Outputs/punto1)')

[CeroCincoEscalatiempoFSJ fs1]=audioread('0.5xescalatiempoFSJ.wav');

pause

soundsc(CeroCincoEscalatiempoFSJ,fs1)

case 2

audiowrite('Audios/Outputs/punto1/0.65xescalatiempoFSJ.wav',escalatiempoFSJ,0.65\*fs1);

disp('Presione cualquier tecla, para escuchar el audio x0.65 (está en la carpeta Audios/Outputs/punto1)')

[CeroSesentayCincoEscalatiempoFSJ fs1]=audioread('0.65xescalatiempoFSJ.wav');

pause

soundsc(CeroSesentayCincoEscalatiempoFSJ,fs1)

case 3

audiowrite('Audios/Outputs/punto1/0.8xescalatiempoFSJ.wav',escalatiempoFSJ,0.80\*fs1);

disp('Presione cualquier tecla, para escuchar el audio x0.80 (está en la carpeta Audios/Outputs/punto1)')

[CeroOchoEscalatiempoFSJ fs1]=audioread('0.8xescalatiempoFSJ.wav');

pause

soundsc(CeroOchoEscalatiempoFSJ,fs1)

case 4

audiowrite('Audios/Outputs/punto1/1xescalatiempoFSJ.wav',escalatiempoFSJ,fs1);

disp('Presione cualquier tecla, para escuchar el audio x1.00 (está en la carpeta Audios/Outputs/punto1)')

[UnoEscalatiempoFSJ fs1]=audioread('1xescalatiempoFSJ.wav');

pause

soundsc(UnoEscalatiempoFSJ,fs1)

case 5

audiowrite('Audios/Outputs/punto1/1.2xescalatiempoFSJ.wav',escalatiempoFSJ,1.20\*fs1);

disp('Presione cualquier tecla, para escuchar el audio x1.20 (está en la carpeta Audios/Outputs/punto1)')

[UnoVeinteEscalatiempoFSJ fs1]=audioread('1.2xescalatiempoFSJ.wav');

pause

soundsc(UnoVeinteEscalatiempoFSJ,fs1)

case 6

audiowrite('Audios/Outputs/punto1/1.35xescalatiempoFSJ.wav',escalatiempoFSJ,64800);

disp('Presione cualquier tecla, para escuchar el audio x1.35 (está en la carpeta Audios/Outputs/punto1)')

[UnoTreintayCincoEscalatiempoFSJ fs1]=audioread('1.35xescalatiempoFSJ.wav');

pause

soundsc(UnoTreintayCincoEscalatiempoFSJ,fs1);

case 7

audiowrite('Audios/Outputs/punto1/1.5xescalatiempoFSJ.wav',escalatiempoFSJ,1.50\*fs1);

disp('Presione cualquier tecla, para escuchar el audio x1.50 (está en la carpeta Audios/Outputs/punto1)')

[UnoCincuentaEscalatiempoFSJ fs1]=audioread('1.5xescalatiempoFSJ.wav');

pause

soundsc(UnoCincuentaEscalatiempoFSJ,fs1)

case 8

audiowrite('Audios/Outputs/punto1/2xescalatiempoFSJ.wav',escalatiempoFSJ,2\*fs1);

disp('Presione cualquier tecla, para escuchar el audio x2 (está en la carpeta Audios/Outputs/punto1)')

[DosEescalatiempoFSJ fs1]=audioread('2xescalatiempoFSJ.wav');

pause

soundsc(DosEescalatiempoFSJ,fs1)

case 9

break;

end

end

% Punto 2: Inversión en el tiempo

case 2

while 1

disp(' ');

[palindromaJ fs1]=audioread('Audios/Originales/palindromaJ.wav');

[palindromaS fs1]=audioread('Audios/Originales/palindromaS.wav');

[palindromaF fs1]=audioread('Audios/Originales/palindromaF.wav');

inversionpalindromaJ=flipud(palindromaJ);

inversionpalindromaS=flipud(palindromaS);

inversionpalindromaF=flipud(palindromaF);

[escalatiempoFSJ fs1]=audioread('Audios/Originales/escalatiempoFSJ.wav');

disp('Estas son las frases palindromas, elija una por favor:')

disp('1. frase antes del sistema de Juan Clavijo')

disp('2. frase después del sistema de Juan Clavijo')

disp('3. frase antes del sistema de Santiago Mesa')

disp('4. frase después del sistema de Santiago Mesa')

disp('5. frase antes del sistema de Fabio Sánchez')

disp('6. frase después del sistema de Fabio Sánchez')

disp('7. volver al menú principal')

userinputp = input('opcion: ');

switch userinputp

case 1

audiowrite('Audios/Outputs/Punto2/fraseantesJuan.wav',palindromaJ,fs1);

disp('Presione cualquier tecla, para escuchar el audio')

pause

soundsc(palindromaJ,fs1)

case 2

audiowrite('Audios/Outputs/Punto2/frasedespuesJuan.wav',inversionpalindromaJ,fs1);

disp('Presione cualquier tecla, para escuchar el audio invertido (está en la carpeta Audios/Outputs/punto2)')

[inversionpalindromaJ fs1]=audioread('frasedespuesJuan.wav');

pause

soundsc(inversionpalindromaJ,fs1)

case 3

audiowrite('Audios/Outputs/Punto2/fraseantesSantiago.wav',palindromaS,fs1);

disp('Presione cualquier tecla, para escuchar el audio')

pause

soundsc(palindromaS,fs1)

case 4

audiowrite('Audios/Outputs/Punto2/frasedespuesSantiago.wav',inversionpalindromaS,fs1);

disp('Presione cualquier tecla, para escuchar el audio invertido (está en la carpeta Audios/Outputs/punto2)')

[inversionpalindromaS fs1]=audioread('frasedespuesSantiago.wav');

pause

soundsc(inversionpalindromaS,fs1)

case 5

audiowrite('Audios/Outputs/Punto2/fraseantesFabio.wav',palindromaF,fs1);

disp('Presione cualquier tecla, para escuchar el audio ')

pause

soundsc(palindromaF,fs1)

case 6

audiowrite('Audios/Outputs/Punto2/frasedespuesFabio.wav',inversionpalindromaF,fs1);

disp('Presione cualquier tecla, para escuchar el audio invertido (está en la carpeta Audios/Outputs/punto2)')

[inversionpalindromaF fs1]=audioread('frasedespuesFabio.wav');

pause

soundsc(inversionpalindromaF,fs1)

case 7

break;

end

end

% Punto 3: Desplazamiento en el tiempo

case 3

while 1

disp(' ');

[holaacaestoyJSF fs1]=audioread('Audios/Originales/holaacaestoyJSF.wav');

audioleido=holaacaestoyJSF(:,:);

N=length(audioleido);

disp('Estas son las diferentes posiciones, elija una por favor:')

disp(' ');

disp('1. escuchar la posición 1 (izquierda total)')

disp('2. escuchar la posición 2 (frontal izquierda)')

disp('3. escuchar la posición 3 (frontal total)')

disp('4. escuchar la posición 4 (frontal derecha)')

disp('5. escuchar la posición 5 (derecha total)')

disp('6. volver al menú principal')

disp(' ');

userinputptres = input('opcion: ');

switch userinputptres

case 1

%posicion 1

RetardoL=zeros(N+30,2);

RetardoL(1:N,1)=audioleido(:,1);

RetardoL(31:N+30,2)=audioleido(:,1);

disp('pulse cualquier tecla para escuchar el audio (puede encontrarlo en Audios/Outputs/Punto3)')

pause

soundsc(RetardoL,fs1)

audiowrite('Audios/Outputs/Punto3/posicion1.wav',RetardoL,fs1);

case 2

%posicion 2

RetardoLF=zeros(N+15,2);

RetardoLF(1:N,1)=audioleido(:,1);

RetardoLF(16:N+15,2)=audioleido(:,1);

disp('pulse cualquier tecla para escuchar el audio (puede encontrarlo en Audios/Outputs/Punto3)')

pause

soundsc(RetardoLF,fs1)

audiowrite('Audios/Outputs/Punto3/posicion2.wav',RetardoLF,fs1);

case 3

%posicion 3

disp('pulse cualquier tecla para escuchar el audio (puede encontrarlo en Audios/Originales)')

pause

soundsc(holaacaestoyJSF,fs1)

case 4

%posicion 4

RetardoRF=zeros(N+15,2);

RetardoRF(1:N,2)=audioleido(:,1);

RetardoRF(16:N+15,1)=audioleido(:,1);

disp('pulse cualquier tecla para escuchar el audio (puede encontrarlo en Audios/Outputs/Punto3)')

pause

soundsc(RetardoRF,fs1)

audiowrite('Audios/Outputs/Punto3/posicion4.wav',RetardoRF,fs1);

case 5

%posicion 5

RetardoR=zeros(N+30,2);

RetardoR(1:N,2)=audioleido(:,1);

RetardoR(31:N+30,1)=audioleido(:,1);

disp('pulse cualquier tecla para escuchar el audio (puede encontrarlo en Audios/Outputs/Punto3)')

pause

soundsc(RetardoR,fs1)

audiowrite('Audios/Outputs/Punto3/posicion5.wav',RetardoR,fs1);

case 6

break;

end

end

% Punto 4: Respuesta impulso de un SLIT

case 4

while 1

disp(' ');

[fraseslitFSJ fs1]= audioread('Audios/Originales/fraseslitFSJ.wav');

[impulso1 fs1]=audioread('Audios/SLITS/IMPULSO1.wav');

[impulso2 fs1]=audioread('Audios/SLITS/IMPULSO2.wav');

[impulso3 fs1]=audioread('Audios/SLITS/IMPULSO3.wav');

disp('Estas son las posibles opciones: ')

disp('1. frase después de la convolución con el SLIT 1')

disp('2. frase después de la convolución con el SLIT 2')

disp('3. frase después de la convolución con el SLIT 3')

disp('4. frase antes de pasar por los SLIT')

disp('5. volver al menú principal')

userinputpcuatro = input('opcion: ');

switch userinputpcuatro

case 1

ConvSLIT1=conv(impulso1(:,1),fraseslitFSJ(:,1));

disp('pulse cualquier tecla para escuchar el audio: (está en Audios/Outputs/Punto4)')

pause

soundsc(ConvSLIT1,fs1)

audiowrite('Audios/Outputs/Punto4/convolucion1.wav',ConvSLIT1,fs1);

case 2

ConvSLIT2=conv(impulso2(:,1),fraseslitFSJ(:,1));

disp('pulse cualquier tecla para escuchar el audio: (está en Audios/Outputs/Punto4)')

pause

soundsc(ConvSLIT2,fs1)

audiowrite('Audios/Outputs/Punto4/convolucion2.wav',ConvSLIT2,fs1);

case 3

ConvSLIT3=conv(impulso3(:,1),fraseslitFSJ(:,1));

disp('pulse cualquier tecla para escuchar el audio: (está en Audios/Outputs/Punto4)')

pause

soundsc(ConvSLIT3,fs1)

audiowrite('Audios/Outputs/Punto4/convolucion3.wav',ConvSLIT3,fs1);

case 4

disp('pulse cualquier tecla para escuchar el audio: (está en Audios/Outputs/Punto4)')

pause

soundsc(fraseslitFSJ,fs1)

disp('este audio ya está guardado en su pc en Audios/Originales')

case 5

break;

end

end

% Punto 5: Obtener la respuesta impulso de un SLIT

case 5

disp(' ');

[fraseRimpulsoFSJ fs1]= audioread('Audios/Originales/RimpulsoFSJ.wav');

[impulsoSLIT fs1] = audioread('Audios/Originales/explosion.wav');

ConvRimpulso=conv(fraseRimpulsoFSJ(:,1),impulsoSLIT(:,1));

disp('pulse cualquier tecla para escuchar el audio: (está en Audios/Outputs/Punto5')

pause

soundsc(ConvRimpulso,fs1)

audiowrite('Audios/Outputs/Punto5/ConvRimpulso.wav',ConvRimpulso,fs1);

case 6

return;

otherwise

disp('ERROR, esta no es una opción valida, digite un numero de 1 a 6!! (oprima cualquier tecla para regresar al menú principal)')

disp('Oprima cualquier tecla para regresar al menú principal')

pause

end

end

Despliegue en “Command Window”

Proyecto de aprendizaje #2

Desarrollado por: Fabio Sánchez, Santiago Mesa y Juan Clavijo

Digite "1" para ejecutar el punto número 1

Digite "2" para ejecutar el punto número 2

Digite "3" para ejecutar el punto número 3

Digite "4" para ejecutar el punto número 4

Digite "5" para ejecutar el punto número 5

Digite "6" para salir del programa

opción = 1

Estas son las velocidades disponibles, elija una por favor:

1. 0.5x

2. 0.65x

3. 0.8x

4. 1x

5. 1.20x

6. 1.35x

7. 1.5x

8. 2x

9. regresar al menú principal

Presione cualquier tecla, para escuchar el audio x1.00 (está en la carpeta Audios/Outputs/punto1)

Estas son las velocidades disponibles, elija una por favor:

1. 0.5x

2. 0.65x

3. 0.8x

4. 1x

5. 1.20x

6. 1.35x

7. 1.5x

8. 2x

9. regresar al menú principal

Proyecto de aprendizaje #2

Desarrollado por: Fabio Sánchez, Santiago Mesa y Juan Clavijo

Digite "1" para ejecutar el punto número 1

Digite "2" para ejecutar el punto número 2

Digite "3" para ejecutar el punto número 3

Digite "4" para ejecutar el punto número 4

Digite "5" para ejecutar el punto número 5

Digite "6" para salir del programa

opción = 2

Estas son las frases palíndromas, elija una por favor:

1. frase antes del sistema de Juan Clavijo

2. frase después del sistema de Juan Clavijo

3. frase antes del sistema de Santiago Mesa

4. frase después del sistema de Santiago Mesa

5. frase antes del sistema de Fabio Sánchez

6. frase después del sistema de Fabio Sánchez

7. volver al menú principal

Presione cualquier tecla, para escuchar el audio invertido (está en la carpeta Audios/Outputs/punto2)

Estas son las frases palíndromas, elija una por favor:

1. frase antes del sistema de Juan Clavijo

2. frase después del sistema de Juan Clavijo

3. frase antes del sistema de Santiago Mesa

4. frase después del sistema de Santiago Mesa

5. frase antes del sistema de Fabio Sánchez

6. frase después del sistema de Fabio Sánchez

7. volver al menú principal

Proyecto de aprendizaje #2

Desarrollado por: Fabio Sánchez, Santiago Mesa y Juan Clavijo

Digite "1" para ejecutar el punto número 1

Digite "2" para ejecutar el punto número 2

Digite "3" para ejecutar el punto número 3

Digite "4" para ejecutar el punto número 4

Digite "5" para ejecutar el punto número 5

Digite "6" para salir del programa

opción = 3

Estas son las diferentes posiciones, elija una por favor:

1. escuchar la posición 1 (izquierda total)

2. escuchar la posición 2 (frontal izquierda)

3. escuchar la posición 3 (frontal total)

4. escuchar la posición 4 (frontal derecha)

5. escuchar la posición 5 (derecha total)

6. volver al menú principal

pulse cualquier tecla para escuchar el audio (puede encontrarlo en Audios/Outputs/Punto3)

Estas son las diferentes posiciones, elija una por favor:

1. escuchar la posición 1 (izquierda total)

2. escuchar la posición 2 (frontal izquierda)

3. escuchar la posición 3 (frontal total)

4. escuchar la posición 4 (frontal derecha)

5. escuchar la posición 5 (derecha total)

6. volver al menú principal

Proyecto de aprendizaje #2

Desarrollado por: Fabio Sánchez, Santiago Mesa y Juan Clavijo

Digite "1" para ejecutar el punto número 1

Digite "2" para ejecutar el punto número 2

Digite "3" para ejecutar el punto número 3

Digite "4" para ejecutar el punto número 4

Digite "5" para ejecutar el punto número 5

Digite "6" para salir del programa

opción = 4

Estas son las posibles opciones:

1. frase después de la convolución con el SLIT 1

2. frase después de la convolución con el SLIT 2

3. frase después de la convolución con el SLIT 3

4. frase antes de pasar por los SLIT

5. volver al menú principal

pulse cualquier tecla para escuchar el audio: (está en Audios/Outputs/Punto4)

Warning: Data clipped when writing file.

Estas son las posibles opciones:

1. frase después de la convolución con el SLIT 1

2. frase después de la convolución con el SLIT 2

3. frase después de la convolución con el SLIT 3

4. frase antes de pasar por los SLIT

5. volver al menú principal

Proyecto de aprendizaje #2

Desarrollado por: Fabio Sánchez, Santiago Mesa y Juan Clavijo

Digite "1" para ejecutar el punto número 1

Digite "2" para ejecutar el punto número 2

Digite "3" para ejecutar el punto número 3

Digite "4" para ejecutar el punto número 4

Digite "5" para ejecutar el punto número 5

Digite "6" para salir del programa

opción = 5

pulse cualquier tecla para escuchar el audio: (está en Audios/Outputs/Punto5

Warning: Data clipped when writing file.

Proyecto de aprendizaje #2

Desarrollado por: Fabio Sánchez, Santiago Mesa y Juan Clavijo

Digite "1" para ejecutar el punto número 1

Digite "2" para ejecutar el punto número 2

Digite "3" para ejecutar el punto número 3

Digite "4" para ejecutar el punto número 4

Digite "5" para ejecutar el punto número 5

Digite "6" para salir del programa

opción = 6

**RESULTADOS PUNTO A PUNTO**

1. **Escalamiento en el tiempo.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Título del Audio | Longitud archivos  (# de muestras) | Tamaño (kB) |
| 0.5xescalatiempoFSJ.wav | 162728 | 636 |
| 0.65xescalatiempoFSJ.wav | 162728 | 636 |
| 0.8xescalatiempoFSJ.wav | 162728 | 636 |
| 1xescalatiempoFSJ.wav | 162728 | 636 |
| 1.35xescalatiempoFSJ.wav | 162728 | 636 |
| 1.2xescalatiempoFSJ.wav | 162728 | 636 |
| 1.5xescalatiempoFSJ.wav | 162728 | 636 |
| 2xescalatiempoFSJ.wav | 162728 | 636 |

1. **Inversión en tiempo.** 
   1. Descripción subjetiva:

En forma normal el audio se escucha natural, ya que no hubo modificaciones a la señal, cuando fue reproducido al revés, se entendió lo que decía el audio, pero ya que la pronunciación de la oración se invierte es decir cuando se empieza a decir una palabra la señal se atenúa y cuando termina la señal se amplía se produce el efecto en que escuchamos raro el audio.

1. **Desplazamiento en el tiempo.**
   1. Descripción subjetiva:

Para el primer canal hubo un tiempo de retardo de 30 muestras con valor 0 antes que iniciara de la señal, el equivalente para estas muestras por regla de 3 en tiempo es de 0.625ms ya que la frecuencia de muestreo es de 48000 Hz, la atenuación de la señal corresponde al cociente del valor de salida sobre el valor inicial del número de muestras, este sería de 80529/80499 dando una atenuación de: 1.0004

Para el segundo canal hubo un tiempo de retardo de 15 muestras con valor 0 antes que iniciara de la señal, el equivalente para estas muestras por regla de 3 en tiempo es de 0.312ms ya que la frecuencia de muestreo es de 48000 Hz, la atenuación de la señal corresponde al cociente del valor de salida sobre el valor inicial del número de muestras, este sería de 80514/80499 dando una atenuación de: 1.0002.

Para el tercer canal no hubo un tiempo de retardo, por lo tanto, la atenuación de la señal corresponde al cociente del valor de salida sobre el valor inicial del número de muestras, pero como estos dos valores son iguales este sería de 80499/80499 dando una atenuación de: 1.00, que se traduce como si no hubiera atenuación.

Para el cuarto canal hubo un tiempo de retardo de 15 muestras con valor 0 después que terminara la señal, el equivalente para estas muestras por regla de 3 en tiempo es de 0.312ms ya que la frecuencia de muestreo es de 48000 Hz, la atenuación de la señal corresponde al cociente del valor de salida sobre el valor inicial del número de muestras, este sería de 80514/80499 dando una atenuación de: 1.0002.

Para el quinto canal hubo un tiempo de retardo de 30 muestras con valor 0 después que terminara la señal, el equivalente para estas muestras por regla de 3 en tiempo es de 0.625ms ya que la frecuencia de muestreo es de 48000 Hz, la atenuación de la señal corresponde al cociente del valor de salida sobre el valor inicial del número de muestras, este sería de 80529/80499 dando una atenuación de: 1.0004

1. **Respuesta impulso de un SLIT**
   1. Descripción subjetiva:

Para este punto los diferentes audios logran ser entendibles, aunque claramente dan la sensación de estar hechos en distintos lugares de donde realmente fueron hechos, por ejemplo, para el primer SLIT pareciera que este sonido hubiera sido grabado bajo el agua, para el segundo se escucha como si se estuviera en un gran teatro vacío, dando la sensación de un gran eco y finalmente para el tercero se escucha como si se estuviera diciendo el audio a través de un tubo generando otro tipo de eco.

1. **Obtener la respuesta impulso de un SLIT**
   1. Descripción del lugar:

Estudio de la casa de Juan Sebastián Clavijo.

* 1. Descripción subjetiva:

En la convolución con un impulso recreado con una bomba, al pasar la señal por la SLIT se escucha el audio como si se encontrara en una cueva, es decir con un poco de eco y también reverberación, aunque no es mucha.

Ya que los audios al ser grabados en interiores poseían también estos factores.

**Agradecimientos:** Como nunca pueden faltar los agradecimientos, agradecemos al profesor Jairo Alberto Hurtado, por enseñarnos durante sus clases el manejo de Matlab y proponer un proyecto de aprendizaje para sus estudiantes con fines de aprendizaje, también agradecemos a nuestros monitores Sebastián Camilo Mariño y Juan Pablo Zuluaga por tener la paciencia de enseñarnos la interfaz de la aplicación y hacernos comentarios para hacer más ameno el código. ¡GRACIAS!