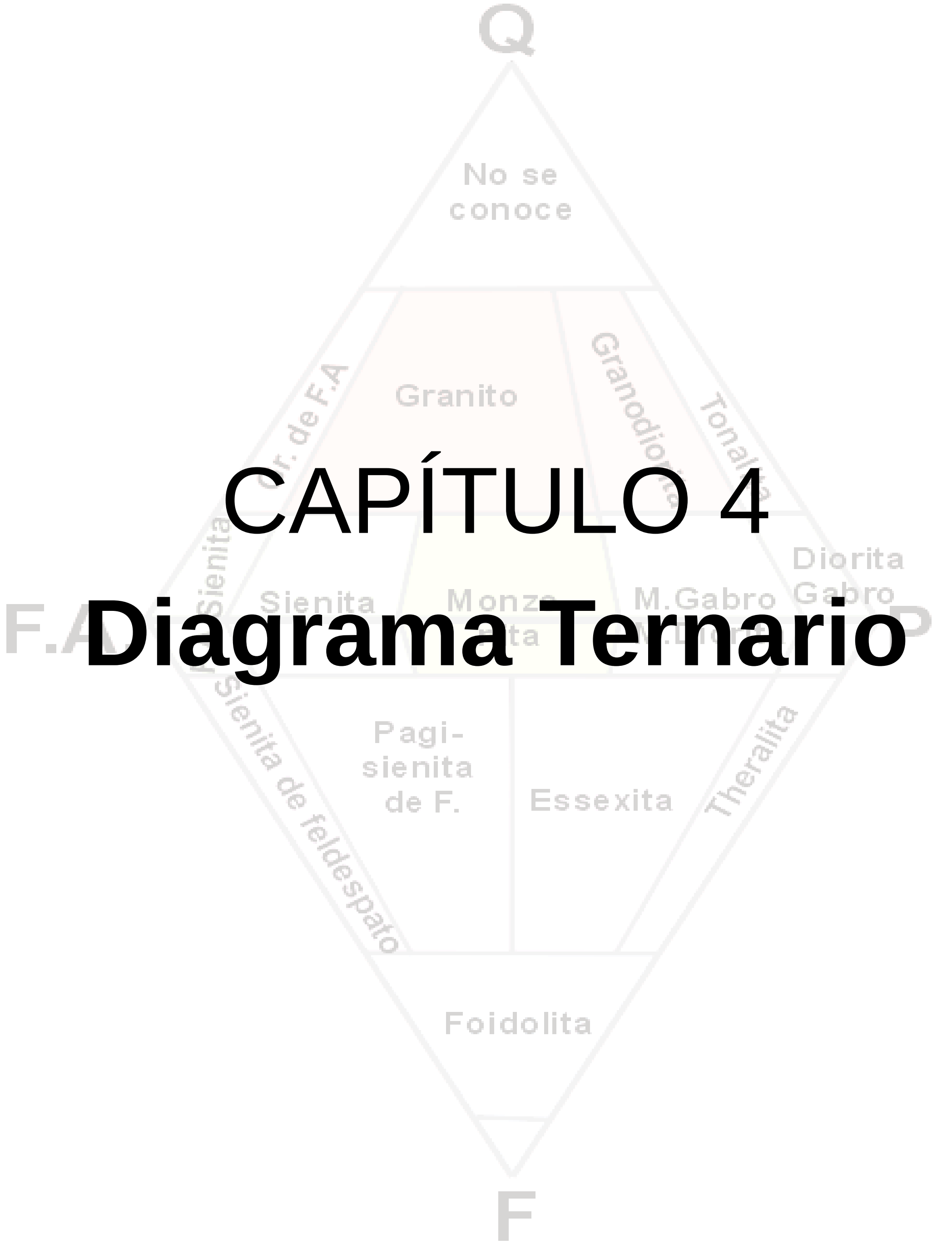
# CAPÍTULO 4

# **Diagrama Ternario**



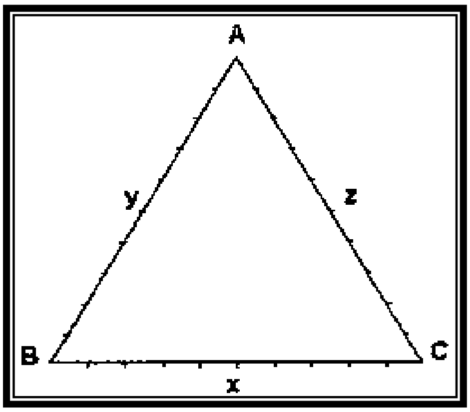
# 4. Diagrama Ternario

## 4.1 ¿Qué es el “Diagrama Ternario”?

A continuación se muestra una aplicación que es con la cual se comenzó esta tesis. Esta aplicación originalmente se programo en Matlab sobre plataforma Windows y posteriormente con Scilab para plataforma Linux.

Esta aplicación es de uso común en la Geología para la clasificación de diferentes tipos de rocas, en este trabajo sólo se realiza el Diagrama Ternario para la clasificación de algunas rocas. Se conoce en internet y en algunos libros como “Diagrama de Streckeisen”, “Diagrama triangular”, “Diagrama QAPF”, “Diagrama Ternario doble”, para fines más prácticos se utiliza el nombre de “Diagrama Ternario” en este trabajo. Ahora se explica un poco acerca del funcionamiento de los diagramas ternarios.

Los diagramas ternarios son la representación gráfica de las posibles relaciones o combinaciones entre tres elementos. Indican la distribución de tres variables o componentes diferentes y consisten en la unión de tres diagramas binarios en los que las variables se repiten dos a dos. Permiten trabajar con dos tipos de condiciones entre las variables: condiciones de proporción y condiciones de relación. Esto repercute en el tipo de líneas que configuran el gráfico. La figura 4.1 muestra un Diagrama Ternario en el que cada vértice representa el 100% de la variable en él indicada y las bases opuestas el 0% de la misma. Cada uno de los lados, considerados individualmente, constituye un Diagrama binario. Los puntos situados en las líneas que configuran los lados del triángulo indican que en la composición total sólo hay dos de los tres componentes: aquéllos que son los vértices del Diagrama binario al que pertenezca el punto.




Los puntos interiores del triángulo indican la mezcla de los tres componentes: A, B, y C.
Los puntos de la línea x indican un 0% de A, el 100% lo componen B+C.
Los puntos de la línea y indican un 0% de C, el 100% lo forman A+B.
Los puntos de la línea z indican un 0% de B, el 100% está compuesto por A+C.

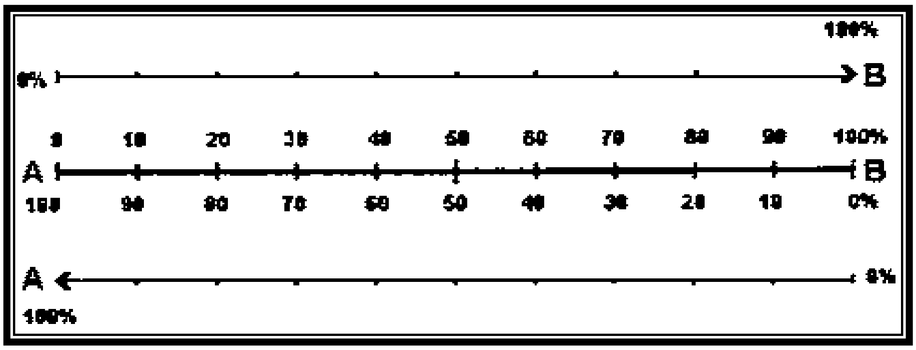
Figura 4.1 Diagrama Ternario, obtenida de:
http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21381/93337

Existen numerosas aplicaciones de los diagramas ternarios: clasificaciones de rocas sedimentarias, de rocas ígneas, diagramas de tres componentes o de estabilidad para rocas metamórficas y los diagramas de n variantes, usados en petrogénesis.

La clasificación de Streckeisen para las rocas ígneas es quizás el Diagrama triangular más conocido a nivel docente, por aparecer en numerosos libros de Geología. A pesar de su implantación(o quizás debido a ella), la bibliografía existente presupone el conocimiento del uso de tales diagramas y no suele entrar en la explicación de los mismos. Pocos autores introducen en sus obras alguna indicación sobre su mecánica. Estas clasificaciones resultan incomprensibles para los alumnos si antes no dominan el funcionamiento de los diagramas; su racionalidad y utilidad se pierde si no entienden su génesis.

### 4.1.1 Diagramas binarios

Los diagramas binarios son la representación gráfica de las posibles combinaciones porcentuales entre dos variables, oscilando cada una de ellas entre el 0 y el 100% (Fig.4.2). Consisten en una línea recta que presenta en cada extremo una variable; la proporción de la misma presente en la mezcla varía entre el 100% de la misma en su extremo y el 0% en el extremo correspondiente a la otra variable.

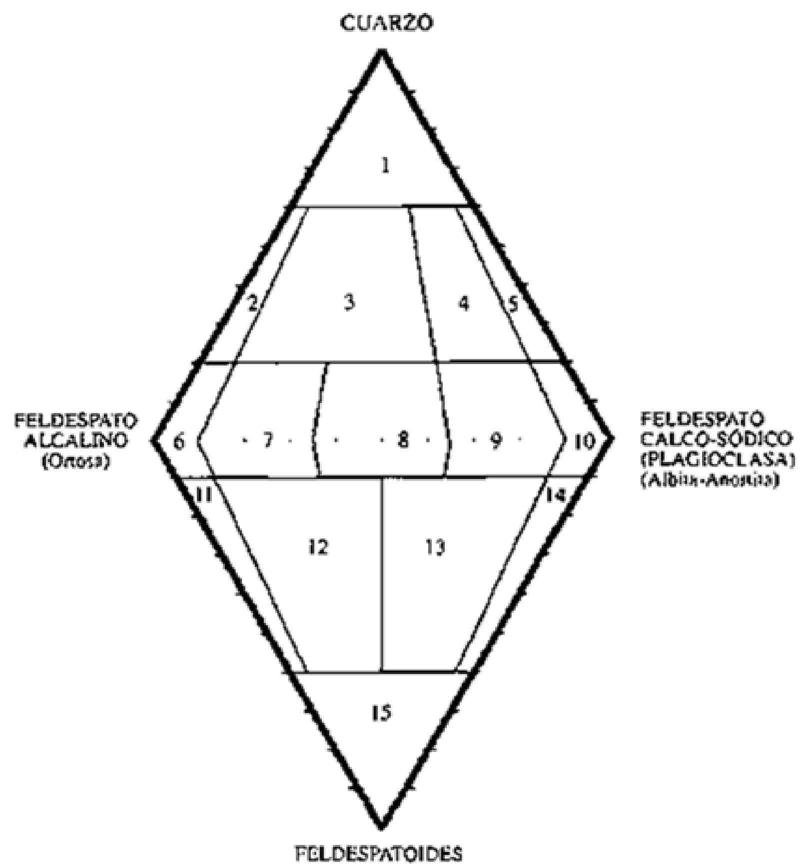



En el punto «A» existe un 0% de la variable B y un 100% de la variable A. Conforme se avanza sobre la recta hacia la derecha, alejándonos de «A», el % de la variable B aumenta hasta llegar al 100% y el % de la variable A disminuye hasta el 0% sobre el punto «B». En el punto «B» hay un 0% de A; conforme nos desplazamos sobre la recta del punto «B» al punto «A», el % de A va aumentando hasta llegar al 100%.

Figura 4.2 Diagramas binarios, obtenida de:
http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21381/93337

### 4.1.2 Clasificación triangular para las rocas ígneas

Las clasificaciones de Streckeisen (1965), asumida por la IUGS (Unión Internacional de Geociencias) como Diagrama triangular para la clasificación de las rocas ígneas consiste en un doble Diagrama Ternario realizado en base a cuatro variables, Feldespatos Alcalinos, Plagioclasa, Cuarzo y su extremo incompatible, los Feldespatoides.




El índice de saturación,

$$SAT = \frac{Q}{Q+Fatos} \times 100 \text{ o } SAT = \frac{foides}{foides+Fatos} \times 100$$

Figura 4 3 Diagrama Ternario, obtenida de:
http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21381/93337

En el Diagrama se considera positivo el vértice del Cuarzo y negativo el de los Feldespatoides. Resulta obvio que, conforme se desplaza en el Diagrama del vértice del Cuarzo hacia el de los Feldespatoides (independientemente del valor del índice feldespático), se está desplazando en un sentido de disminución de los valores del índice SAT y de aumento de la basicidad de la roca.

Como se puede ver en la figura 4.3, se trata de dos diagramas triangulares unidos por una base común que constituye un Diagrama binario para ortosa y Plagioclasa (que participan por igual de los dos triángulos), y dos vértices, el Cuarzo y los Feldespatoides (incompatibles entre sí). En él tienen cabida tanto las rocas plutónicas (se asimila este término para rocas de grano grueso, intrusivas o de consolidación lenta), como las rocas volcánicas (rocas de grano fino, extrusivas o de consolidación rápida).

### 4.1.3 Uso del Diagrama Ternario

El Diagrama Ternario, también denominado QAPF, por sus cuatro extremos composicionales, se utiliza en la clasificación de rocas ígneas bajo microscopio óptico. Primero se estima el porcentaje de los componentes principales, esto es, Cuarzo, feldespato potásico, Plagioclasa y Feldespatoide (recordar que Cuarzo y Feldespatoide son incompatibles, por eso ocupan extremos opuestos en el doble triángulo). Si la roca presenta más minerales, se estiman los porcentajes de todos y luego se recalculan para los tres minerales de interés. Ese porcentaje se proyecta en el Diagrama. Cada vértice corresponde al 100% de ese componente. El punto de corte de las tres proyecciones se encuentra en el campo correspondiente a esa roca.

Los Geólogos realizan cálculos mediante formulas ya definidas para llegar a un porcentaje final de los 3 elementos principales, de estos cálculos no se entra en detalle en este capítulo, de estas operaciones se muestran ejemplos en los ejercicios de prueba. Para graficar estos porcentajes se requiere de una interfaz del Diagrama Ternario en donde los usuarios puedan ingresar las cantidades (porcentajes) por medio del teclado y que un software grafique la zona donde cae el punto de intersección de las tres proyecciones automáticamente y en base a esto ellos puedan clasificar el tipo de roca.

En esta interfaz del Diagrama Ternario, sólo se programa la parte superior del triángulo QAPF, en otras palabras la interfaz clasificará rocas que contengan Cuarzo (Q), Feldespatos Alcalinos (A) y Plagioclasa (P). Se toma como prototipo la parte superior (QAP) del siguiente triángulo doble QAPF:

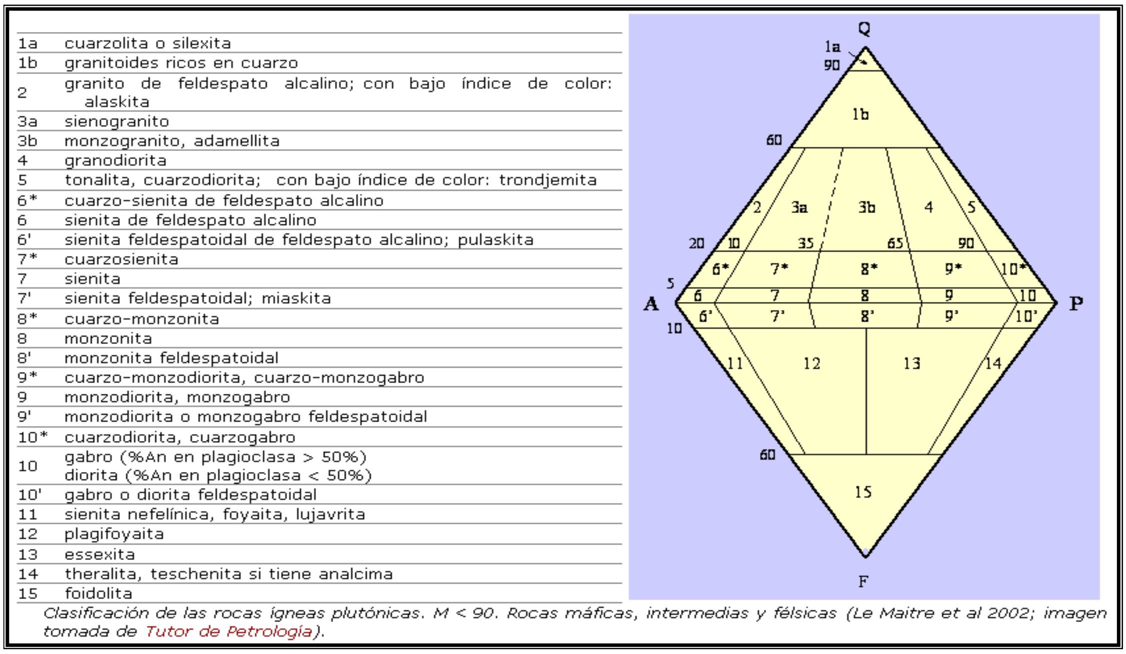



Figura 4.4 Clasificación de rocas ígneas plutónicas, obtenida de:
http://www.ugr.es/~agcasco/msecgeol/secciones/petro/pet_mag.htm#ultra

Como se observa en la figura 4.5, el Diagrama Ternario se puede interpretar como un problema geométrico a resolver, en el cual se requiere convertir números (porcentajes) a rectas ubicadas dentro de un triángulo equilátero, las cuales siempre forman un ángulo de 60 grados con respecto a los lados del triángulo

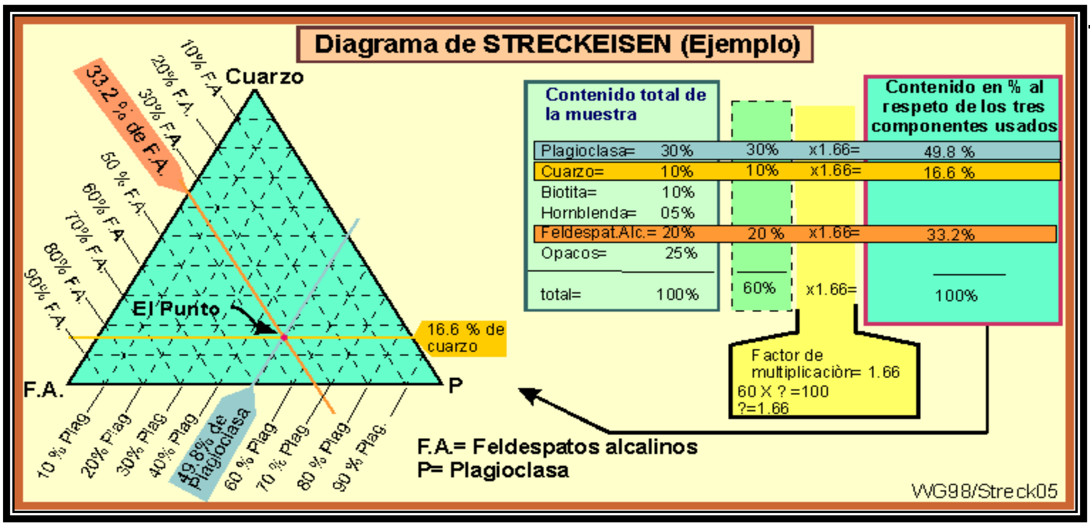



Figura 4.5 Ejemplo de uso del Diagrama Ternario, obtenida de: http://www.geovirtual.cl/geologiageneral/ggcap04a.htm

Para obtener las ecuaciones de las rectas y vectores que conforman el Diagrama Ternario se sigue el seccionamiento de la figura 4.4 y el ejemplo de la figura 4.5 donde previamente se realizaron cálculos, se obtuvieron los porcentajes y se trazaron las rectas.

El problema requiere de un lenguaje de programación o algún programa con el que además de hacer cálculos geométricos se pueda realizar la interfaz gráfica para el usuario; es por ello que se optó por Matlab y por Scilab ya que estos cumplen con ambos requisitos.

## 4.2 Interfaz Gráfica del Diagrama Ternario Utilizando Matlab (software privativo)

Ahora se describen los cálculos que se hicieron para la interfaz gráfica en general. Se parte de la siguiente figura la cual es un triángulo equilátero, como el de la figura 4.5.

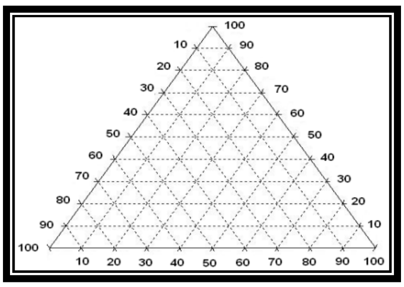



Figura 4 6 Triángulo equilátero con valor de 100 unidades por cada lado

Se elige el primer cuadrante del plano cartesiano para formar un triángulo equilátero como el anterior.

Matlab trabaja vectores y ecuaciones de rectas. El triángulo se forma con vectores.

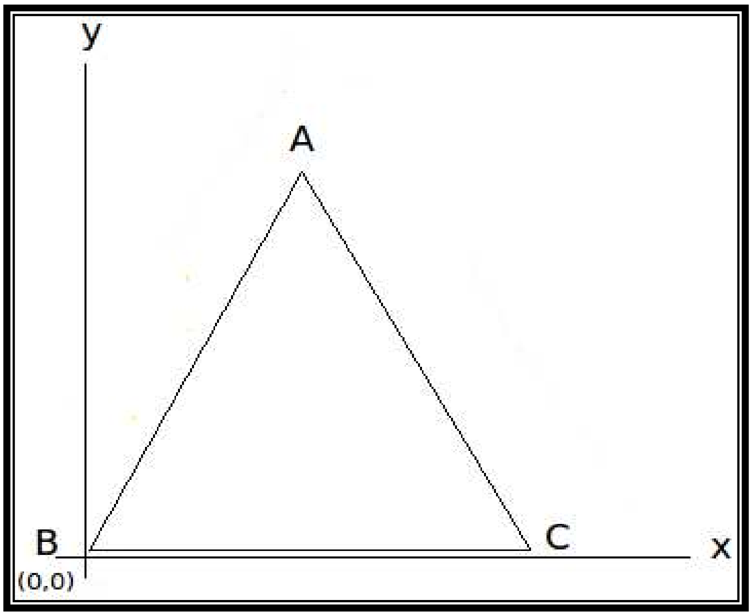



Figura 4. 7 Triángulo equilátero en el primer cuadrante

Dado que cada lado mide 100u (unidades), sus ángulos interiores miden 60° cada uno y está ubicado a partir del origen (0,0), se pueden determinar las coordenadas de sus vértices.

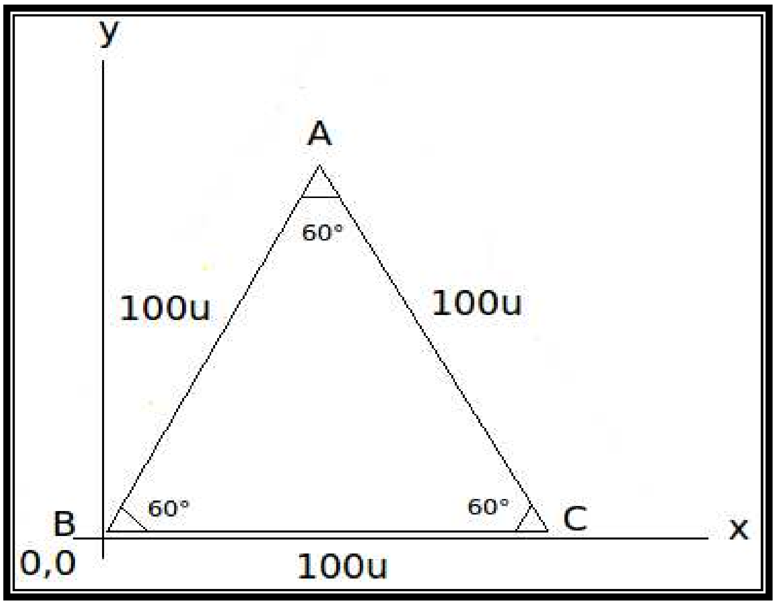



Figura 4.8 Triángulo equilátero que mide 100u por lado y 60º el ángulo de cada vértice

Se bisecta el ángulo del vértice A que mide 60° con una línea que vaya al punto medio del segmento BC, se obtiene el siguiente triángulo rectángulo:

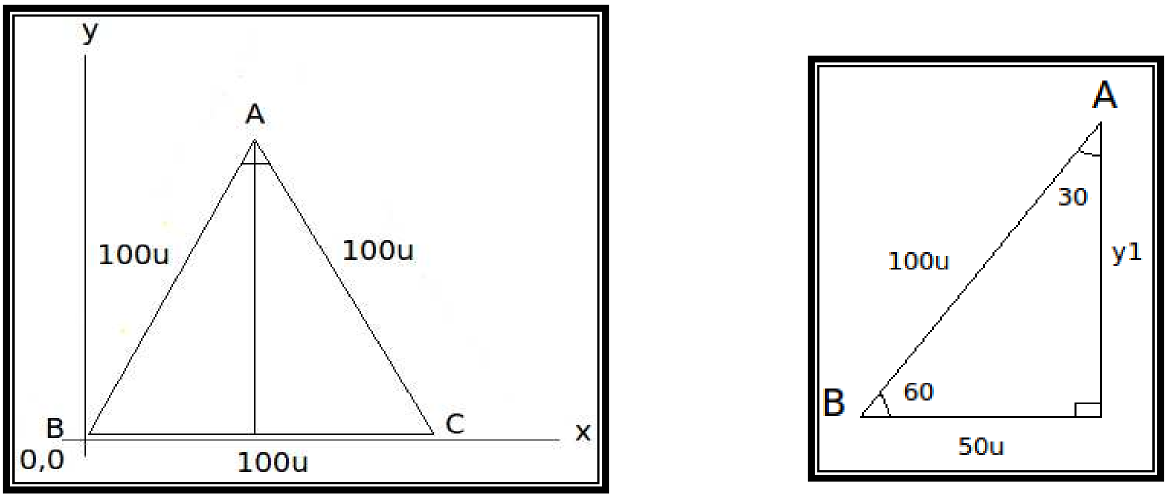



Figura 4.9 Ángulo bisectado para obtener 2 triángulos rectángulos

Donde el vértice A tiene coordenadas (x1,y1) en el plano cartesiano, hay que determinar sus coordenadas; según el gráfico obtenido, AB es igual a 100u, la coordenada en x vale 50u; para y1 se puede utilizar el teorema de Pitágoras.

$c^2=a^2+b^2$***....ec.1***

Sustituyendo valores en la ecuación 1 y despejando y1:

$100^2=y1^2+50^2$
$y1=86.60$

Por lo tanto ya se conocen las coordenadas del vértice, **A(50,86.60)**.

Para el vértice B, puesto que se encuentra en el origen del plano cartesiano las coordenadas son **B(0,0)**.

Para el vértice C la coordenada sobre el eje “x” vale 100u y sobre el eje “y” vale 0, por lo que **C(100,0)**.

Ya se tienen las coordenadas de los 3 vértices para formar los vectores y crear el triángulo equilátero. Se forman los vectores BA, AC y CA.

Ahora se procede a calcular las rectas que se moverán dentro del triángulo equilátero, se parte del ejemplo de la figura 4.5, la cual tiene valores de 33.2%,49.8% y 16.6% en sus respectivos elementos.

Partiendo del siguiente gráfico:

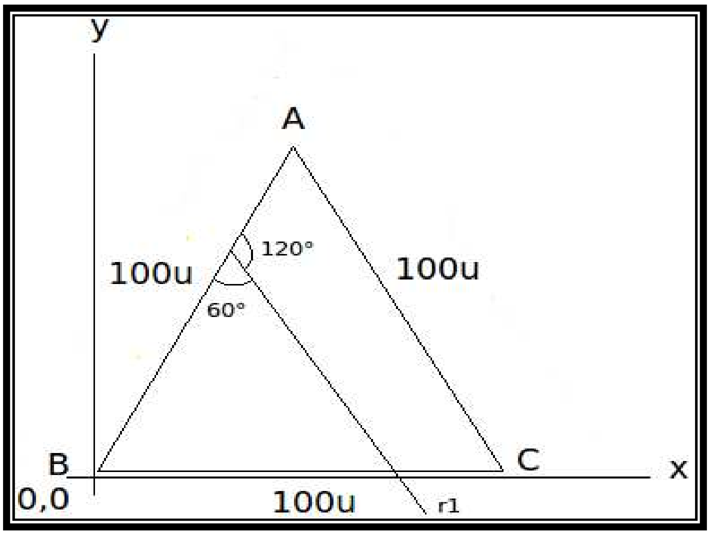



Figura 4.10 Recta r1 con los ángulos que forma con el lado AB del triángulo

Los datos que el usuario ingresará son porcentajes que estarán oscilando siempre entre los valores que tiene el triángulo de cada lado (0 a 100), los cuales determinaran un punto de cada recta a graficar, estas rectas siempre forman un ángulo de 120° y 60° con los lados del triángulo como se observa en la figura anterior. Como se sabe para formar una recta es necesario tener dos puntos ó un punto y un ángulo dado, se toma uno de estos ángulos mencionados y el primer porcentaje (33.2%) como un punto dado para formar la recta r1.

El porcentaje en este caso va de 0% en el vértice A, a 100% en el vértice B.

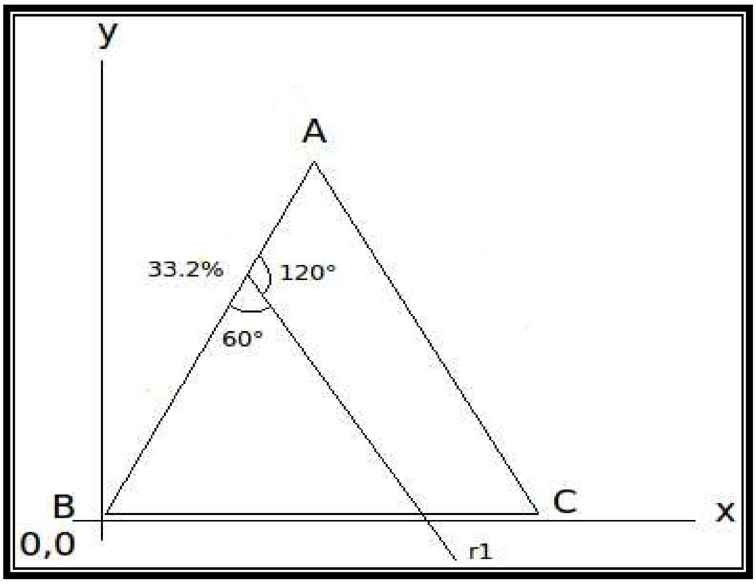



Figura 4.11 Porcentaje ingresado por el usuario, el cual es un punto del lado AB del triángulo

Se sustituye el porcentaje por un punto p1(x1,y1) para obtener sus respectivas coordenadas, para lo cual se utiliza el ángulo de 60°.

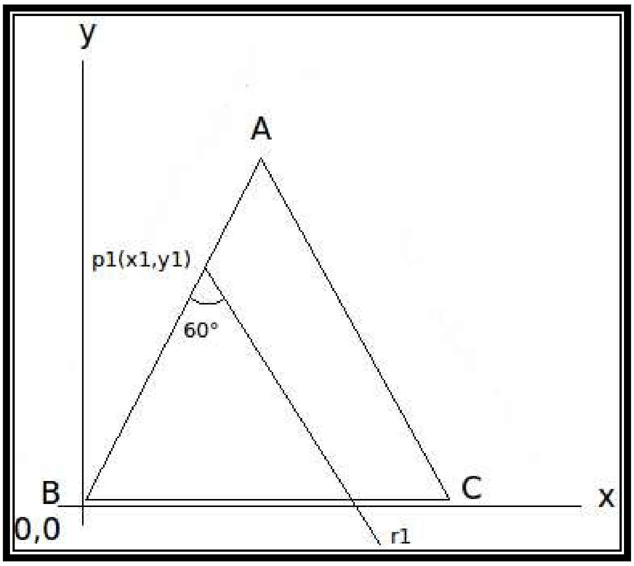



Figura 4.12 Punto p1 dado con coordenadas (x1,y1)

Se bisecta el ángulo de 60° para formar un triángul o rectángulo.

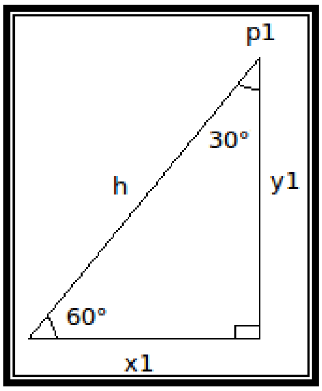



Figura 4.13 Triángulo para determinar coordenadas de p1

Es de interés conocer x1 e y1, la hipotenusa h del triángulo se obtiene con el porcentaje dado y la longitud de AB (100u):

h=AB-porcentaje dado
h=100-33.2
h=66.8

Ahora se aplican las siguientes ecuaciones:

x= h cos ө***....ec.2***
y= h sen ө***....ec.3***

Sustituyendo valores en las ecuaciones 3 y 4 y realizando operaciones:

$x1=66.8 \cos 60°$
$y1=66.8 \text{ sen } 60°$
$x1=33.4$
$y1=57.85$

Ya se tiene ahora un ángulo y un punto p1(33.4,57.85) para poder graficar la recta r1.

Se sabe que la ecuación de la recta viene dada por la siguiente expresión:

$y-y1=m(x-x1)$***....ec.4***

Se toma el ángulo de 120° que forma la recta r1 con el lado del triángulo para obtener la pendiente de la ecuación de dicha recta:

$m = \tan \alpha$***....ec.5***

Sustituyendo $\alpha=120°$ en la ecuación 5, se tiene:

$m = -1.73$

Sustituyendo este valor y p1 en la ecuación 4, se puede despejar "y" para obtener la ecuación de la recta r1.

$y-57.85=-1.73(x-33.4)$
$y=-1.73x+11.57$***....ecuación de la recta r1***

Para la siguiente recta se parte de esta figura en donde el porcentaje en este caso va de 0% en el vértice B a 100% en el vértice C:

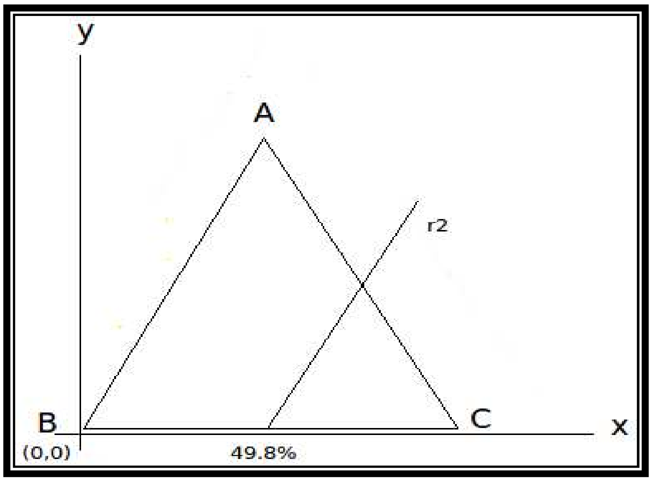



Figura 4.14 Recta r2 que siempre tendrá un punto (x,0) sobre el lado BC

La recta r2 forma un ángulo de 60° con respecto al lado del triángulo que está sobre el eje "x", se sustituye el porcentaje dado por el usuario por un punto p2(x1,y1) y sus respectivas coordenadas.

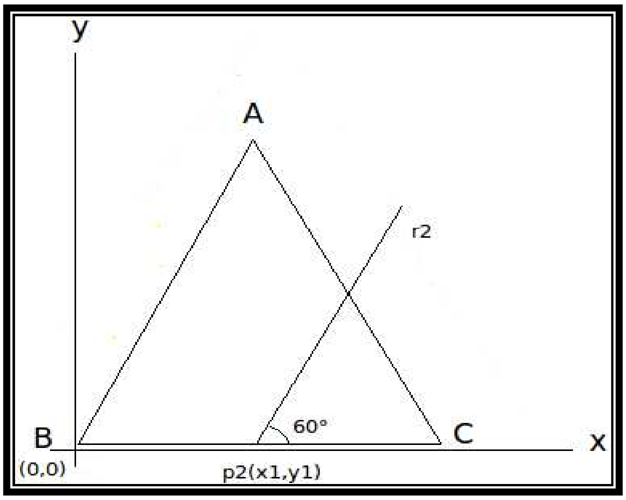



Figura 4.15 Punto p2 dado con coordenadas (x2,y2)

Como se ve en la figura anterior no se necesita hacer cálculos, la coordenada en x1 la determina el porcentaje 49.8 y en y1 vale 0, por lo tanto p2(49.8,0) y α=60°. Ahora ya se pueden sustituir estos valores en las ecuaciones 5 y 4 para obtener la ecuación de la recta r2.

m = tan 60°
m= 1.73
y-0=1.73(x-49.8)
y=1.73x-86.15***....ecuación de la recta r2***

Para la siguiente recta se parte de la siguiente figura en donde el porcentaje en este caso va de 0% en el vértice C a 100% en el vértice A:

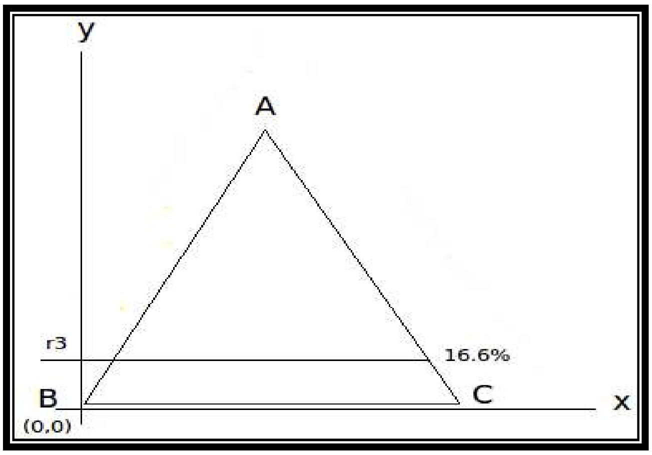



Figura 4.16 Recta r3 que siempre será paralela al eje "x"

Aquí la recta también forma un ángulo de 60° con el lado AC del triángulo, se sustituye el porcentaje por un punto p3(x1,y1) y sus respectivas coordenadas.

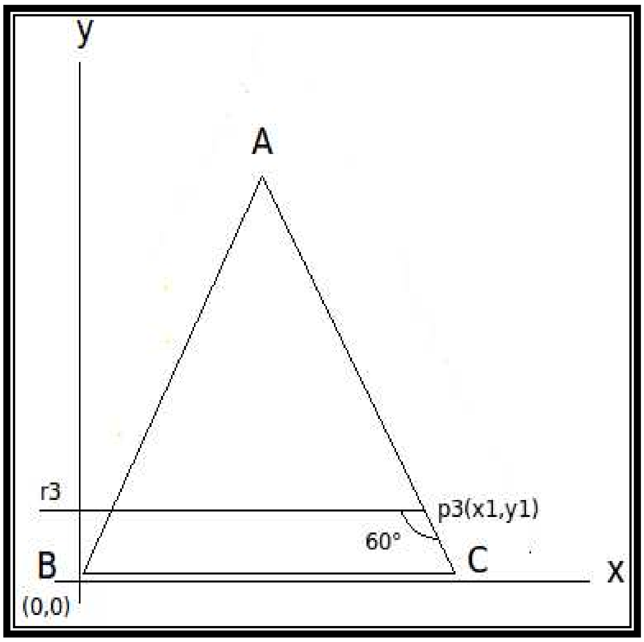



Figura 4.17 Punto p3 dado con coordenadas (x1,y1)

Como se puede observar la recta r3 es siempre paralela al eje “x”, por lo que su pendiente es 0 (m=0) y su ecuación es y=k, donde k es igual al valor que tomara sobre el eje “y”.

Trazando una perpendicular desde el segmento BC al vértice del ángulo se obtiene la siguiente figura:

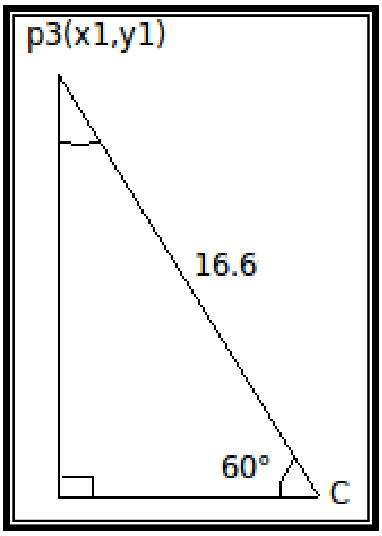



Figura 4.18 Triángulo que se obtiene al bisectar el ángulo de 60º

De aquí se obtiene la componente en y1 al sustituir en la ecuación 3, ya que ɵ=60°

y1=16.6 sen 60°
y1=14.37

Por lo tanto k=y1, la ecuación estará dada de la siguiente forma.

y=14.37***....ecuación de la recta r3***

Hasta aquí ya se forma un Diagrama Ternario con las rectas calculadas, de la siguiente manera:

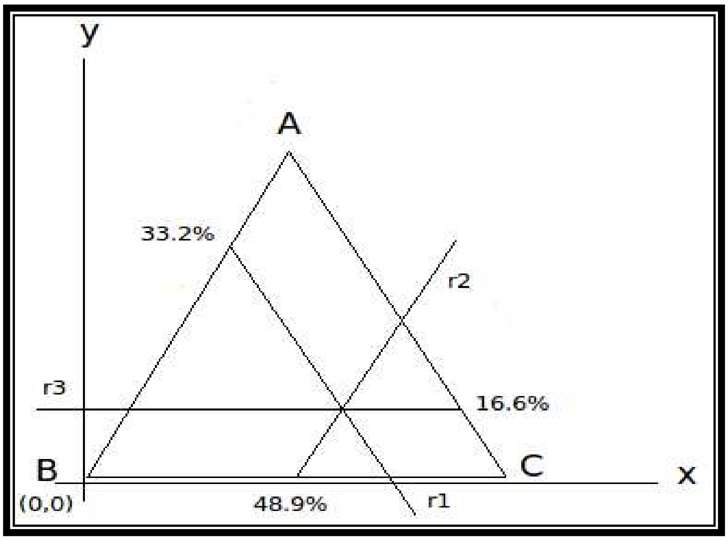



Figura 4.19 Triángulo equilátero con porcentajes transformados a puntos de rectas

Ahora se procede a seccionar el triángulo como se muestra en la siguiente figura.

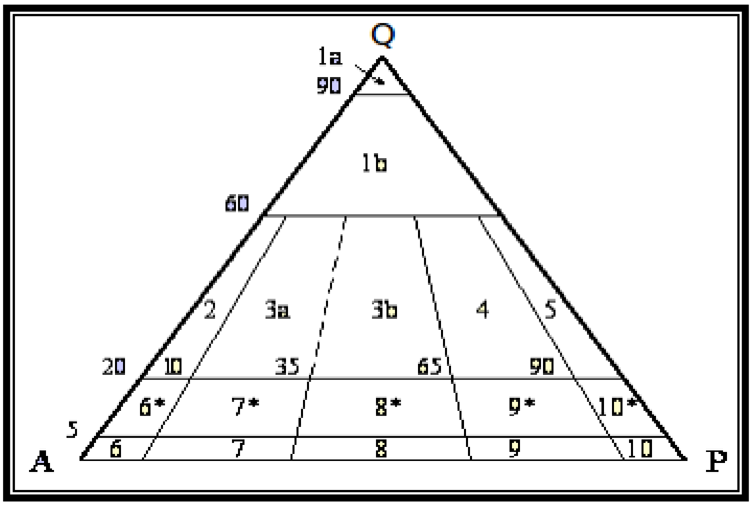



Figura 4.20 Triángulo QAP con sus respectivas secciones

Se comienza calculando el vector horizontal, el cual se nombra L0 y sus respectivas componentes a0 y b0.

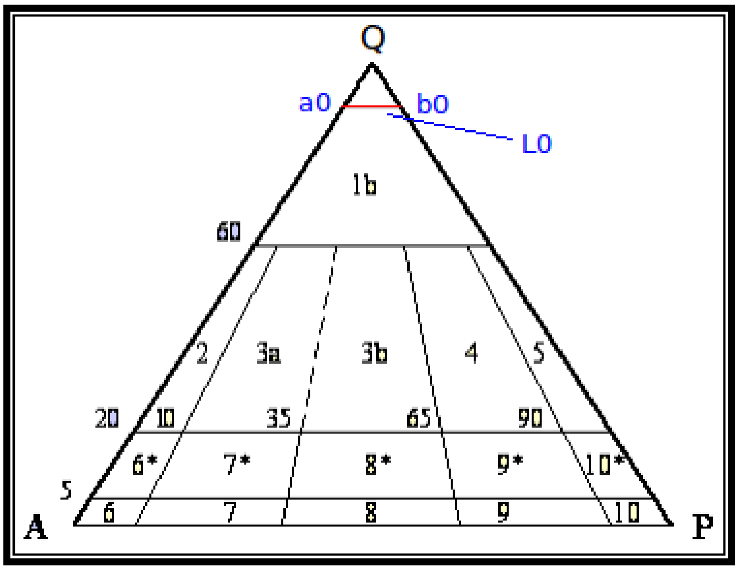



Figura 4.21 Vector L0 con componentes a0 y b0

Se realiza el trazo de una perpendicular desde punto medio del segmento AP hasta el punto a0 para formar un triángulo rectángulo.

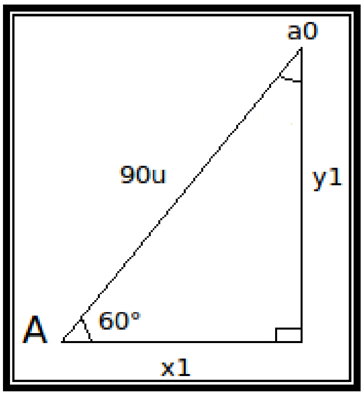



Figura 4.22 Triángulo que se forma al trazar una perpendicular de AP a la componente a0

Se aplican las ecuaciones 2 y 3 para calcular las coordenadas a0(x1,y1).

$x1=90 \cos 60°$
$x1=45$
$y1=90 \text{ sen } 60°$
$y1=77.94 \approx 78, \Rightarrow y1=78$

Por lo tanto a0(45,78).

Para b0(x2,y2).

y2=y1 ⇒ y2=78
x2=100-x1
x2=100-45
x2=55 por lo tanto b0(55,78),

**a0(45,78)** y **b0(55,78)** con estos puntos ya se puede graficar el vector L0.

Ahora se calcula L1 de la siguiente figura.

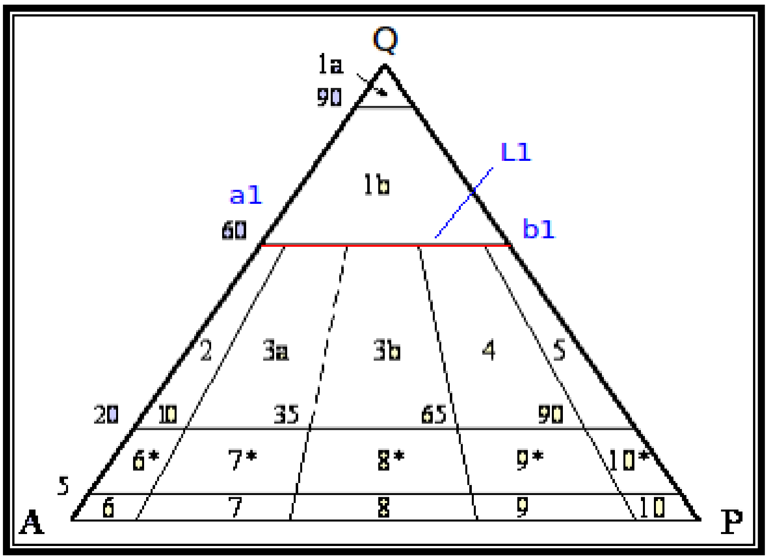



Figura 4.23 Vector L1 con componentes a1 y b1

Se hace un trazo de una perpendicular desde el segmento AP hasta el punto a1 para formar un triángulo rectángulo y así obtener las componentes del vector.

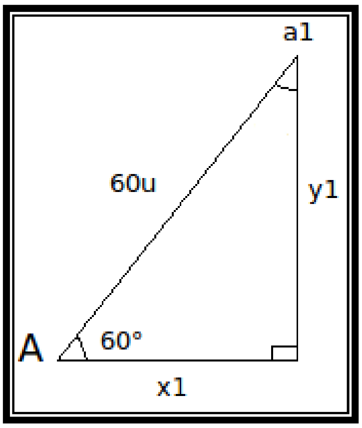



Figura 4.24 Triángulo que se forma al trazar una perpendicular de AP a la componente a1

Se utilizan las ecuaciones 2 y 3 para calcular las coordenadas a1(x1,y1).

x1=60 cos 60°, x1=30
y1=60 sen 60°, y1=51.96 ≈ 52

Para b1(x2,y2).

y1=y2 por lo tanto y1=52
x2=100-x1
x2=100-30
x2=70

Ya se tienen ambas componentes **a1(30,52)** y **b1(70,52)** para graficar L1.

El siguiente vector es L2.

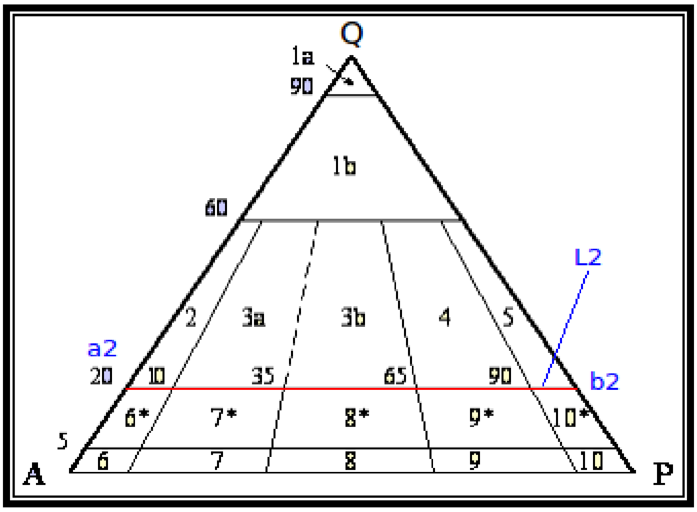



Figura 4.25 Vector L2 con componentes a2 y b2

De igual manera que en L1 se traza una perpendicular desde AP hacia a2.

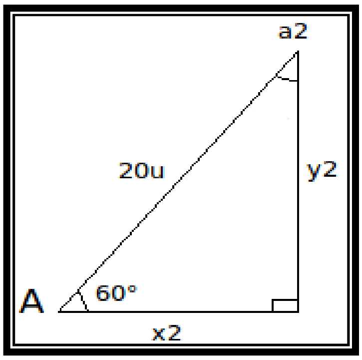



Figura 4.26 Triángulo que se forma al trazar una perpendicular de AP a la componente a2

Se hace uso de las ecuaciones 2 y 3 para calcular las coordenadas a2(x1,y1).

x1=20 cos 60°, x1=10
y1=20 sen 60°, y1=17.32

Ya se tiene a2(10,17.32).

Para b2(x2,y2).

y2=y1 por lo tanto y1=17.32
x2=100-x1 esto es x2=90

Entonces b2(90,17.32).

Ya se tienen las componentes de L2 **a2(10,17.32)** y **b2(90,17.32)**.

Ahora se calcula el vector L3.

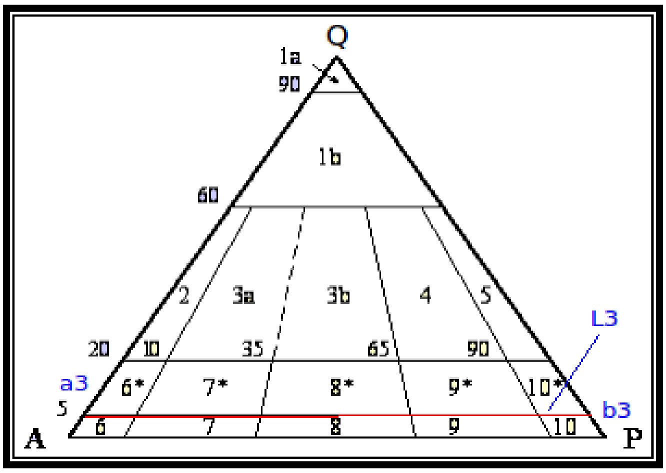



Figura 4.27 Vector L3 con componentes a3 y b3

De igual forma se traza una perpendicular para formar el siguiente triángulo.

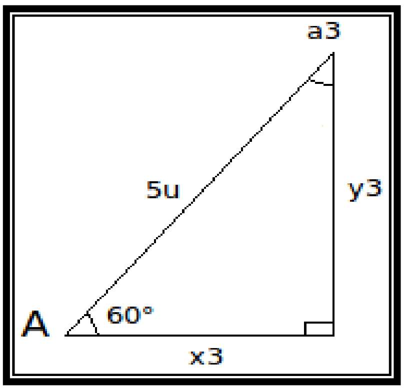



Figura 4.28 Triángulo que se forma al trazar una perpendicular de AP a la componente a3

Se utilizan las ecuaciones 2 y 3 para calcular las coordenadas a3(x1,y1).

x1=5 cos 60°, x1=2.5
y1=5 sen 60°, y1=4.33

Ya se tiene a3(2.5,4.33).

Para b3(x2,y2).

y2=y1

Por lo tanto y2=4.33

x2=100-x1
x2=100-2.5
x2=97.5

Ya se obtuvo b3(2.5,4.33).

Con **a3(2.5,4.33)** y **b3(97.5,4.33)** ya se puede trazar el vector L3.

Se continúa con los demás vectores para los que se hace uso de la siguiente figura que contiene las medidas de los vectores restantes del Diagrama Ternario.

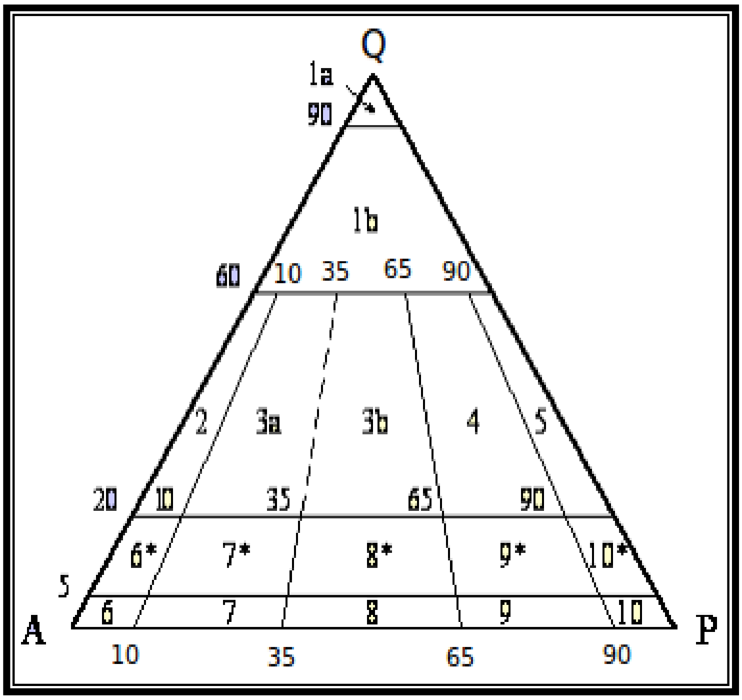



Figura 4.29 Triángulo con medidas de las líneas que lo seccionan

Se nombra L4 al siguiente vector.

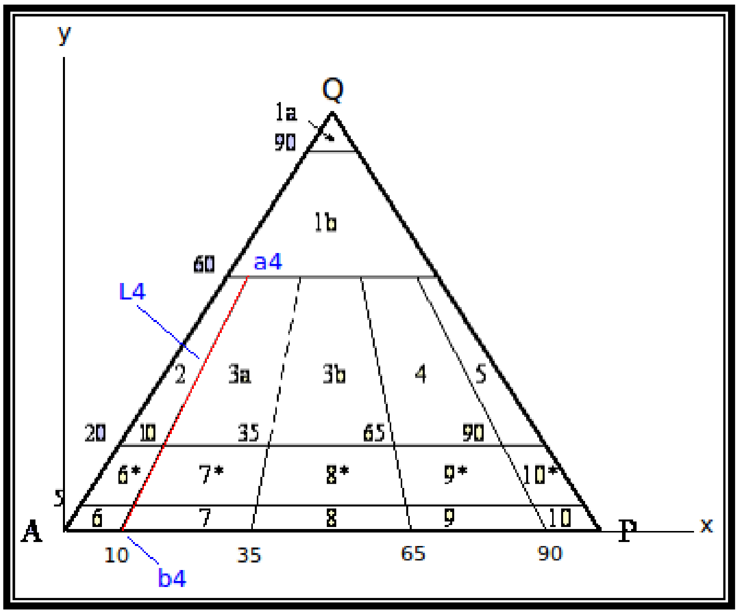



Figura 4.30 Vector L4 con componentes a4 y b4

En la siguiente figura se puede ver que b4 tiene coordenadas (0,10) y es de interés calcular a4 para lo cual se hace lo siguiente:

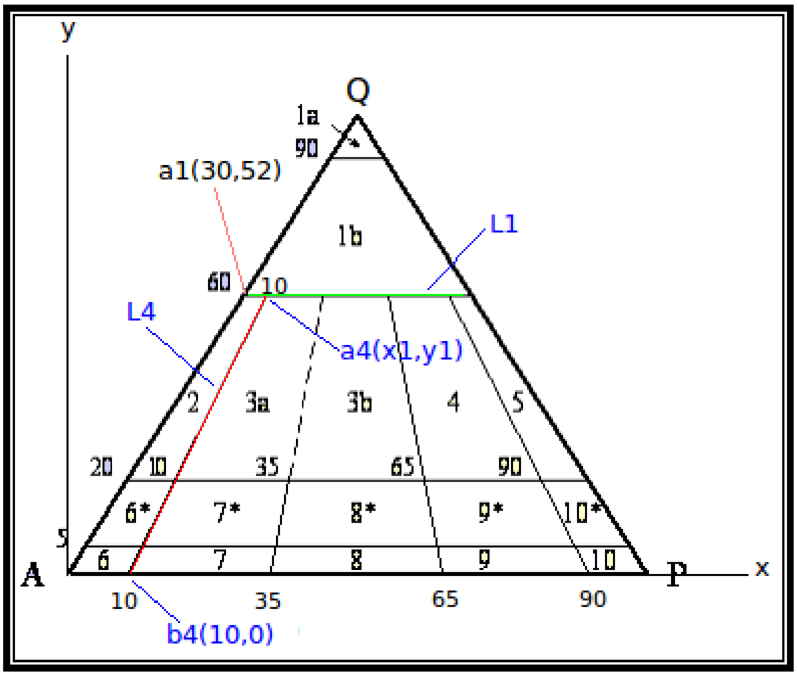



Figura 4.31 Coordenada y1 en común que ya conozco de L1

En la figura anterior se observa que a1 ya está calculada en el vector L1 anteriormente y además la distancia entre este punto y a4 vale 10u, ya se tiene y1 de a4 pues es la misma de a1(y1=52), ahora sólo resta calcular x1 para lo cual se hace un cambio de escala en el triángulo, formando así otro triángulo dentro de la figura original.

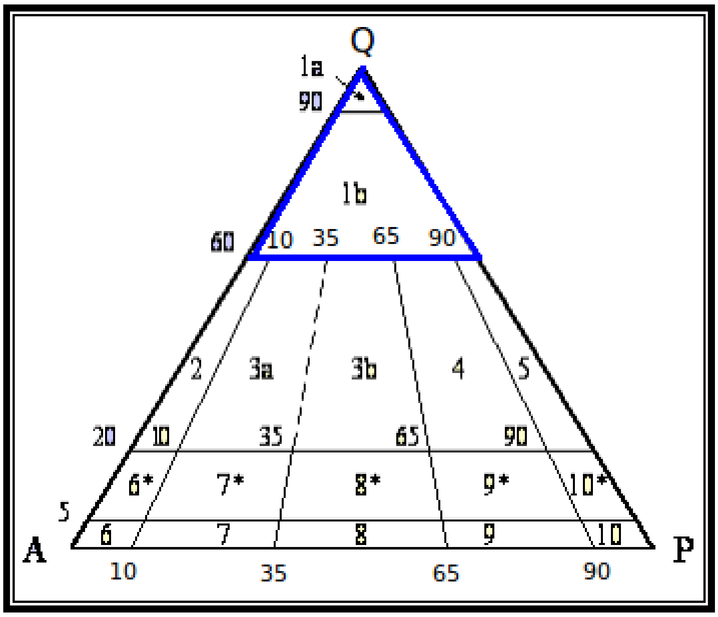



Figura 4. 32 Nuevo triángulo equilátero de 40u por lado

Se forma un triángulo equilátero (en color azul) con 40u de cada lado y el original tiene 100u de cada lado, se necesita saber a cuanto equivale 10u reales en el triángulo de 40u para ello se hace lo siguiente:

40u es a 100u reales, como x es a 10u
40/100=x/10

Resolviendo.

x=4

Por lo tanto x1 va ser igual ala coordenada $x1_{L1}$ de a1 mas las 4 unidades del nuevo triángulo, esto es:

$x1=x1_{L1}+x$
$x1=x1_{L1}+4$
x1=30+4
x1=34

Por lo tanto **a4(34,52)** y **b4(10,0)**, Con esto se puede formar el vector L4.

De la misma forma se busca el equivalente para 35u reales en el triángulo de 40u para el siguiente vector.

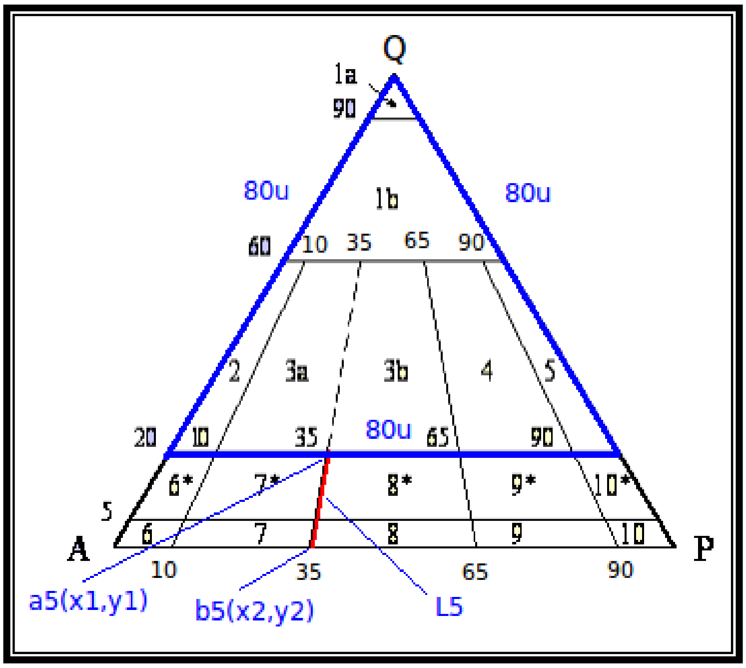



Figura 4.33 Nuevo triángulo equilátero de 80u por lado

Se observa que el triángulo vale 80u por lado y se sabe que b5(35,0) y que y1 de a5 es la misma componente del vector L2 ya calculado (y1=17.32).

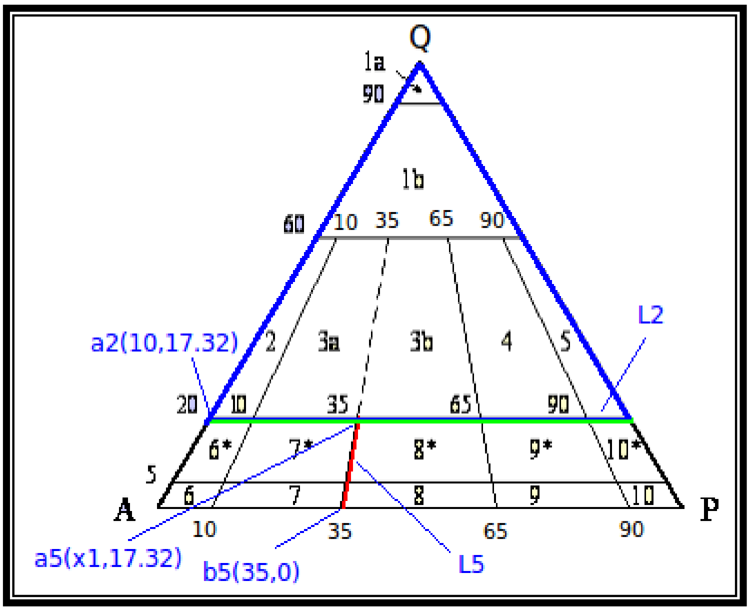



Figura 4.34 Coordenada x1 de a5 que no conozco

Igual que en el caso anterior se necesita saber el equivalente de 35u en el triángulo de 80u para sumarlo ala componente $x1_{L2}$ de a2 que vale 10u.

80u es a 100u reales como x es a 35u reales, esto es:

80/100=x/35

x=28, por lo tanto.

$x1=x1_{L2}+x$
x1=10+28
x1=38

Ahora ya se conocen ambas coordenadas **a5(38,17.32)** y **b5(35,0)** para formar L5.

Se procede a calcular el vector L6, de la siguiente figura.

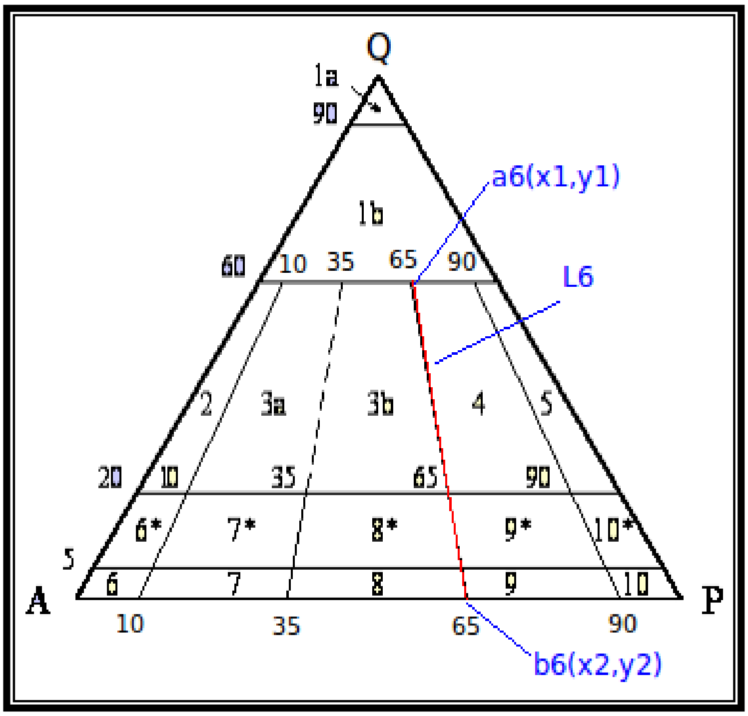



Figura 4.35 Vector L6 con componentes a6 y b6

De esta figura se conoce b6(65,0) y la componente y1 es la misma que la de la del vector L1, (y1=52).

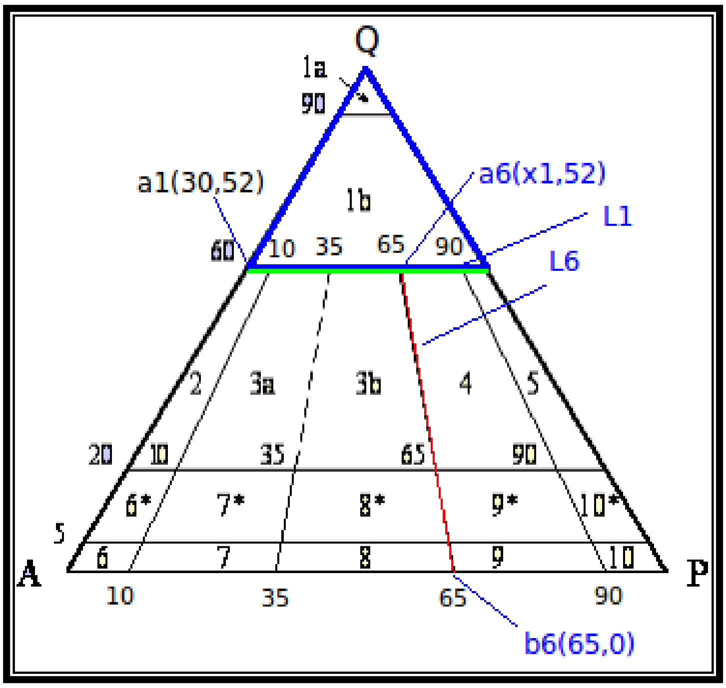



Figura 4.36 Nuevo triángulo equilátero de 40u por lado

Del triángulo formado (color azul) se necesita conocer el equivalente a 65 en esa escala para conocer la coordenada x1 de a6, se procede de la misma forma que en L4.

40u es a 100u reales como x es a 65u, esto es:

40/100=x/65, resolviendo, x=26

Para encontrar x1:

$x1=x1_{L1}+x$
x1=30+26
x1=56

Ya se conoce **a6(56,52)** y **b6(65,0)** ahora ya se puede graficar el vector L6.

Ahora se realiza el cálculo para L7.

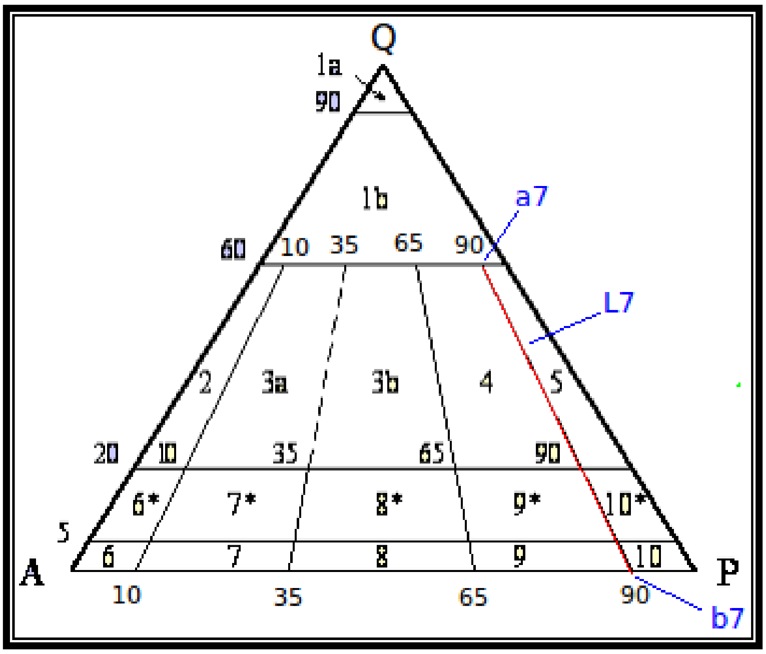



Figura 4.37 Vector L7 con componentes a7 y b7

De esta figura se conoce b7(90,0), la coordenada en y1 de a7 ya que es la misma que la del vector L1(y1=52), se necesita saber la coordenada x1 de a7 para ello es necesario obtener el equivalente de 90u en la escala del triángulo azul.

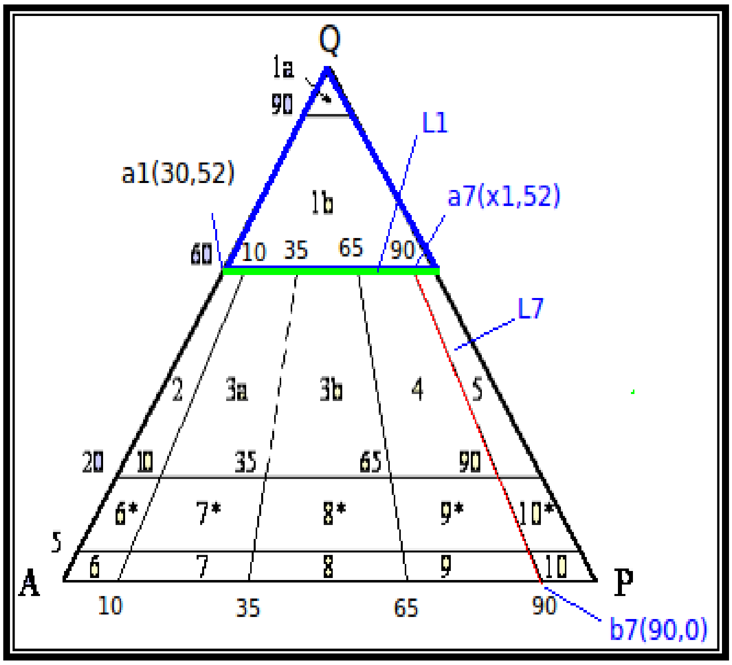



Figura 4.38 Nuevo triángulo equilátero de 40u por lado

40u es a 100u reales como x es a 90, esto es:

40/100=x/90, resolviendo x=36

Para encontrar x1 se suma la coordenada de L1:

$x1=x1_{L1}+x$
$x1=30+36$
$x1=66$

Ya se tiene **a7(66,52)** y **b7(90,0)** con lo que se puede graficar L7.

Sólo queda calcular L8.

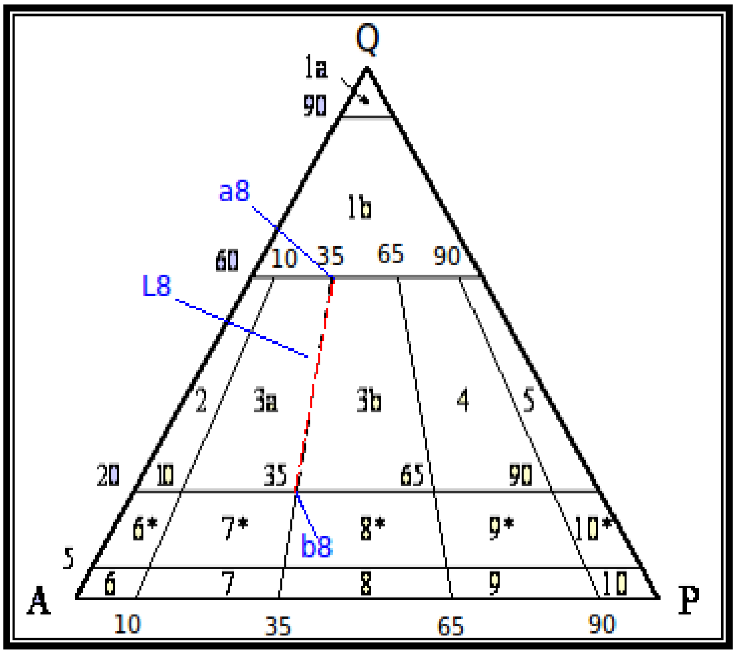



Figura 4.39 Vector L8 con componentes a8 y b8

De aquí se conoce b8 ya que es igual a la coordenada a5(38,17.32) de L5, resta calcular a8 de la cual ya se conoce y1 pues es la misma coordenada de L1(y1=52).

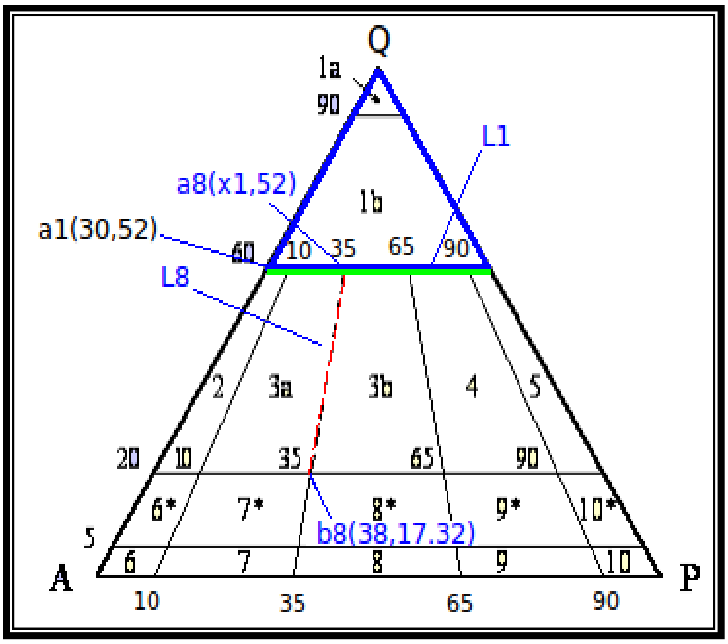



Figura 4.40 Nuevo triángulo equilátero de 40u por lado

Para calcular x1 de a8 es necesario conocer el equivalente de 35u en el triángulo azul para lo cual se tiene lo siguiente:

40u es a 100u reales como x es a 35u, esto es:

40/100=x/35

Resolviendo.

x=14

Para calcular x1:

$x1=x1_{L1}+x$
x1=30+14
x1=44

Por lo tanto ya se tiene **a8(44,52)** y **b8(38,17.32)**

Con estos cálculos ya se puede programar la interfaz del Diagrama Ternario para rocas ígneas en GUIDE de Matlab.

### 4.2.1 Pseudocódigo de la programación en Matlab

#### Diagrama de Flujo

El problema del Diagrama Ternario se puede interpretar como un problema geométrico en el que se debe dibujar un triángulo equilátero con secciones ya sea con rectas o vectores y también se deben graficar tres ecuaciones de rectas que parten de cada lado del triángulo, por lo que se cuenta con un punto (porcentaje de mineral) y un ángulo que forma cada recta con respecto a un lado del triángulo. Se trabaja con vectores para formar el triángulo y sus secciones y con las 3 ecuaciones de rectas correspondientes a cada lado.

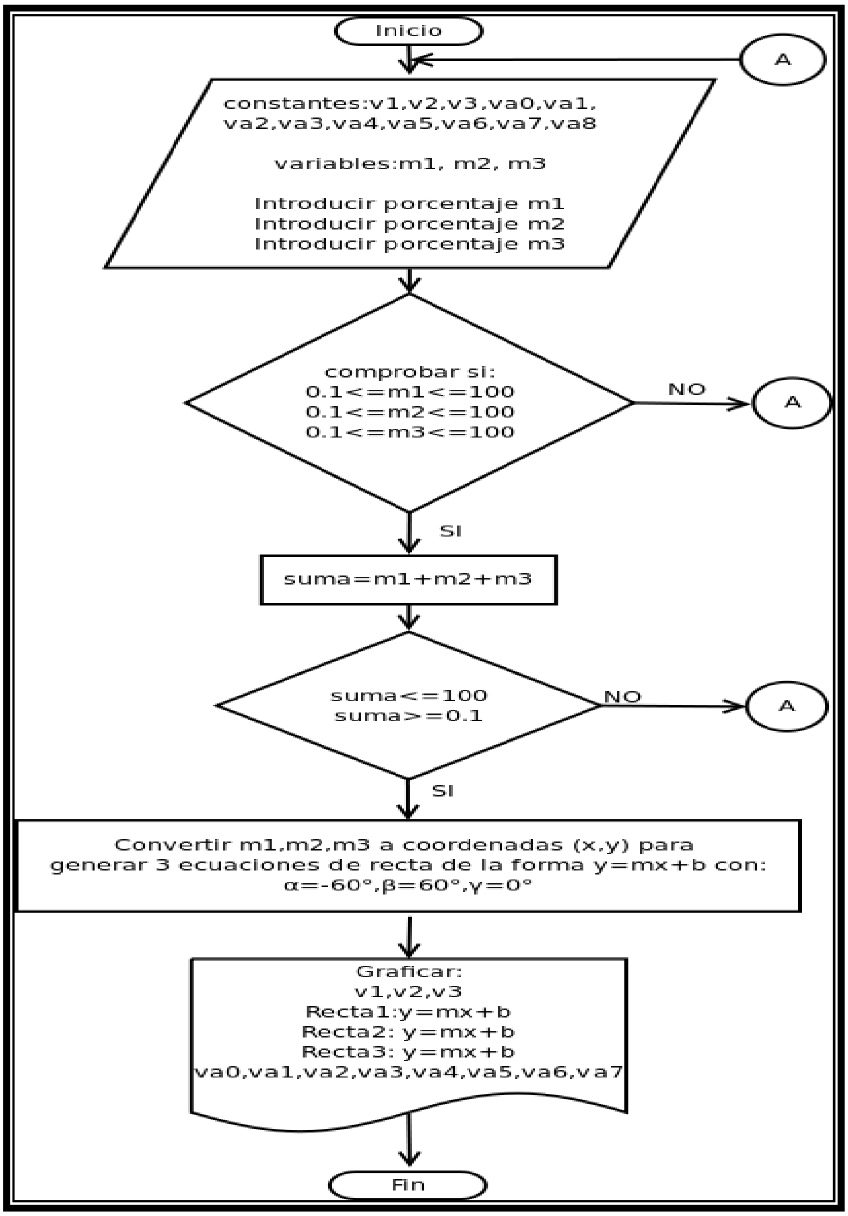



Figura 4.41 Diagrama de flujo del Diagrama Ternario

**Algoritmo:**

1) Definir vectores v1, v2, v3 para formar triángulo equilátero en el primer cuadrante del plano cartesiano
2) Definir vectores de divisiones va0, va1, va2, va3, va4, va5, va6, va7, va8
3) Leer porcentajes m1, m2, m3
4) Comprobar que los valores de m1, m2, m3 estén en el rango 0.1 a 100
5) comprobar que suma de m1, m2 y m3 sea menor o igual a 100
6) formar las ecuaciones de Recta1, Recta2 y Recta3 con m1, m2 y m3 de la forma y=mx+b
7) Graficar v1, v2, v3, Recta1, Recta2, Recta3, va0, va1, va2, va3, va4, va5, va6, va7, va8

**Pseudocódigo:**

Inicio
Constantes v1, v2, v3, α=-60°, β=60°, γ=0°, va0, va1, va2, va3, va4, va5, va6, va7, va8
Variables m1, m2, m3

Imprimir "Dame m1"
Imprimir "Dame m2"
Imprimir "Dame m3"

Si m1>=100, m2>=100, m3>=100, m1<=0, m2<=0, m3<=0

Imprimir "error, porcentaje fuera de rango, vuelve a introducir el valor"

Sino
suma m1, m2 y m3

Si suma>100
Imprimir "vuelve a introducir los valores de m1, m2 y m3"

Sino
Convertir m1 a un punto p1(x,y) dentro del primer cuadrante del plano cartesiano
Convertir m2 a un punto p2(x,y) dentro del primer cuadrante del plano cartesiano
Convertir m3 a un punto p3(x,y) dentro del primer cuadrante del plano cartesiano

Formar ecuación de Recta1 con p1 y α
Formar ecuación de Recta2 con p2 y β
Formar ecuación de Recta3 con p3 y γ

Graficar v1, v2, v3, Recta1, Recta2, Recta3, va0, va1, va2, va3, va4, va5, va6, va7, va8

Fin

A continuación se muestran algunas pantallas del código generado para la interfaz en Matlab.

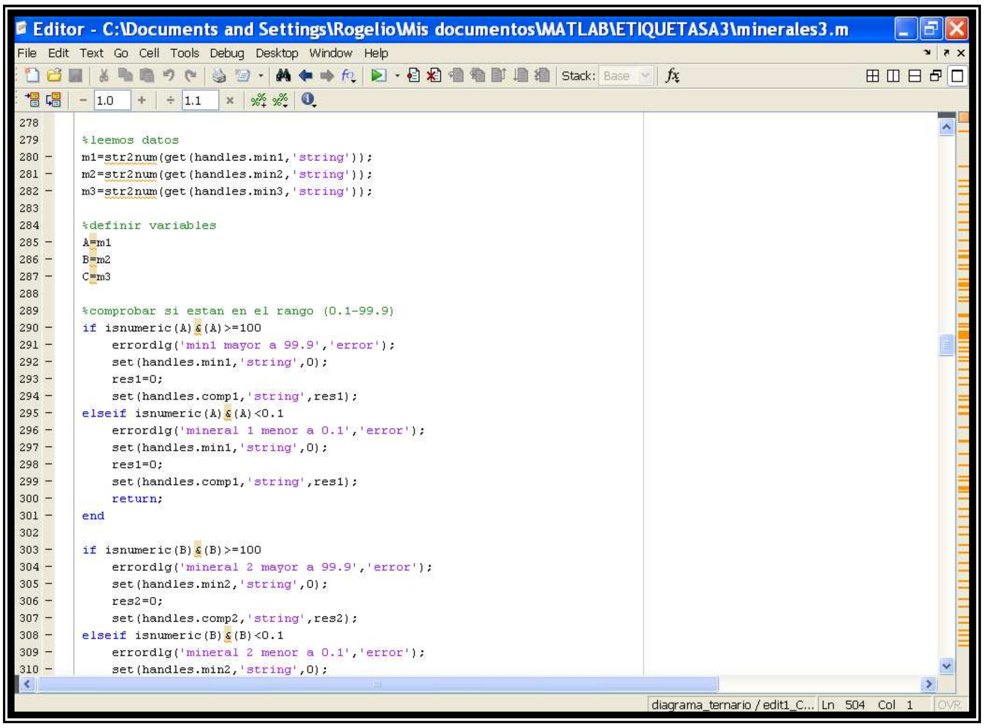



Figura 4.42 Pantalla 1 del código generado para la interfaz en Matlab

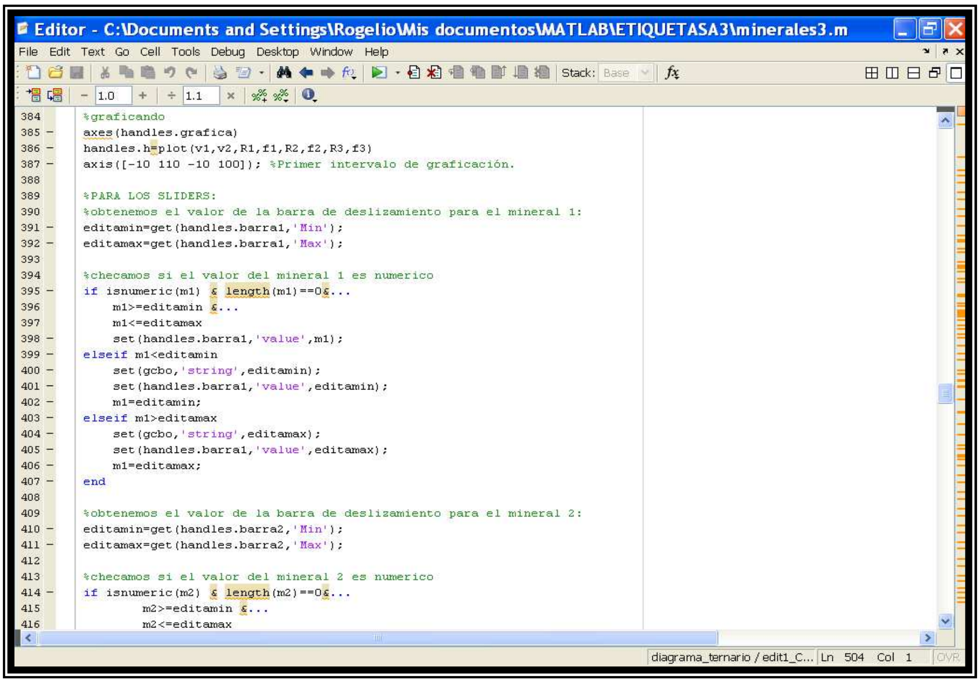



Figura 4.43 Pantalla 2 del código generado para la interfaz en Matlab

Al ejecutar el código e introducir los porcentajes de cada elemento se ve de la siguiente manera la interfaz gráfica:

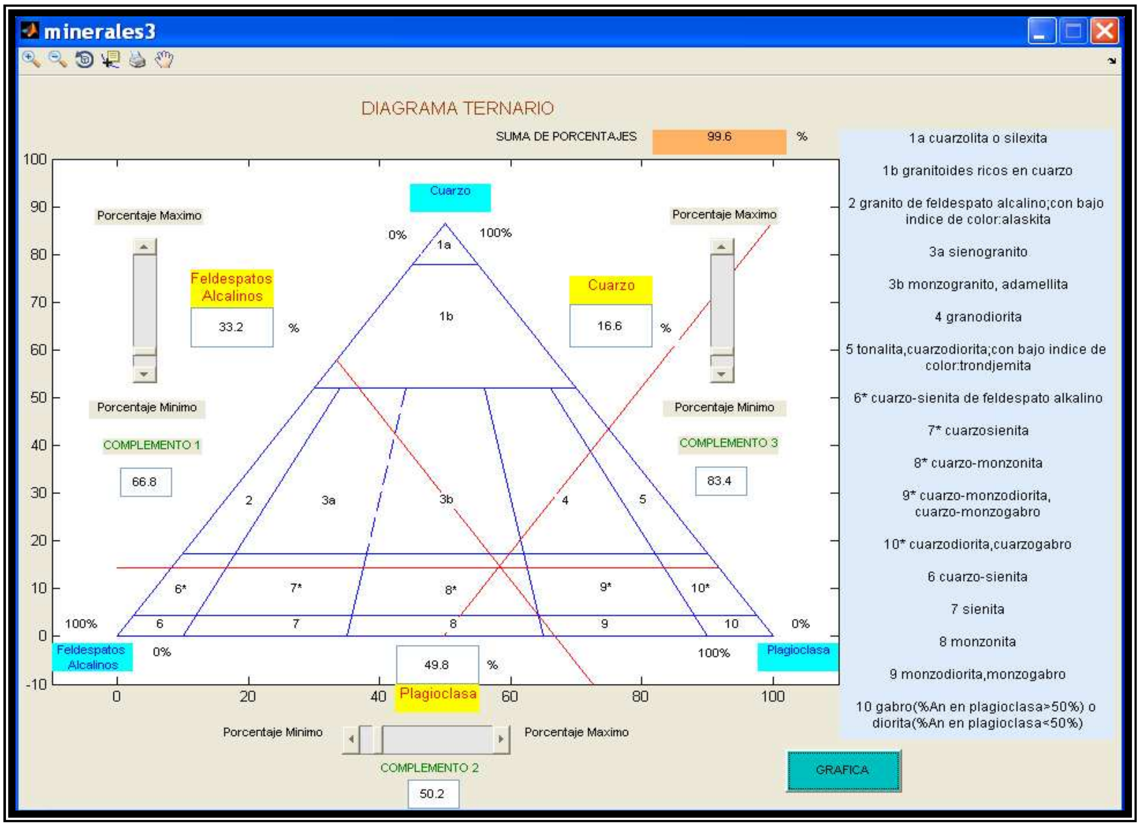



Figura 4.44 Interfaz gráfica en Matlab con los datos de la figura 4.5

Posteriormente se generó un ejecutable de la aplicación para ser instalado y probado en otros equipos dentro de la facultad.

### 4.3 Interfaz Gráfica del Diagrama Ternario Utilizando Scilab (Software Libre)

Para programar la interfaz en Scilab se utiliza el mismo diagrama de flujo y algoritmo que se utilizó para Matlab. En Scilab se trabaja con los mismos vectores que se utilizaron para formar el triángulo equilátero y sus divisiones, además se utilizan las mismas ecuaciones de rectas obtenidas para la interfaz en Matlab.

Se forma el triángulo equilátero con los vectores ya conocidos BA, AC y CB. Cuyas coordenadas son:

A(50,86.60).

B(0,0).

C(100,0).

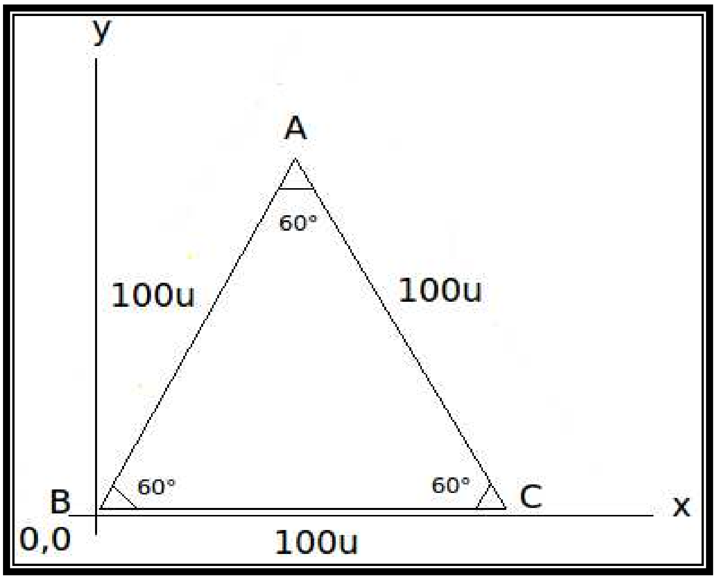



Figura 4.45 Triángulo equilátero que mide 100u por lado y 60º el ángulo de cada vértice

Ya se conocen las ecuaciones de las rectas que parten de cada lado del triángulo pues se calcularon para Matlab:

y=-1.73x+11.57***....ecuación de la recta r1***

y=1.73x-86.15***.....ecuación de la recta r2***

y=14.37***..............ecuación de la recta r3***

Las ecuaciones anteriores de las rectas son las que contendrán los valores introducidos por el usuario.

Para graficar las líneas que seccionan al triángulo se utilizan las coordenadas de los vectores que ya se calcularon para la interfaz en Matlab las cuales son las siguientes:

a0(45,78) y b0(55,78).

a1(30,52) y b1(70,52).

a2(10,17.32) y b2(90,17.32).

a3(2.5,4.33) y b3(97.5,4.33).

a4(34,52) y b4(10,0).

a5(38,17.32) y b5(35,0).

a6(56,52) y b6(65,0).

a7(66,52) y b7(90,0).

a8(44,52) y b8(38,17.32).

Con esto ya se puede programar la interfaz del Diagrama Ternario en Scilab. Para lo cual se genera un script con el editor de texto de Scilab.

### 4.3.1 Pseudocódigo de la programación en Scilab

Inicio
Constantes v1, v2, v3, α=-60°, β=60°, γ=0°, va0, va1, va2, va3, va4, va5, va6, va7, va8
Variables CUARZO, FELDESPATOS, PLAGIOCLASA

Imprimir “Dame CUARZO”
Imprimir “Dame FELDESPATOS”
Imprimir “Dame PLAGIOCLASA”

Si CUARZO>=100, FELDESPATOS>=100, PLAGIOCLASA>=100, CUARZO<=0, FELDESPATOS <=0, PLAGIOCLASA<=0

Imprimir “error, porcentaje fuera de rango, vuelve a introducir los valores”

Sino
suma CUARZO, FELDESPATOS y PLAGIOCLASA

Si suma>100
Imprimir “vuelve a introducir los valores”

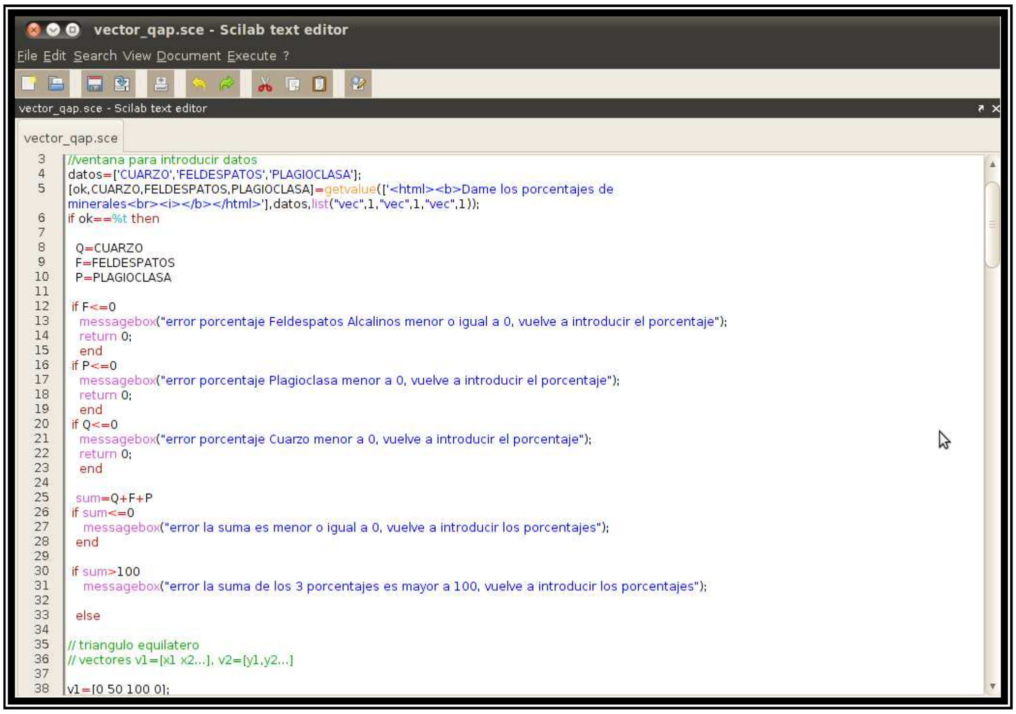
Sino
Convertir CUARZO a un punto p1(x,y) dentro del primer cuadrante del plano cartesiano
Convertir FELDESPATOS a un punto p2(x,y) dentro del primer cuadrante del plano-cartesiano
Convertir PLAGIOCLASA a un punto p3(x,y) dentro del primer cuadrante del plano cartesiano

Formar ecuación de Recta1 con p1 y α
Formar ecuación de Recta2 con p2 y β
Formar ecuación de Recta3 con p3 y γ

Graficar v1, v2, v3, Recta1, Recta2, Recta3, va0, va1, va2, va3, va4, va5, va6, va7, va8

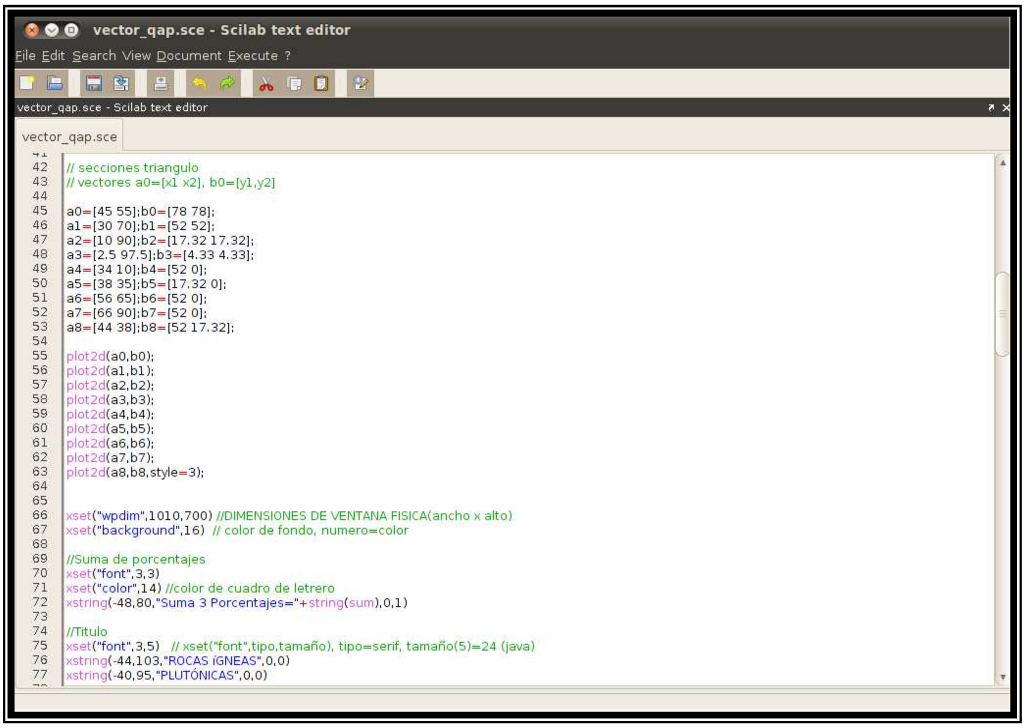
Fin

Para el pseudocódigo en Scilab se modifico el nombre de las variables. A continuación se colocan sólo algunas pantallas del código generado para la interfaz en Scilab.



```
vector_qap.sce - Scilab text editor
File Edit Search View Document Execute ?
vector_qap.sce - Scilab text editor
vector_qap.sce

//ventana para introducir datos
datos=['CUARZO','FELDESPATOS','PLAGIOCLASA'];
[ok,CUARZO,FELDESPATOS,PLAGIOCLASA]=getvalue(['<html><b>Dame los porcentajes de minerales<br><i></b></html>'],datos,list("vec",1,"vec",1,"vec",1));
if ok==%t then

 Q=CUARZO
 F=FELDESPATOS
 P=PLAGIOCLASA

 if F<=0
  messagebox("error porcentaje Feldespatos Alcalinos menor o igual a 0, vuelve a introducir el porcentaje");
  return 0;
  end
 if P<=0
  messagebox("error porcentaje Plagioclasa menor a 0, vuelve a introducir el porcentaje");
  return 0;
  end
 if Q<=0
  messagebox("error porcentaje Cuarzo menor a 0, vuelve a introducir el porcentaje");
  return 0;
  end

 sum=Q+F+P
 if sum<=0
   messagebox("error la suma es menor o igual a 0, vuelve a introducir los porcentajes");
 end

 if sum>100
   messagebox("error la suma de los 3 porcentajes es mayor a 100, vuelve a introducir los porcentajes");

 else

// triangulo equilatero
// vectores v1=[x1 x2...], v2=[y1,y2...]

v1=[0 50 100 0];
```

Figura 4.46 Pantalla 1 del código generado para la interfaz en Scilab



```
vector_qap.sce - Scilab text editor
File Edit Search View Document Execute ?
vector_qap.sce - Scilab text editor
vector_qap.sce

// secciones triangulo
// vectores a0=[x1 x2], b0=[y1,y2]

a0=[45 55];b0=[78 78];
a1=[30 70];b1=[52 52];
a2=[10 90];b2=[17.32 17.32];
a3=[2.5 97.5];b3=[4.33 4.33];
a4=[34 10];b4=[52 0];
a5=[38 35];b5=[17.32 0];
a6=[56 65];b6=[52 0];
a7=[66 90];b7=[52 0];
a8=[44 38];b8=[52 17.32];

plot2d(a0,b0);
plot2d(a1,b1);
plot2d(a2,b2);
plot2d(a3,b3);
plot2d(a4,b4);
plot2d(a5,b5);
plot2d(a6,b6);
plot2d(a7,b7);
plot2d(a8,b8,style=3);


xset("wpdim",1010,700) //DIMENSIONES DE VENTANA FISICA(ancho x alto)
xset("background",16)  // color de fondo, numero=color

//Suma de porcentajes
xset("font",3,3)
xset("color",14) //color de cuadro de letrero
xstring(-48,80,"Suma 3 Porcentajes="+string(sum),0,1)

//Titulo
xset("font",3,5)   // xset("font",tipo,tamaño), tipo=serif, tamaño(5)=24 (java)
xstring(-44,103,"ROCAS ÍGNEAS",0,0)
xstring(-40,95,"PLUTÓNICAS",0,0)
```

Figura 4.47 Pantalla 2 del código generado para la interfaz en Scilab

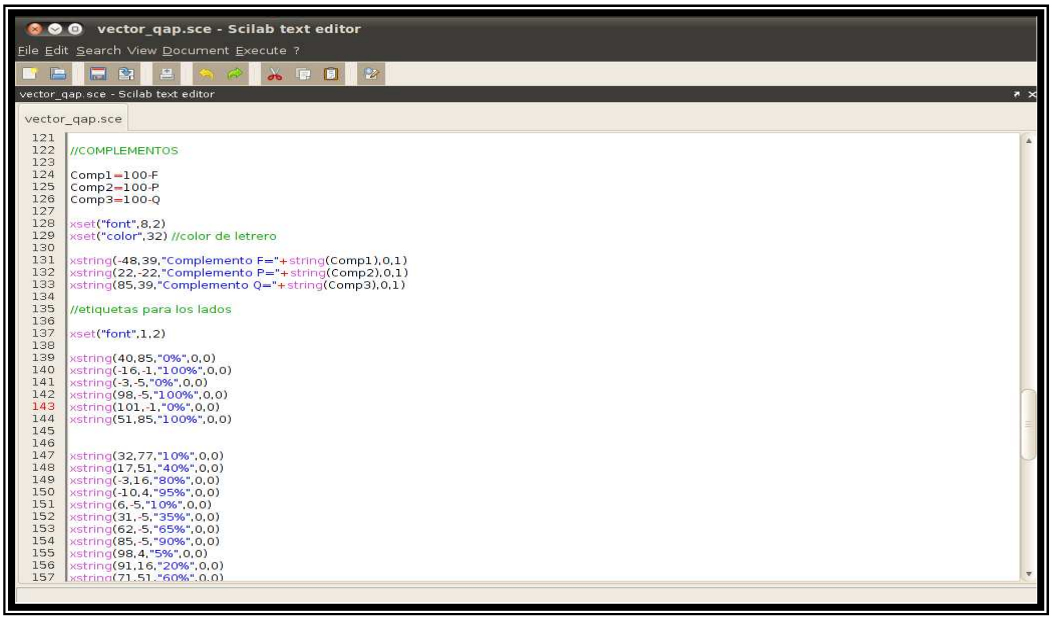



Figura 4.48 Pantalla 3 del código generado para la interfaz en Scilab

Así queda la interfaz en Scilab después de ejecutar el script programado:

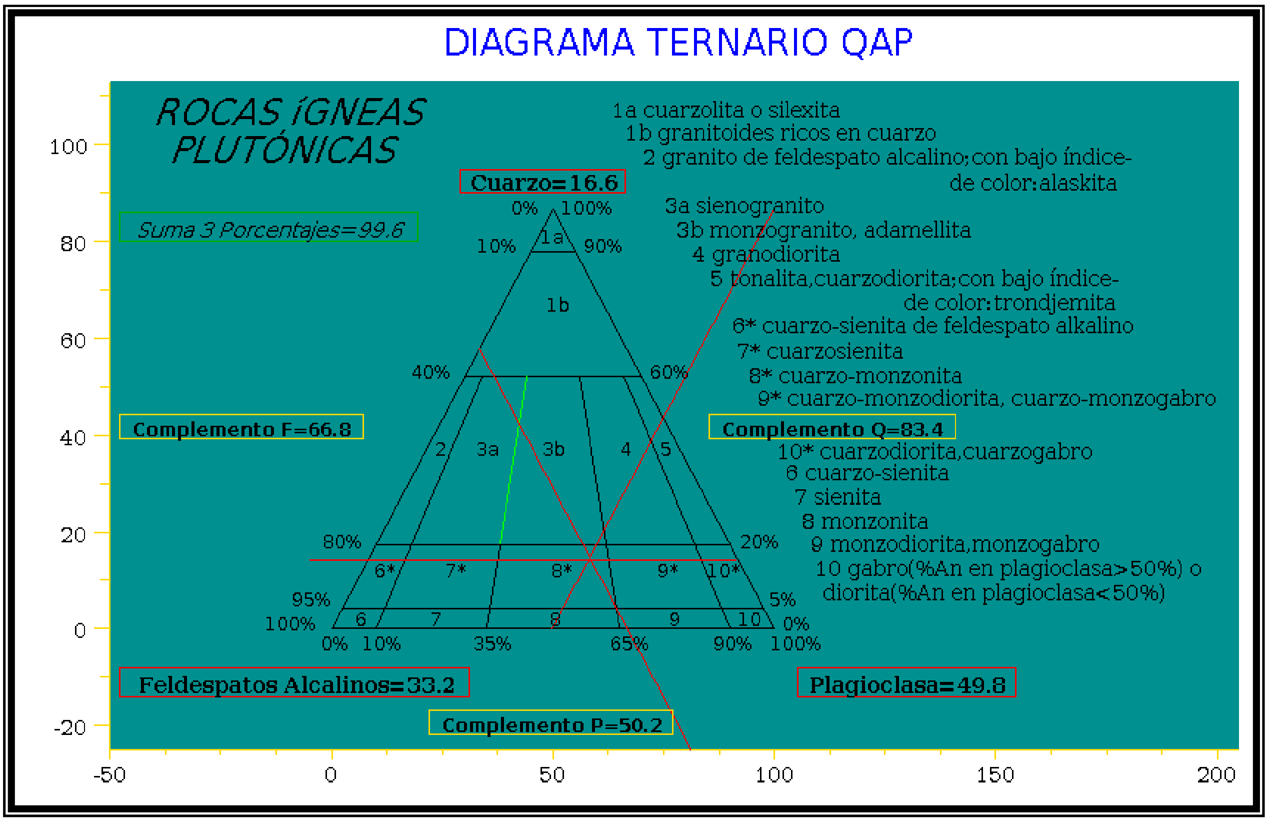



Figura 4.49 Interfaz gráfica en Scilab con los datos de la figura 4.5