TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE HUIXQUILUCAN

Álgebra Lineal

Dr. Ildebrando Pérez Reyes

MAPLE posee una herramienta muy poderosa para la materia de Álgebra Lineal. Esta es LinearAlgebra y se encuentra disponible en dos modalidades

- Para el usuario experto: **LinearAlgebra**
- Para el estudiante: **Student[LinearAlgebra]**

Para cargar la paquetería, se usa el siguiente comaando:

```
> with(Student[LinearAlgebra]);
```

[&x, `.`, AddRow, AddRows, Adjoint, ApplyLinearTransformPlot, BackwardSubstitute, BandMatrix, Basis, BilinearForm, CharacteristicMatrix, CharacteristicPolynomial, ColumnDimension, ColumnSpace, CompanionMatrix, ConstantMatrix, ConstantVector, CrossProductPlot, Determinant, Diagonal, DiagonalMatrix, Dimension, Dimensions, EigenPlot, EigenPlotTutor, Eigenvalues, EigenvaluesTutor, Eigenvectors, EigenvectorsTutor, Equal, GaussJordanEliminationTutor, GaussianElimination, **(1)** *GaussianEliminationTutor, GenerateEquations, GenerateMatrix, GramSchmidt, HermitianTranspose, Id, IdentityMatrix, IntersectionBasis, InverseTutor, IsDefinite, IsOrthogonal, IsSimilar, IsUnitary, JordanBlockMatrix, JordanForm, LUDecomposition, LeastSquares, LeastSquaresPlot, LinearSolve, LinearSolveTutor, LinearSystemPlot, LinearSystemPlotTutor, LinearTransformPlot, LinearTransformPlotTutor, MatrixBuilder, MinimalPolynomial, Minor, MultiplyRow, Norm, Normalize, NullSpace, Pivot, PlanePlot, ProjectionPlot, QRDecomposition, RandomMatrix, RandomVector, Rank, ReducedRowEchelonForm, ReflectionMatrix, RotationMatrix, RowDimension, RowSpace, SetDefault, SetDefaults, SumBasis, SwapRow, SwapRows, Trace, Transpose, UnitVector, VectorAngle, VectorSumPlot, ZeroMatrix, ZeroVector*]

En donde se puede ver que la gran cantidad de operaciones que se pueden hacer es bastante amplia.

Número complejos

El manejo de números complejos resulta simple. Primero hay que tener en cuenta que el número imaginario *i* en MAPLE se escribe **I**.

Por ejemplo un número complejo cualquiera se escribe como

```
> nc00:= 5 + 2*I;
```

$$nc00 := 5 + 2\,\mathrm{I} \tag{1.1}$$

y si quisieramos calcular su complejo conjugado usamos el comando **conjugate** como sigue

```
> cnc00:= conjugate(nc00);
```

$$cnc00 := 5 - 2\,\mathrm{I} \tag{1.2}$$

Si quisieramos calcular la parte real de un número complejo usamos **Re** y **Im** para la parte imaginaria

```
> Re(nc00);
```

$$5 \tag{1.3}$$

```
> Im(nc00);
```

$$2 \tag{1.4}$$

Y si deseamos separa en parte real e imaginaria usamos **evalc**

```
> evalc(cnc00*nc00^2);
```

$$145 + 58\,\mathrm{I} \tag{1.5}$$

Para convertir números complejos a su forma polar usamos el comando **convert** como sigue

```
> convert(nc00, polar);
```

$$\mathrm{polar}\left(\sqrt{29}, \arctan\left(\frac{2}{5}\right)\right) \tag{1.6}$$

```
> convert(cnc00, polar);
```

(1.7)

$$\mathrm{polar}\left(\sqrt{29}, -\arctan\left(\frac{2}{5}\right)\right) \qquad (1.7)$$

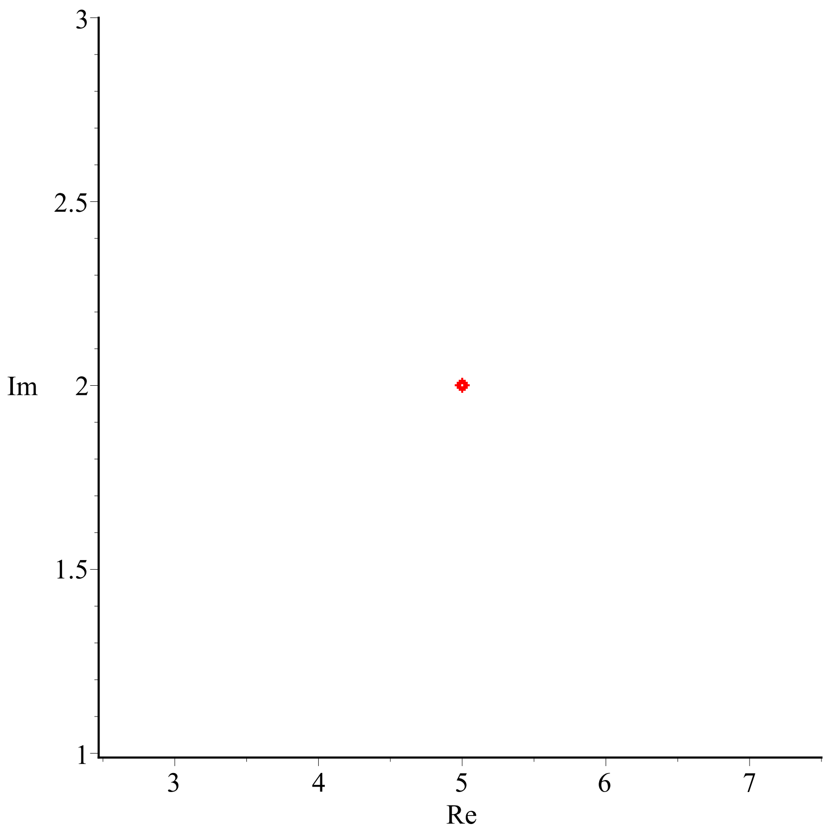
También se puede calcular el módulo de un número complejo con el comando **abs**

```
> abs(nc00);
```

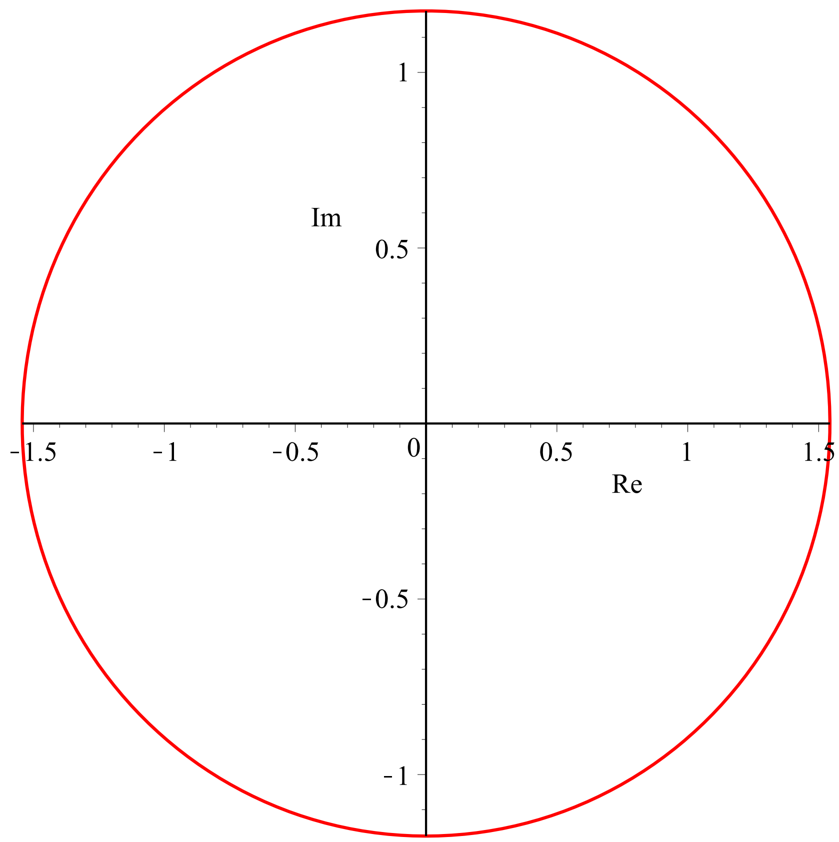
$$\sqrt{29} \qquad (1.8)$$

Para graficar números complejos se usa el comando **complexplot**

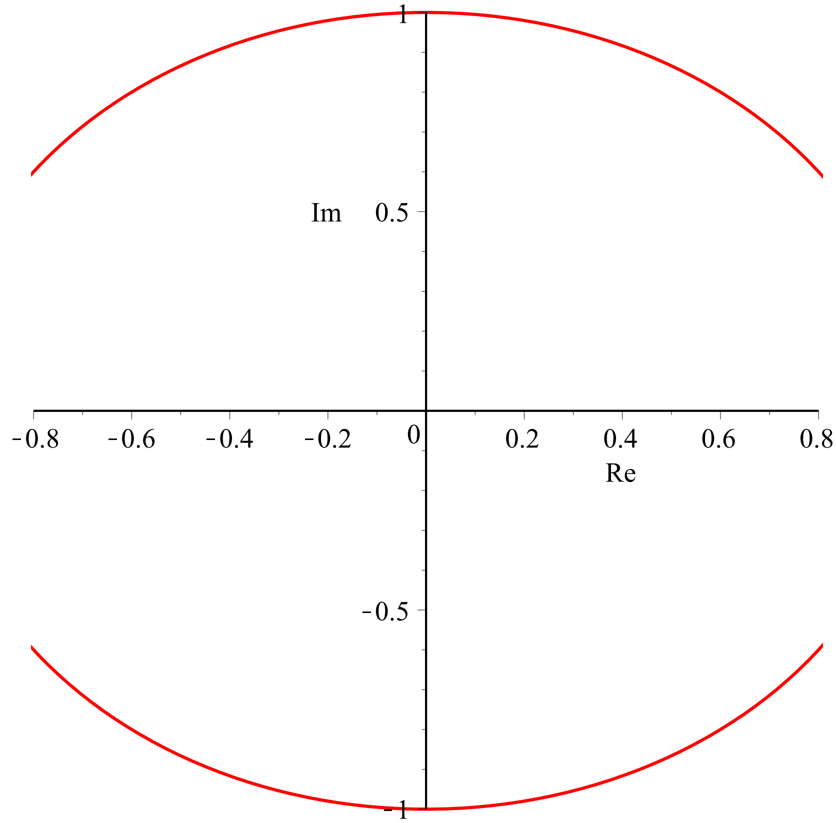
```
> with(plots):
> complexplot(nc00,x=0..10, style=point, labels=["Re", "Im"]);
```




```
> complexplot(sin(x+I),x=-Pi..Pi, labels=["Re", "Im"]);
```




```
> complexplot(cos+sin*I, -Pi..Pi, -0.8..0.8, -1..1, labels=["Re",
  "Im"]);
```



Vectores, matrices y determinantes

La paquetería de álgebra lineal permite escribir vectores para realizar diversas operaciones. Como es sabido es posible escribir:

- Vectores columna
- Vectores fila

Consideremos escribir primero vectores columna primero

```
> vc00:= <1,2,3,4>;
```

$$vc00 := \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{bmatrix} \tag{2.1}$$

y ahora consideremos escribir un vector fila

```
> vf00:= <1|2|3|4>;
```

$$vf00 := \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \end{bmatrix} \tag{2.2}$$

La matrices pueden ser escritas o construidas de diferentes maneras. Veamos

Modo 1. Escribir una matriz de 3x2 **considerando filas**

```
> <a,b;c,d;e,f>;
```

$$\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \\ e & f \end{bmatrix} \tag{2.3}$$

Modo 2. Escribir una matriz de 2x3 **considerando columnas**

```
> <a,b|c,d|e,f>;
```

$$\begin{bmatrix} a & c & e \\ b & d & f \end{bmatrix} \tag{2.4}$$

Modo 3. Escribir una matriz de 2x3 **considerando vectores columna**

```
> <<1,2>|<3,4>|<5,6>>;
```

$$\begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 2 & 4 & 6 \end{bmatrix} \tag{2.5}$$

Modo 4. Escribir una matriz de 2x3 **considerando vectores fila**

```
> <<a|b>,<c|d>,<e|f>>;
```

$$\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \\ e & f \end{bmatrix} \tag{2.6}$$

Acerca de las operaciones que se pueden hacer en MAPLE se tiene. Dadas 2 matrices A y B,

- A + B   suma de matrices
- A . B   producto punto o multiplicación
- x * A   multiplicación de un escalar por una matriz
- A * x   multiplicación de una matriz por un escalar
- A ^ n   potencias enteras de una matriz cuadrada A
- A ^ +   traspuesta de una matriz o vector
- Transpose(A)   traspuesta de una matriz o vector

• v &x w   producto cruz

Algunos ejemplos se dan a continuación

```
> A := <<1,2>|<3,4>|<5,6>>;
```

$$A := \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 2 & 4 & 6 \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

veamos la suma con un escalar

```
> A + 1;
```

$$\begin{bmatrix} 2 & 3 & 5 \\ 2 & 5 & 6 \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

Con otra matriz

```
> B := <<a,b>|<c,d>>;
```

$$B := \begin{bmatrix} a & c \\ b & d \end{bmatrix} \quad (2.9)$$

```
> B.A;
```

$$\begin{bmatrix} a+2c & 3a+4c & 5a+6c \\ b+2d & 3b+4d & 5b+6d \end{bmatrix} \quad (2.10)$$

```
> A.B;
Error, (in LinearAlgebra:-Multiply) first matrix column dimension (3) <> second matrix row dimension (2)
```

Calculemos la traspuesta

```
> A^+;
```

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

Calculemos la inversa de B

```
> B^(-1);
```

$$\begin{bmatrix} \frac{d}{ad-bc} & -\frac{c}{ad-bc} \\ -\frac{b}{ad-bc} & \frac{a}{ad-bc} \end{bmatrix} \quad (2.12)$$

Consideremos el siguiente vector

```
> v := <1,0,-1>;
```

$$v := \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix} \quad \textbf{(2.13)}$$

y ahora el producto punto de A y v

```
> A . v;
```

$$\begin{bmatrix} -4 \\ -4 \end{bmatrix} \quad \textbf{(2.14)}$$

Calculemos también la traspuesta de v

```
> v^+;
```

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \textbf{(2.15)}$$

Consideremos otro par de matrices para realizar la siguiente operación

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & -3 \\ 4 & 0 & 2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -1 & 6 & 3 \\ 8 & 12 & 14 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 8 & 0 \\ 12 & 12 & 16 \end{pmatrix}$$

```
> A1:= <<1,4>|<2,0>|<-3,2>>;
  B1:= <<-1,8>|<6,12>|<3,14>>;
```

$$A1 := \begin{bmatrix} 1 & 2 & -3 \\ 4 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

$$B1 := \begin{bmatrix} -1 & 6 & 3 \\ 8 & 12 & 14 \end{bmatrix} \quad \textbf{(2.16)}$$

```
> A1+B1;
```

$$\begin{bmatrix} 0 & 8 & 0 \\ 12 & 12 & 16 \end{bmatrix} \quad \textbf{(2.17)}$$

Consideremos ahora el siguiente ejercicio

Let

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 & 1 \\ 4 & 1 & 6 & 2 \end{pmatrix} \quad \text{and} \quad \mathbf{B} = \begin{pmatrix} -1 & 8 \\ 2 & 1 \\ 1 & 1 \\ 12 & 6 \end{pmatrix}.$$

Since $\mathbf{A}$ is 2×4 and $\mathbf{B}$ is 4×2, $\mathbf{AB}$ is defined and is a 2×2 matrix:

$$\mathbf{AB} = \begin{pmatrix} (1,1,2,1)\cdot(-1,2,1,12) & (1,1,2,1)\cdot(8,1,1,6) \\ (4,1,6,2)\cdot(-1,2,1,12) & (4,1,6,2)\cdot(8,1,1,6) \end{pmatrix}$$
$$= \begin{pmatrix} 15 & 17 \\ 28 & 51 \end{pmatrix}.$$

```
> A2:= <<1,4>|<1,1>|<2,6>|<1,2>>;
  B2:= <<-1,2,1,12>|<8,1,1,6>>;
```

$$A2 := \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 & 1 \\ 4 & 1 & 6 & 2 \end{bmatrix}$$

$$B2 := \begin{bmatrix} -1 & 8 \\ 2 & 1 \\ 1 & 1 \\ 12 & 6 \end{bmatrix} \tag{2.18}$$

```
> A2.B2;
```

$$\begin{bmatrix} 15 & 17 \\ 28 & 51 \end{bmatrix} \tag{2.19}$$

```
> B2.A2;
```

$$\begin{bmatrix} 31 & 7 & 46 & 15 \\ 6 & 3 & 10 & 4 \\ 5 & 2 & 8 & 3 \\ 36 & 18 & 60 & 24 \end{bmatrix} \tag{2.20}$$

Si quisieramos calcular el determinante de B2 . A2, tenemos

```
> Determinant(B2.A2);
```

$$0 \tag{2.21}$$

```
> Determinant(A2.B2);
```

$$289 \tag{2.22}$$

Con MAPLE se pueden construir diferentes tipos de matrices.

Matriz de constantes

Consiste de constantes definidas por el usuario. La sintaxis es **ConstantMatrix(s,r,c)** en donde **s** es la connstante a repetirse, **r** el número de filas y **s** el número de columnas.

construyamos una matriz que contenga solamente números 8, de 4 filas y 6 columnas. Entonces,

```
> ConstantMatrix(10,4,4);
```

$$\begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 & 10 \\ 10 & 10 & 10 & 10 \\ 10 & 10 & 10 & 10 \\ 10 & 10 & 10 & 10 \end{bmatrix} \quad \textbf{(2.23)}$$

```
> ConstantMatrix(4,5,2);
```

$$\begin{bmatrix} 4 & 4 \\ 4 & 4 \\ 4 & 4 \\ 4 & 4 \\ 4 & 4 \end{bmatrix} \quad \textbf{(2.24)}$$

```
> ConstantVector[row](x,4);
```

$$\begin{bmatrix} x & x & x & x \end{bmatrix} \quad \textbf{(2.25)}$$

```
> ConstantVector[column](x,4);
```

$$\begin{bmatrix} x \\ x \\ x \\ x \end{bmatrix} \quad \textbf{(2.26)}$$

Matriz identidad

Definida como

DEFINITION 7.7 *Identity Matrix*

The $n \times n$ identity matrix is the matrix $\mathbf{I}_n$ having each i, j element equal to zero if $i \neq j$, and each $i, i-$ element equal to 1.

Para escribir esta matriz se usa el comando **IdentityMatrix(c)** ó **Id(c)** en donde **c** indica el tamaño de la matriz

```
> IdentityMatrix(4);
```

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \textbf{(2.27)}$$

```
> IdentityMatrix(3);
```

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \textbf{(2.28)}$$

```
> Id(3);
```

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \textbf{(2.29)}$$

```
> <<1,2>|<3,4>> - t * Id(2);
```

$$\begin{bmatrix} 1-t & 3 \\ 2 & 4-t \end{bmatrix} \quad \textbf{(2.30)}$$

Matriz arbitraria

Se trata de una matriz de elementos arbitrarios y se construye como sigue

```
> RandomVector(2);
```

$$\begin{bmatrix} 99 \\ 29 \end{bmatrix} \quad \textbf{(2.31)}$$

```
> RandomVector[row](6);
```

$$\begin{bmatrix} -32 & -74 & -4 & 27 & 8 & 69 \end{bmatrix} \quad \textbf{(2.32)}$$

```
> RandomVector[column](6);
```

$$\begin{bmatrix} 57 \\ 27 \\ -93 \\ -76 \\ -72 \\ -2 \end{bmatrix} \quad \textbf{(2.33)}$$

```
> BB22:= RandomMatrix(3,4);
```

(2.34)

$$BB22 := \begin{bmatrix} -95 & 51 & 24 & 20 \\ -20 & 76 & 65 & -61 \\ -25 & -44 & 86 & -48 \end{bmatrix} \tag{2.34}$$

Vector Unitario

Para construir un vector unitario se hace como sigue

```
> UnitVector(4,5);
```

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \tag{2.35}$$

```
> UnitVector[row](1,3);
```

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \tag{2.36}$$

Matriz cero

Considérese los siguientes ejemplo

```
> ZeroMatrix(4);
```

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \tag{2.37}$$

```
> ZeroVector[row](3);
```

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \tag{2.38}$$

```
> ZeroVector(2);
```

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \tag{2.39}$$

Eigenvalores, valores propios, autovalores, valores característicos, etc.

Para el cálculo de valores propios, MAPLE posee una serie de herramientas bastante simples.

Consideremos primero en obtener una matriz característica para la matriz A3,

```
> A3 := <<1,2,3>|<1,2,3>|<1,5,6>>;
```

$$A3 := \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 5 \\ 3 & 3 & 6 \end{bmatrix} \tag{3.1}$$

entonces usamos el comando **CharacteristicMatrix(matriz,parámetro)**

```
> CA3:= CharacteristicMatrix(A3,eta);
```

$$CA3 := \begin{bmatrix} \eta - 1 & -1 & -1 \\ -2 & \eta - 2 & -5 \\ -3 & -3 & \eta - 6 \end{bmatrix} \tag{3.2}$$

en donde se escogió σ como parámetro. Y como resulta obvio para obtener una ecuación característica para σ, se calcula el determinante de CA3 como sigue

```
> Determinant(CA3)=0;
```

$$\eta^3 - 9\,\eta^2 = 0 \tag{3.3}$$

Por otro lado, una forma corta de calcular polinomio característico es como se muestra

```
> CharacteristicPolynomial(A3,sigma)=0;
```

$$\sigma^3 - 9\,\sigma^2 = 0 \tag{3.4}$$

El cálculo de los valores propios es con el comando **Eigenvalues** como sigue

```
> Eigenvalues(A3);
  Eigenvectors(A3);
```

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 9 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 9 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} -1 & 0 & \frac{2}{9} \\ 1 & 0 & \frac{7}{9} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \tag{3.5}$$

```
> A4 := <<1,3>|<3,-2>>;
```

$$A4 := \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 3 & -2 \end{bmatrix} \tag{3.6}$$

```
> Eigenvalues(A4);
  Eigenvectors(A4);
```

$$\left[\begin{array}{c} -\frac{1}{2}+\frac{3}{2}\sqrt{5} \\ -\frac{1}{2}-\frac{3}{2}\sqrt{5} \end{array}\right]$$

$$\left[\begin{array}{c} -\frac{1}{2}+\frac{3}{2}\sqrt{5} \\ -\frac{1}{2}-\frac{3}{2}\sqrt{5} \end{array}\right], \left[\begin{array}{cc} \frac{3}{-\frac{3}{2}+\frac{3}{2}\sqrt{5}} & \frac{3}{-\frac{3}{2}-\frac{3}{2}\sqrt{5}} \\ 1 & 1 \end{array}\right] \tag{3.7}$$

Con respecto a las herramientas interactivas, se cuenta con un tutor para graficar los valores propios.

```
> EigenPlotTutor( A4 );
> EigenPlotTutor( A3 );
```

y además, se tiene un tutor para calcular valores propios

```
> EigenvaluesTutor( A4 );
```

$$\left[\begin{array}{c} -\frac{1}{2}+\frac{3}{2}\sqrt{5} \\ -\frac{1}{2}-\frac{3}{2}\sqrt{5} \end{array}\right] \tag{3.8}$$

```
> EigenvectorsTutor( A4 );
```

$$\left\{\left[\begin{array}{c} \frac{3}{-\frac{3}{2}-\frac{3}{2}\sqrt{5}} \\ 1 \end{array}\right], \left[\begin{array}{c} \frac{3}{-\frac{3}{2}+\frac{3}{2}\sqrt{5}} \\ 1 \end{array}\right]\right\} \tag{3.9}$$

Sistemas de ecuaciones lineales

Primero que nada, se puede explorar la graficación de sistemas de ecuaciones. Para ello MAPLE cuenta con **LinearSystemPlot** que además de graficar resuelve el sistema

```
> infolevel[Student[LinearAlgebra]] := 2;#ESTE COMANDO SIRVE PARA
  MOSTRAR INFORMACIÓN
```

$$infolevel_{Student:-LinearAlgebra} := 2 \tag{4.1}$$

Consideremos el siguiente sistema de ecuaciones de dos incógnitas

```
> ec10:= x + 2*y = 1;
  ec20:= x - y = 2;
```

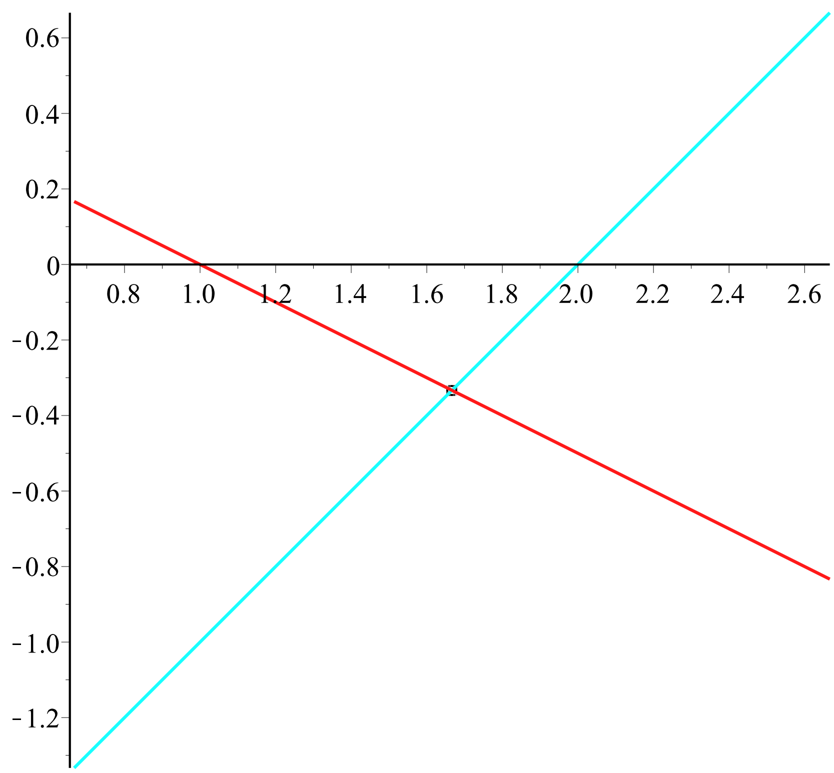
$$ec10 := x + 2\,y = 1$$

$$ec20 := x - y = 2 \tag{4.2}$$

```
> sys00:= {ec10,ec20};
```

$$sys00 := \{x - y = 2, x + 2\,y = 1\} \tag{4.3}$$

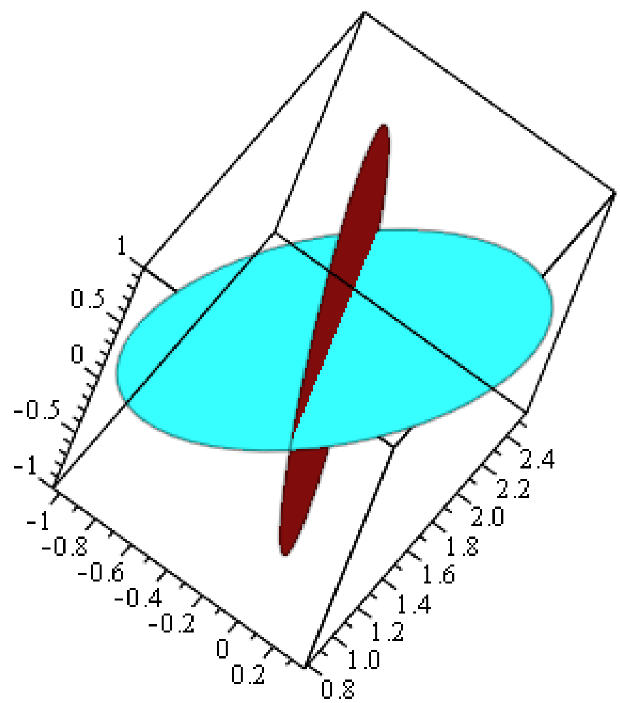
```
> LinearSystemPlot( sys00 );
The solution is the point <1.667, -.3333>
```



A system of linear equations

Consideremos la siguiente vista en 3D

```
> LinearSystemPlot( sys00, [x,y,z], orientation=[60,60] );
The solution is the line <1.667, -.3333, 0.> + t * <0., 0., 1.
>
```



A system of linear equations

Consideremos ahora la solución de sistemas de ecuaciones lineales.

Sustitución en reversa

Este es un paso final usado después del método de eliminación de Gauss. Veamos, consideremos la siguiente matriz

```
> A5:= <<2,4,-1>|<4,-2,-2>|<0,2,5>>;
```

$$A5 := \begin{bmatrix} 2 & 4 & 0 \\ 4 & -2 & 2 \\ -1 & -2 & 5 \end{bmatrix} \tag{4.4}$$

```
> GenerateEquations(A5,[x1,x2,x3],<4,-5,-5>);
```

$$[2\,x1 + 4\,x2 = 4,\ 4\,x1 - 2\,x2 + 2\,x3 = -5,\ -x1 - 2\,x2 + 5\,x3 = -5] \tag{4.5}$$

y aplicaremos el método de eliminación de Gauss

```
> GE_A5 := GaussianElimination(A5);
```

$$GE\_A5 := \begin{bmatrix} 2 & 4 & 0 \\ 0 & -10 & 2 \\ 0 & 0 & 5 \end{bmatrix} \tag{4.6}$$

```
> GenerateEquations(GE_A5,[x1,x2,x3],<4,-5,-5>);
```

$$[2\,x1 + 4\,x2 = 4,\ -10\,x2 + 2\,x3 = -5,\ 5\,x3 = -5] \tag{4.7}$$

y usando la sustitución en reversa,

```
> BackwardSubstitute(GE_A5,<4,-5,-5>);
```

$$\begin{bmatrix} \frac{7}{5} \\ \frac{3}{10} \\ -1 \end{bmatrix} \tag{4.8}$$

Eliminación Gaussiana

Consideremos un ejemplo ya que conocemos el comando:

```
> A6:= <<8,3,-1,-5>|<4,-5,0,-2>|<-5,8,3,-1>|<-5,5,-4,-9>>;
```

$$A6 := \begin{bmatrix} 8 & 4 & -5 & -5 \\ 3 & -5 & 8 & 5 \\ -1 & 0 & 3 & -4 \\ -5 & -2 & -1 & -9 \end{bmatrix} \tag{4.9}$$

```
> GaussianElimination(A6);
```

$$\begin{bmatrix} 8 & 4 & -5 & -5 \\ 0 & -\frac{13}{2} & \frac{79}{8} & \frac{55}{8} \\ 0 & 0 & \frac{163}{52} & -\frac{213}{52} \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{2607}{163} \end{bmatrix} \tag{4.10}$$

y ahora con el asistente

```
> GaussianEliminationTutor( A6 );
```

(4.11)

$$\begin{bmatrix} 8 & 4 & -5 & -5 \\ 0 & -\frac{13}{2} & \frac{79}{8} & \frac{55}{8} \\ 0 & 0 & \frac{163}{52} & -\frac{213}{52} \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{2607}{163} \end{bmatrix} \quad \textbf{(4.11)}$$

otro ejemplo

```
> A7 := <<1,2,0>|<2,3,2>|<0,2,1>|<3,5,5>>;
```

$$A7 := \begin{bmatrix} 1 & 2 & 0 & 3 \\ 2 & 3 & 2 & 5 \\ 0 & 2 & 1 & 5 \end{bmatrix} \quad \textbf{(4.12)}$$

```
> v7 := <5,4,2>;
```

$$v7 := \begin{bmatrix} 5 \\ 4 \\ 2 \end{bmatrix} \quad \textbf{(4.13)}$$

```
> GaussianEliminationTutor( A7,v7 );
```

$$\begin{bmatrix} 1 + \frac{7}{5}\, t \\ 2 - \frac{11}{5}\, t \\ -2 - \frac{3}{5}\, t \\ t \end{bmatrix} \quad \textbf{(4.14)}$$

Eliminación de Gauss-Jordan

Consideremos los mismos problemas pero ahora con el asistente

```
> GaussJordanEliminationTutor( A7 );
```

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -\frac{7}{5} \\ 0 & 1 & 0 & \frac{11}{5} \\ 0 & 0 & 1 & \frac{3}{5} \end{bmatrix} \quad \textbf{(4.15)}$$

```
> GaussJordanEliminationTutor( A7,v7 );
```

$$\begin{bmatrix} 1+\frac{7}{5}t \\ 2-\frac{11}{5}t \\ -2-\frac{3}{5}t \\ t \end{bmatrix} \quad (4.16)$$

```
> ###########
> A723:= RandomMatrix(5,5);
```

$$A723 := \begin{bmatrix} -15 & 10 & -83 & 10 & -4 \\ 2 & -44 & 9 & -61 & 5 \\ -88 & 26 & 88 & -26 & -91 \\ 99 & -3 & 95 & -20 & -44 \\ -59 & -62 & 63 & -78 & -38 \end{bmatrix} \quad (4.17)$$

```
> GaussJordanEliminationTutor(A723);
```

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.18)$$

LinearSolveTutor

Consideremos el mismo problema

```
> LinearSolveTutor( A7 );
```

$$\begin{bmatrix} -\frac{7}{5} \\ \frac{11}{5} \\ \frac{3}{5} \end{bmatrix} \quad (4.19)$$

```
> LinearSolveTutor( A7,v7 );
```

LinearSystemPlot

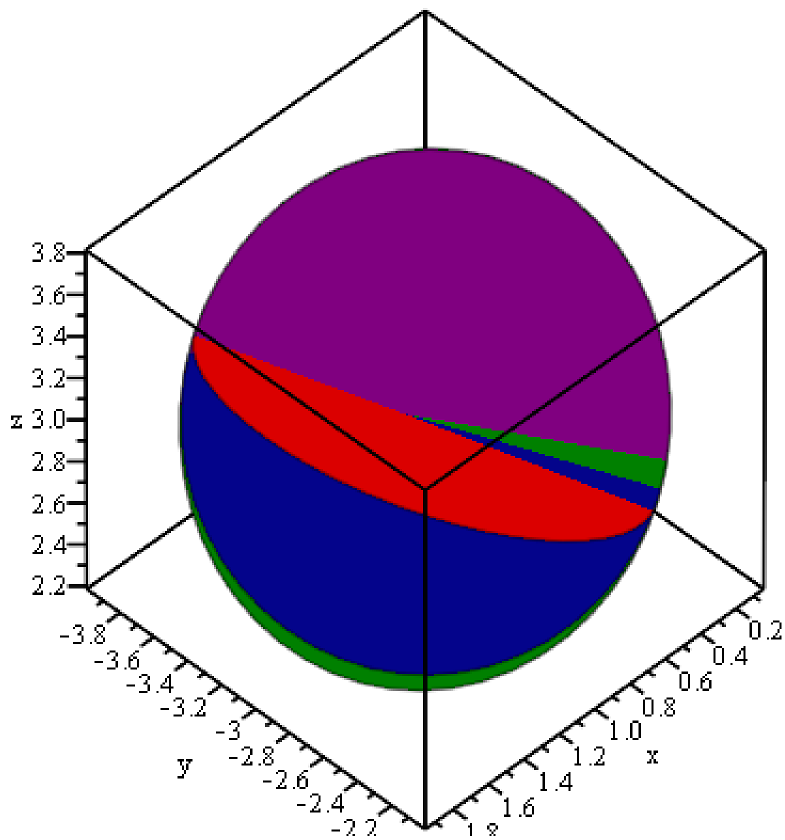
Consideremos el siguiente asistente para graficar sistemas lineales,

```
> A8 := <<2,-2,-18,-52>|<0,-3,-18,-51>|<-4,-6,-20,-52>|<-10,-11,
```

```
-24,-55>>;
```

$$A8 := \begin{bmatrix} 2 & 0 & -4 & -10 \\ -2 & -3 & -6 & -11 \\ -18 & -18 & -20 & -24 \\ -52 & -51 & -52 & -55 \end{bmatrix} \quad \textbf{(4.20)}$$

```
> LinearSystemPlotTutor( A8 );
```




```
>
```