

**UNIVERSIDAD
SANTO TOMÁS -
BOGOTÁ**

**Problema de
Programación
Lineal Restringida
(PLR)**

**Por Métodos Numéricos y
software dedicado**

**Ing. Carlos J. Alba Mendoza
Facultad de Ingeniería Civil**

PRESENTACION

En este documento se presenta la solución de un problema de Programación Lineal Restringida (PLR) utilizando:

- Solución Gráfica
- Método Simplex desarrollado manualmente
- Método Simplex resuelto software en línea (PHP-Simplex y Zweigmedia.com), y con los programas EULER MATH TOOLBOX -EMT (MAXIMA) y DSWin.
- Función SOLVER de EXCEL ®

Este problema se desarrolla en el contexto de la asignatura MÉTODOS NUMÉRICOS Y OPERACIONAL del plan de estudios del Programa de Ingeniería Civil de la Universidad Santo Tomás de Bogotá, y está dirigido a los estudiantes de dicho curso como un elemento de apoyo en su estudio.

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Planteamiento:

Una planta de concreto que recibe semanalmente una cantidad fija de agregados áridos (materia prima) para producir dos tipos de concreto de diferente resistencia a la compresión (uno que denominamos de resistencia *normal* y otro que llamamos de alta resistencia). La planta tiene garantizada la venta de su producción y cada tipo de concreto genera diferente rentabilidad a la empresa.

Por otra parte, la producción de estos concretos involucra restricciones tales como:

- No puede producirse simultáneamente los dos tipos de concreto;
- Por razones de mantenimiento, la disponibilidad de las instalaciones está limitada
- Existen limitaciones de almacenamiento de la producción y de disponibilidad de materia prima.

Las características de la producción se presentan en la siguiente Tabla:

Recurso	Resistencia Normal	Resistencia Alta	Disponibilidad
Materia prima utilizada (m ³ por tonelada de concreto).	7 m ³ /ton	11 m ³ /ton	77 m ³ /semana
Tiempo requerido de producción (horas semanales de planta por tonelada de concreto)	10 hr/ton	8 hr/ton	80 hr/semana
Almacenamiento	9 ton	6 ton	
Utilidad o beneficio (miles COP) por tonelada de concreto	150 COP/ton	175 COP/ton	

Tabla 1 - Datos Problema PLR

Se busca determinar la producción combinada que genere el mayor beneficio económico para la empresa.

Solución:

El planteamiento matemático del problema será:

1- Variables:

$$x_1 = \text{Cantidad (ton) producida de resistencia NORMAL}$$

$$x_2 = \text{Cantidad (ton) producida de resistencia ALTA}$$

2. Función Objetivo:

$$Z = \text{Ganancia Total} = 150x_1 + 175x_2$$

$$\text{Max}[Z] = \text{Max}[150x_1 + 175x_2]$$

3. Ecuaciones de Restricciones:

$$\begin{array}{ll} \text{(MP) Materia Prima Procesada:} & 7x_1 + 11x_2 \leq 77 \\ \text{(TP) Tiempo de Proceso:} & 10x_1 + 8x_2 \leq 80 \\ \text{(ALMP1) Almacenamiento Producto 1:} & x_1 \leq 9 \\ \text{(ALMP2) Almacenamiento Producto 2:} & x_2 \leq 6 \\ \text{(e) Condición de No negatividad:} & x_1 \geq 0 \\ \text{(f) Condición de No negatividad:} & x_2 \geq 0 \end{array}$$

1- Solución gráfica:

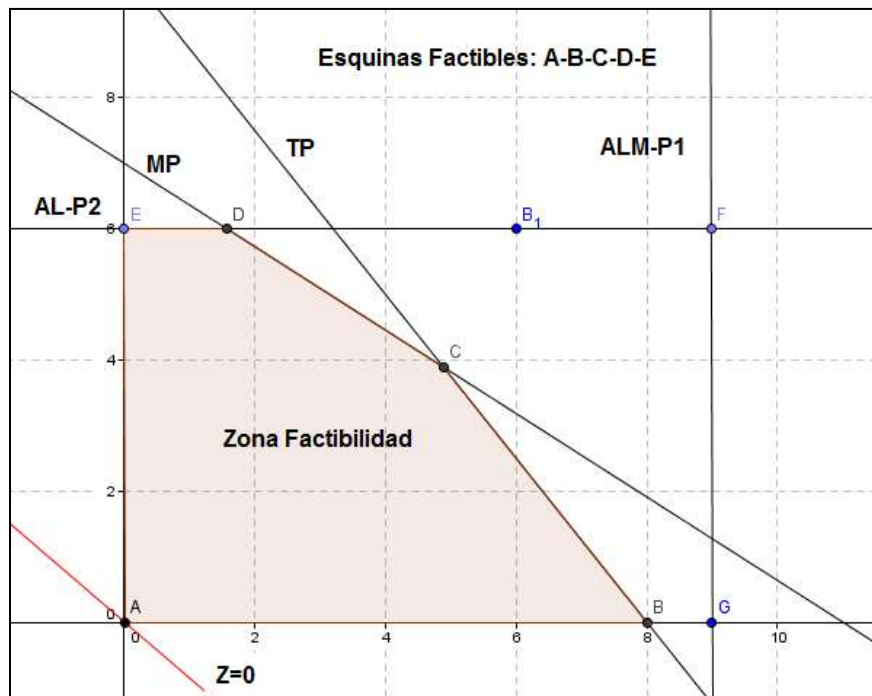
El primer paso es desde luego graficar las ecuaciones que representan el caso estudiado para lo cual se utiliza el paquete graficador en línea GEOGEBRA¹. Aunque las soluciones gráficas son de utilidad en problemas de dos o tres dimensiones, cumplen una función didáctica del enfoque del problema. (Gráfica 1).

Gráfica de las restricciones:

Las inecuaciones o desigualdades de restricción delimitan el **Área de Solución Factible** o **Zona de Factibilidad** (polígono delimitado por las **esquinas** o **puntos extremos factibles** A, B, C, D y E), dentro de la cual cualquier combinación de x_1 y x_2 satisfacen TODAS las restricciones planteadas, es decir desde el punto de vista de las restricciones existe un número infinito de soluciones posibles factibles.

Representación Gráfica de la función objetivo:

Ahora se involucra la función objetivo Z graficando la ecuación respectiva dentro de la zona de factibilidad, para lo cual se debe conocer un valor de Z. Para ello se supone como primera aproximación:



Gráfica 1 – Problema de PLR

- Que pasa por la esquina o punto extremo factible A ($x_1=0$, $x_2=0$)
- Que el valor inicial de $Z=0$, es decir cero utilidad

con lo cual la ecuación será:

$$Z = 150x_1 + 175x_2 = 0$$

cuya gráfica (línea roja que pasa por A) se presenta como $Z=0$ en la Gráfica 1.

¹ <https://www.geogebra.org/classic>

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Punto Optimo:

Se procede similarmente para buscar un valor de Z tal que ubique la recta de la función objetivo dentro del Área de Factibilidad. Por ejemplo si pasa por el punto sobre el eje de abscisas ($x_1=6$, $x_2=0$) entonces:

$$Z = 150 * 6 + 175 * 0 = 900$$

Se observa que Z aumenta en la medida en que la recta de la Función Objetivo se desplace hacia el punto C, lo cual significa que el valor obtenido no representa el valor máximo de Z; es decir la solución óptima buscada se encuentra en el máximo desplazamiento posible dentro de la Zona Factible que corresponde al punto C ($x_1=4.89$, $x_2=3.89$) y representa el intersección de las rectas MP y TP. Aplicando las coordenadas de este punto C se obtiene $Z=1,413.89$ que es el valor óptimo, decir que produciendo semanalmente 4.89 ton de concreto de resistencia Normal y 3.89 ton de concreto de resistencia Alta se obtiene el mayor beneficio.

2- Metodo Simplex - Solución manual:

En este método se intenta llegar rápidamente a la solución óptima analizando los puntos extremos (esquinas) factibles de la zona de factibilidad (A-B-C-D-E de la Gráfica 1). Para ello convierte las desigualdades en igualdades incorporando una variable de holgura en cada una de las ecuaciones de restricción, llegándose a la formulación de un sistema de ecuaciones aumentado completo (Tabla 2):

Z =	150 x_1	175 x_2	0 * S_1	0 * S_2	0 * S_3	0 * S_4	
(MP)	7 x_1	+11 x_2	+ S_1				= 77
(TP)	10 x_1	+8 x_2		+ S_2			= 80
(ALMP1)	x_1				+ S_3		= 9
(ALMP2)		x_2				+ S_4	= 6

Matricialmente este sistema se representa como:

7	11	1	0	0	0	77
10	8	0	1	0	0	80
1	0	0	0	1	0	9
0	1	0	0	0	1	6

Tabla 2 – Sistema Matricial Aumentado Completo

Este es un sistema de ecuaciones algebraicas lineales (EAL) pero sub-especificado, decir tiene más incógnitas (6) que ecuaciones (4):

- $n=2$ variables estructurales (x_1 y x_2),
- $m=4$ variables de holgura o excedentes (S_1 , S_2 , S_3 y S_4),
- 6 variables en total y 4 ecuaciones

Por otra parte, cada punto extremo factible tiene 2 de las 6 variables igualadas a cero, es decir para cada uno de los puntos extremos factibles (A, B, C, D y E) hay dos variables que son cero (Tabla 3) así:

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Esquina Factible	Descripción	Variables No Básicas (Variables cero)	Variables Básicas Si $> 0 \rightarrow$ Solución Factible Básica (SFB)
A	Origen	x_1, x_2	S_1, S_2, S_3 y S_4
B	Intersecto Ec.(TP)-Eje x_1	x_2, S_2	x_1, S_1, S_3 y S_4
C	Intersecto Ec.(MP)-Ec.(TP)	S_1, S_2	x_1, x_2, S_3 y S_4
D	Intersecto Ec.(MP)-Ec.(ALMP2)	S_1, S_4	x_1, x_2, S_2 y S_3
E	Intersecto Ec.(ALMP2)-Eje x_2	x_1, S_4	x_2, S_1, S_2 y S_3

Tabla 3– Variables en Puntos Extremos Factibles

Es decir para cada una de las esquinas factibles (A-B-C-D-E) se obtiene un sistema de 4 ecuaciones con 4 incógnitas.

a) Esquina A Tabla 3):

Variable de entrada: x_1 (variable No básica: $=0$).

Variable de salida: x_2 (variable No básica: $=0$).

Por tanto en la Tabla 2, igualando a 0 las columnas x_1 y x_2 llegamos a un sistema EAL de 4x4 que se resuelve directamente toda vez que la matriz de las incógnitas es una matriz identidad:

S_1	S_2	S_3	S_4	Solución
1	0	0	0	77
0	1	0	0	80
0	0	1	0	9
0	0	0	1	6

Es decir

$$S_1 = 77$$

$$S_2 = 80$$

$$S_3 = 9$$

$$S_4 = 6$$

Y el valor de Z será:

S_1	S_2	S_3	S_4	Z
$0 \cdot 77$	$0 \cdot 80$	$0 \cdot 9$	$0 \cdot 6$	0

b) Esquina B (Tabla 3):

Variable de entrada: x_2 (variable No básica: $=0$).

Variable de salida: S_2 (variable No básica: $=0$).

En este caso el Sistema EAL será:

x_1	S_1	S_3	S_4	Solución
7	1	0	0	77
10	0	0	0	80
1	0	1	0	9
0	0	0	1	6

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Su solución por Gauss-jordan², será:

x1	S1	S3	S4	Solución
1	0	0	0	8
0	1	0	0	21
0	0	1	0	1
0	0	0	1	6

En este caso el valor de Z será:

Básica	Z	x ₁	S ₁	S ₃	S ₄	Solución
Z	1	150*8	0*21	0*1	0*6	1,200

c) Esquina C (Tabla 3):

Variable de entrada: S₁ (variable No básica: = 0)

Variable de salida: S₂ (variable No básica: = 0)

El Sistema EAL será:

x ₁	x ₂	S ₃	S ₄	Solución
7	11	0	0	77
10	8	0	0	80
1	0	1	0	9
0	1	0	1	6

Su solución por Gauss-Jordan⁴, será:

x ₁	x ₂	S ₃	S ₄	Solución
1	0	0	0	4.88888889
0	1	0	0	3.88888889
0	0	1	0	4.11111111
0	0	0	1	2.11111111

En este caso el valor de Z será:

Básica	Z	x ₁	x ₂	S ₃	S ₄	Solución
Z	1	150*4.88	175*3.88	0*4.111	0*2.111	1,413.89

d) Esquina D (Tabla 3):

Variable de entrada: S₁ (variable No básica: = 0)

Variable de salida: S₄ (variable No básica: = 0)

El Sistema EAL será:

² (Online Mathematics Utilities - Zweigmedia, 2015): <https://www.zweigmedia.com/index.php?lang=en>

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

x_1	x_2	S_2	S_3	Solución
7	11	0	0	77
10	8	1	0	80
1	0	0	1	9
0	1	0	0	6

Su solución por Gauss-Jordan⁴, será:

x_1	x_2	S_2	S_3	Solución
1	0	0	0	1.57142857
0	1	0	0	6
0	0	1	0	16.2857143
0	0	0	1	7.42857143

En este caso el valor de Z será:

Básica	Z	x_1	x_2	S_2	S_3	Solución
Z	1	150*1.57	175*6	0*16.285	0*7.428	1,285.71

e) Esquina E (Tabla 3):

Variable de entrada: x_1 (variable No básica: = 0)

Variable de salida: S_4 (variable No básica: = 0)

El Sistema EAL será:

x_2	S_1	S_2	S_3	Solución
11	1	0	0	77
8	0	1	0	80
0	0	0	1	9
1	0	0	0	6

Su solución por Gauss-jordan, será:

x_2	S_1	S_2	S_3	Solución
1	0	0	0	6
0	1	0	0	11
0	0	1	0	32
0	0	0	1	9

En este caso el valor de Z será:

Básica	Z	x_2	S_1	S_2	S_3	Solución
Z	1	175*6	0*11	0*32.285	0*9	1,050.0

Como se ve en las tablas anteriores la solución óptima se obtiene con $Z=1,413.89$, (esquina factible C) es decir:

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Z	x_1	x_2	S_3	S_4	Solución
1	0	0	0	0	1,413.8889
0	1	0	0	0	4.8889
0	0	1	0	0	3.8889
0	0	0	1	0	4.1111
0	0	0	0	1	2.1111

Tabla 4 – Resultado Final Simplex

El hecho que en la Tabla Final (Tabla 4) queden S_3 y S_4 como variables básicas significa que la solución óptima está limitada por S_1 y S_2 . Como puede observarse en la Tabla Final, los resultados obtenidos son iguales a los obtenidos por el método gráfico.

3- Metodo Simplex - Solución con Software Matemático:

Existe una cantidad considerable de software dedicado la solución del algoritmo simplex. Se presentan aquí algunos de dichos programas aplicados a resolver el ejemplo anteriormente estudiado.

3.1- PHP SIMPLEX³

Este software en línea es amigable y para el ejemplo simplemente se llenan las formas o ventanas del programa con los datos:

Ventana 1 PHP - Datos Generales del Método

Ventana 2 PHP – Planteamiento del Problema

³ <http://www.phpsimplex.com/simplex/simplex.htm> Octubre 2017

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PHP Simplex

Inicio Teoría Ejemplo Ayuda Salir

Pasamos el problema a la forma estándar, añadiendo variables de exceso, holgura, y artificiales según corresponda.

MAXIMIZAR: $150 X_1 + 175 X_2$

$7 X_1 + 11 X_2 \leq 77$
 $10 X_1 + 8 X_2 \leq 80$
 $1 X_1 + 0 X_2 \leq 9$
 $0 X_1 + 1 X_2 \leq 6$
 $1 X_1 + 0 X_2 \geq 0$
 $0 X_1 + 1 X_2 \geq 0$

$X_1, X_2 \geq 0$

➔

MAXIMIZAR: $150 X_1 + 175 X_2 + 0 X_3 + 0 X_4 + 0 X_5 + 0 X_6 + 0 X_7 + 0 X_8 + 0 X_9 + 0 X_{10}$

$7 X_1 + 11 X_2 + 1 X_3 = 77$
 $10 X_1 + 8 X_2 + 1 X_4 = 80$
 $1 X_1 + 1 X_5 = 9$
 $0 X_1 + 1 X_2 + 1 X_6 = 6$
 $1 X_1 - 1 X_7 + 1 X_9 = 0$
 $0 X_1 + 1 X_2 - 1 X_8 + 1 X_{10} = 0$

$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10} \geq 0$

Pasamos a construir la primera tabla de la Fase I del método de las Dos Fases.

Continuar
Solución directa

Ventana 3 PHP – Sistema de Inecuaciones y Sistema EAL Sub-especificado

El problema se desarrolla por esquinas tal como se desarrolló anteriormente

PHP Simplex

Tabla 1			0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1
Base	Cb	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
P3	0	77	7	11	1	0	0	0	0	0	0	0
P4	0	80	10	8	0	1	0	0	0	0	0	0
P5	0	9	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
P6	0	6	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
P9	-1	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	1	0
P10	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	1
Z		0	-1	-1	0	0	0	0	1	1	0	0

Continuar

Ventana 4 PHP –(Tabla 1 Salida)

PHP Simplex

Tabla 2			0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1
Base	Cb	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
P3	0	77	0	11	1	0	0	0	7	0	-7	0
P4	0	80	0	8	0	1	0	0	10	0	-10	0
P5	0	9	0	0	0	0	1	0	1	0	-1	0
P6	0	6	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
P1	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	1	0
P10	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	1
Z		0	0	-1	0	0	0	0	0	1	1	0

Continuar

Ventana 5 PHP - (Tabla 2 Salida)

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PHPSimplex													
Inicio Teoría Ejemplo Ayuda Salir													
Tabla 3													
Base	Cb	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	
P3	0	77	0	0	1	0	0	0	7	11	-7	-11	
P4	0	80	0	0	0	1	0	0	10	8	-10	-8	
P5	0	9	0	0	0	0	1	0	1	0	-1	0	
P6	0	6	0	0	0	0	0	1	0	1	0	-1	
P1	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	1	0	
P2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	1	
Z		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	

Existe alguna solución posible para el problema, por lo que podemos pasar a la Fase II para calcularla.

Continuar

Ventana 6 PHP (Tabla 3 Salida)

PHPSimplex											
Tabla 1											
Base	Cb	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	
P3	0	77	0	0	1	0	0	0	7	11	
P4	0	80	0	0	0	1	0	0	10	8	
P5	0	9	0	0	0	0	1	0	1	0	
P6	0	6	0	0	0	0	0	1	0	1	
P1	150	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	
P2	175	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	
Z		0	0	0	0	0	0	0	-150	-175	

Continuar

Ventana 7 PHP (Tabla 4 Salida)

PHPSimplex											
Tabla 2											
Base	Cb	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	
P3	0	11	0	0	1	0	0	-11	7	0	
P4	0	32	0	0	0	1	0	-8	10	0	
P5	0	9	0	0	0	0	1	0	1	0	
P8	0	6	0	0	0	0	0	1	0	1	
P1	150	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	
P2	175	6	0	1	0	0	0	1	0	0	
Z		1050	0	0	0	0	0	175	-150	0	

Continuar

Ventana 8 PHP (Tabla 5 Salida)

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PHPSimplex											
Tabla 3			150	175	0	0	0	0	0	0	0
Base	Cb	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	
P7	0	1.57142857143	0	0	0.142857142857	0	0	-1.57142857143	1	0	
P4	0	16.2857142857	0	0	-1.42857142857	1	0	7.71428571429	0	0	
P5	0	7.42857142857	0	0	-0.142857142857	0	1	1.57142857143	0	0	
P8	0	6	0	0	0	0	0	1	0	1	
P1	150	1.57142857143	1	0	0.142857142857	0	0	-1.57142857143	0	0	
P2	175	6	0	1	0	0	0	1	0	0	
Z		1285.71428571	0	0	21.4285714286	0	0	-60.7142857143	0	0	

Continuar

Ventana 9 PHP (Tabla 6 Salida)

PHPSimplex											
Inicio Teoría Ejemplo Ayuda Salir											
Tabla 4			150	175	0	0	0	0	0	0	0
Base	Cb	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	
P7	0	4.88888888889	0	0	-0.148148148148	0.203703703704	0	0	1	0	
P6	0	2.11111111111	0	0	-0.185185185185	0.12962962963	0	1	0	0	
P5	0	4.11111111111	0	0	0.148148148148	-0.203703703704	1	0	0	0	
P8	0	3.88888888889	0	0	0.185185185185	-0.12962962963	0	0	0	1	
P1	150	4.88888888889	1	0	-0.148148148148	0.203703703704	0	0	0	0	
P2	175	3.88888888889	0	1	0.185185185185	-0.12962962963	0	0	0	0	
Z		1413.88888889	0	0	10.1851851852	7.87037037037	0	0	0	0	

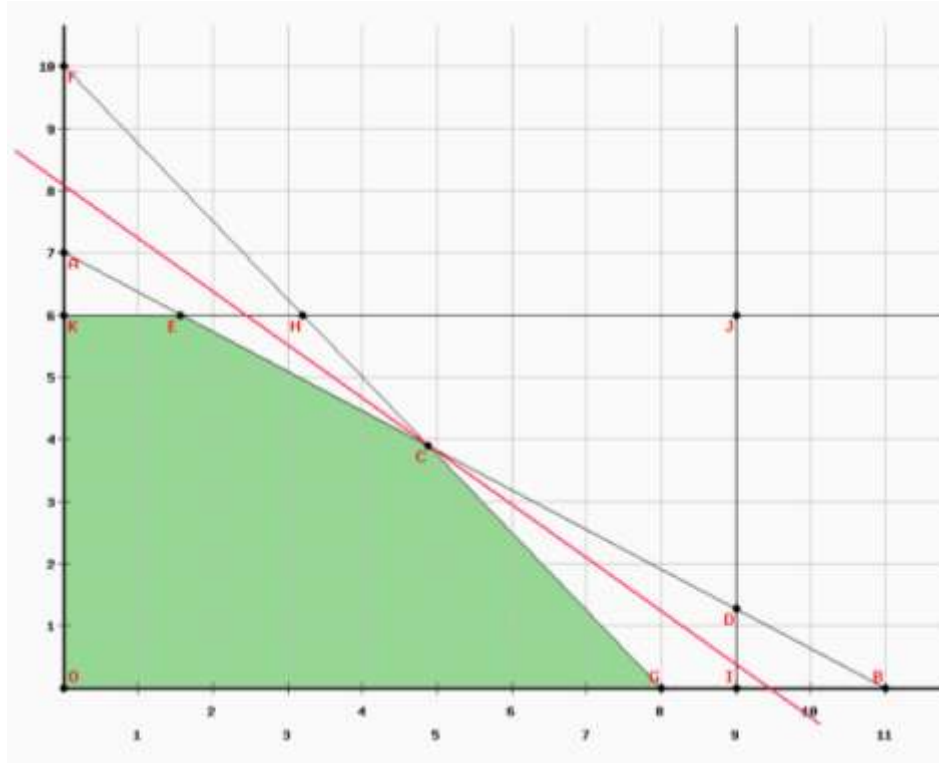
La solución óptima es Z = 1413.88888889
X1 = 4.88888888889
X2 = 3.88888888889

Ventana 10 PHP (Tabla Final)

Como puede verse los resultados finales son iguales a los obtenidos por los otros métodos.

Este software brinda la opción de resolver gráficamente el problema como se muestra a continuación (gráfica y tabla de resultados):

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



PHP Solución Gráfica

Punto	Coordenada X (X_1)	Coordenada Y (X_2)	Valor de la función objetivo (Z)
O	0	0	0
A	0	7	1225
B	11	0	1650
C	4.88888888888889	3.88888888888889	1413.88888888889
D	9	1.2727272727273	1572.7272727273
E	1.5714285714286	6	1285.7142857143
F	0	10	1750
G	8	0	1200
H	3.2	6	1530
I	9	0	1350
J	9	6	2400
K	0	6	1050

PHP Tabla de la Solución Gráfica

3.2- EULER MATH TOOLBOX⁴

Función: **simplex**(MatrizRestricc, VectorCol RHS, [bandera para max=1 o min=])

Aplicando esta función incorporada del programa (ver Código Programa) obtenemos directamente la solución del algoritmo simplex y el área de factibilidad (ver **Gráfica EMT – Área de Factibilidad**). Como puede apreciarse este programa confirma el resultado de los métodos anteriores.

Ejemplo de aplicación del Simplex

A= Matriz de restricciones

b = Matriz de RHS

c= Matriz de Coeficientes de la Función Objetivo

```
>A=[7,11; 10,8; 1,0; 0,1]
      7      11
     10      8
      1      0
      0      1
```

```
>b=[77; 80; 9; 6]
     77
     80
      9
      6
```

```
>c=[150,175]
```

```
[150, 175]
```

```
>s:= simplex(A,b,c,max=1)
      4.88889
      3.88889
```

```
>s'*c
```

```
[733.333, 680.556]
```

```
>sum(s'*c)
```

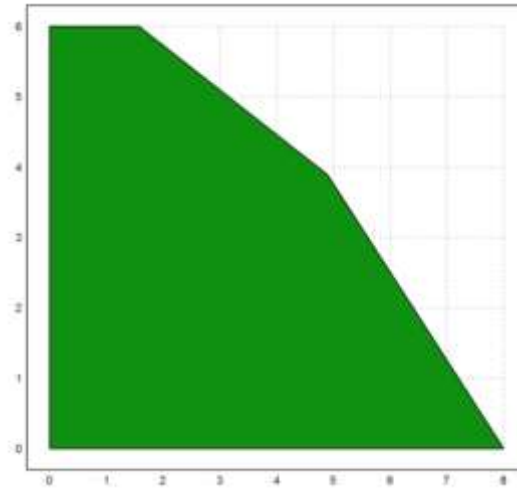
```
1413.88888889
```

Plot the feasible area

```
>v:=feasibleArea(A,b);
```

```
>plot2d(v[1],v[2],filled=1):
```

⁴ Software con licencia GPL desarrollado con base en MAXIMA por el Profesor René Grothmann, Universidad Católica de Eichstat, Alemania. <http://www.euler-math-toolbox.de/>



Gráfica EMT – Área de Factibilidad

3.3- UTILIDAD DE SIMPLEX EN LINEA⁵

En el sitio www.zweigmedia.com se tiene acceso, entre muchas utilidades en matemáticas, al método simplex para problemas de PL. Utilizando este software se tiene:

Enter the linear programming problem here:

☒ Maximize $z = 150x + 175y$ subject to the constraints:
☐ Minimize
☐ Show only the region defined by the following constraints:

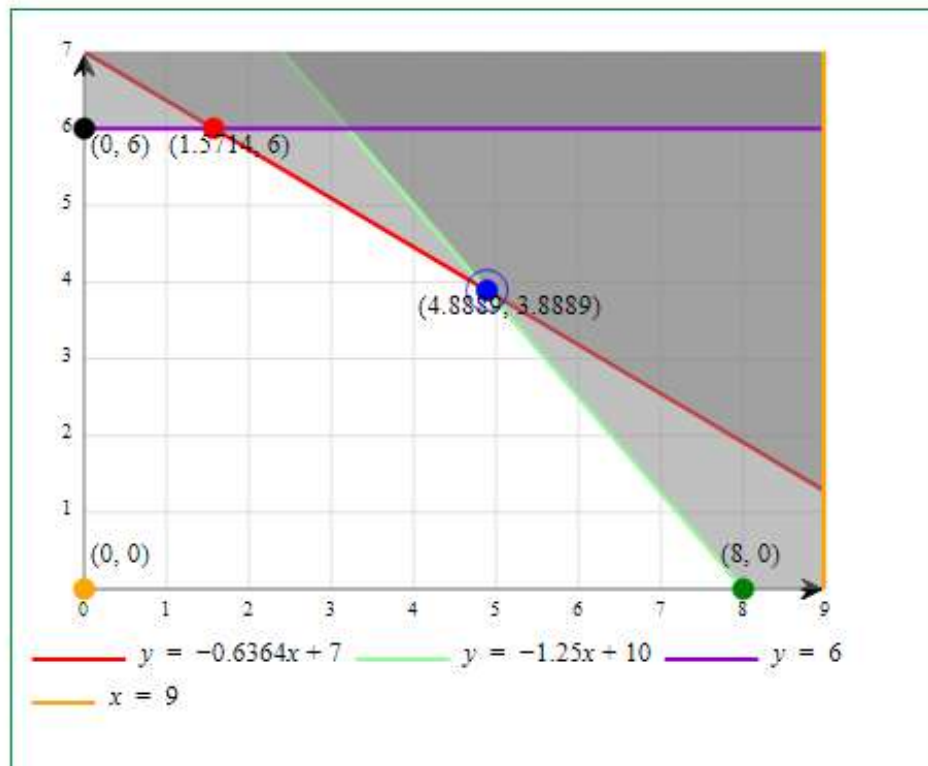
$7x + 11y \leq 77$
 $10x + 8y \leq 80$
 $x \leq 9$
 $y \leq 6$

Rounding: 4 decimal places Fraction Mode ☐

The solution will appear below.

Vertex	Lines through vertex	Value of objective
• (4.8889, 3.8889)	$7x + 11y = 77$ $10x + 8y = 80$	1413.8889 Maximum
• (1.5714, 6)	$7x + 11y = 77$ $y = 6$	1285.7143
• (8, 0)	$10x + 8y = 80$ $y = 0$	1200
• (0, 6)	$y = 6$ $x = 0$	1050
• (0, 0)	$x = 0$ $y = 0$	0

⁵ <https://www.zweigmedia.com/simplex/simplex.php?lang=en>



Como se observa los resultados son similares a los obtenidos en los otros métodos.

3.4- SOLUCIÓN CON WINQSB⁶ y DSWIN (Weiss J., 1998)

El ejemplo se desarrollará utilizando el módulo de programación lineal (PL) o *Linear Programming* del DSWIN ya que su aplicación es muy similar en los dos programas. Los datos se introducen en forma de hoja electrónica, en forma similar a los del Solver y se muestran en la Tabla de Datos de entrada..

Objective ☒ Maximize ☐ Minimize				
Ejemplo 6.2				
	X1	X2		RHS
Maximize	150	175		
Material a Procesar	7	11	<=	77
Tiempo de Proceso	10	8	<=	80
Almacenamiento Regular	1	0	<=	9
Almacenamiento Extra	0	1	<=	6
No negatividad	1	0	>=	0
No negatividad	0	1	>=	0

Tabla 5 -Datos Entrada DSWin

⁶ WinQSB[®] (Quantitative System Bussiness for Windows) es un software desarrollado por el profesor Yih-Long Chang del Georgia Institute of Technology (USA) desde hace mas de dos décadas. Es uno de los programas más utilizados en solución de problemas de Investigación Operacional por su facilidad de usar y por los temas que abarca. La versión actual es la 2.0.

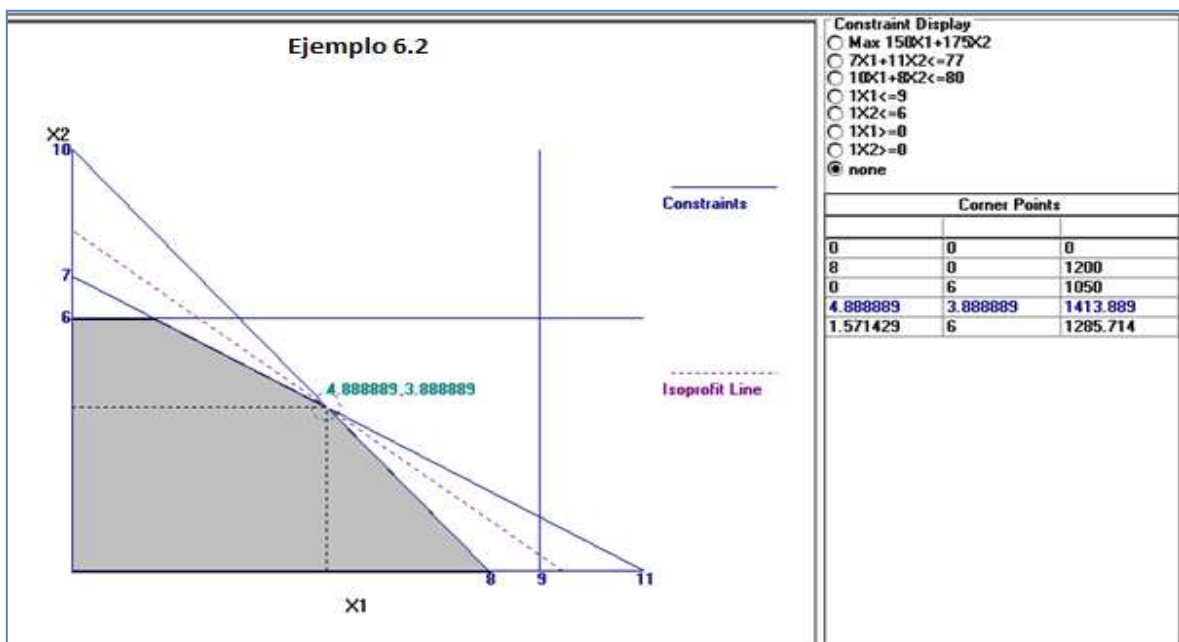
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Los resultados del software se muestran en la Tabla de Resultados, en presentación similar a una hoja electrónica. Los resultados son los mismos valores obtenidos por los métodos anteriores.

Igualmente puede decirse con el resultado gráfico que se muestra en la Gráfica de Resultados, en este caso el programa grafica el punto óptimo y la función objetivo máxima (*isoprofit line*), así como los valores de la función objetivo (Z) en las esquinas (puntos extremos factibles) del área de solución factible.

Ejemplo 6.2					
	X1	X2		RHS	Dual
Maximize	150.	175.			
Material a Procesar	7.	11.	<=	77.	10.1852
Tiempo de Proceso	10.	8.	<=	80.	7.8704
Almacenamiento Regular	1.	0.	<=	9.	0.
Almacenamiento Extra	0.	1.	<=	6.	0.
No negatividad	1.	0.	>=	0.	0.
No negatividad	0.	1.	>=	0.	0.
Solution->	4.8889	3.8889		1,413.89	

Tabla 6 - Resultados DSWin



Gráfica de Resultado gráfico DSWIN

4- SOLVER DE EXCEL®

El SOLVER es una herramienta incorporada como un complemento en las hojas electrónicas más conocidas actualmente, Excel® y LibreOffice®, (add-in). En la versión de Excel 2013 usualmente se requiere cargar dicho complemento. Una vez cargado se abre la pestaña *Datos* (*Data*).

Los pasos que se siguen son:

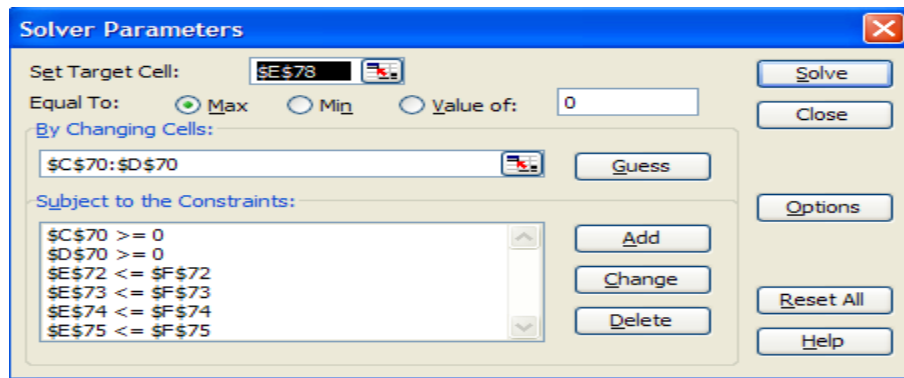
- Primero se plantea el problema en una Tabla de entrada (Tabla 7) donde se indican las fórmulas de las celdas de cálculo – amarillo- y los datos del problema ejemplo que estamos resolviendo).

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

		C	D	E	F
		Regular	Extra	Total	Disponible
		x_1	x_2		
70	Producción (ton/sem)				
71					
72	Materia Prima (ton)	7	11	=C72*C70+D72*D70	77
73	Tiempo planta (hr/ton)	10	8	=C73*C70+D73*D70	80
74	Almacenam. Regular (ton)			=C70	9
75	Almacenam. Extra (ton)			=D70	6
76					
77	Ganancia (\$/ton)	150	175		
78	Beneficio Total (\$/sem)	=C70*C77	=D70*D77	=C78+D78	

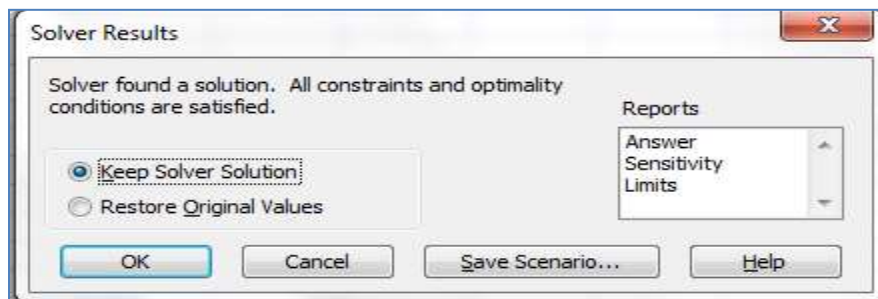
Tabla 7– Datos entrada del SOLVER

- Una vez se han entrado los datos básicos se carga el SOLVER (pestaña “data”) y se completa la información pedida (Ventana 11 - Parámetros del Solver) con los datos de la Tabla 7 anterior: celda que contiene la función objetivo, opción buscada, celdas a iterar (cambiantes), celdas de restricciones.



Ventana 11– Parámetros del SOLVER

- Se selecciona el método de solución, opción “GRG Nonlinear” y se ordena resolver (botón “**Solve**”).
- Cuando encuentra la solución óptima Excel presenta un cuadro de diálogo (Ventana 11) con las opciones de “guardar la solución” o “restaurar los datos” generar tres informes para el análisis de sensibilidad del problema.



Ventana 11– Aviso de Solución Encontrada

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

- Al aceptar guardar la solución óptima encontrada, los resultados de las soluciones se presentan en la tabla original de datos (ver Tabla 8 - Resultados del Solver).

		C	D	E	F
		Regular	Extra	Total	Disponible
		x_1	x_2		
70	Producción (ton/sem)	4.888889	3.888889		
71					
72	Materia Prima (ton)	7	11	77	77
73	Tiempo planta (hr/ton)	10	8	80	80
74	Almacenam. Regular (ton)			5	9
75	Almacenam. Extra (ton)			4	6
76					
77	Ganancia (\$/ton)	150	175		
78	Beneficio Total (\$/sem)	733.33	680.56	1,413.89	

Tabla 8 – Resultados del Solver

Como puede verse los resultados obtenidos por este método coinciden con los anteriores.