
**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE
MANABÍ**
FACULTAD DE CIENCIAS INFORMÁTICAS
INGENIERÍA EN SISTEMAS

APELLIDOS Y NOMBRES:
CASTRO VARA BRANGY GABRIEL

DOCENTE:
ING. JORGE MOYA

ASIGNATURA:
TÉCNICAS DE SIMULACIÓN

TEMA:
MANUAL DE USUARIO

OCTAVO NIVEL “A”

AÑO LECTIVO:
2020-2021(2)

Tabla de contenido	
Manual de usuario.....	3
Introducción.....	3
Método de Random	5
Método del Cuadrado medio	6
Método congruencial aditivo	7
Método congruencial multiplicativo	8
Métodos pronósticos.....	9
Método Promedio móvil.....	9
Método de Alisamiento exponencial	11
Métodos de Regresión	12
Método de Regresión Lineal.....	12
Método de Regresión no Lineal.....	14
Métodos de simulación.....	15
Método Montecarlo	16
Modelo de Inventario EOQ	19
Método de línea de espera.....	20
Valores Autogenerados	21
Método por congruencia lineal.....	22
Caso real.....	22

Manual de usuario

Introducción

El siguiente manual de usuario tiene como objetivo describir de manera puntual los pasos para el correcto uso de la página y la obtención de los resultados de los diferentes modelos.

Esta página web fue creada con el objetivo de dar a conocer el funcionamiento de los métodos utilizados para la simulación, pronósticos y Random con un menú en la parte superior agrupando los métodos con su respectiva clasificación.

A continuación, se detallará como están divididas las pestañas y ventanas:

1. Métodos Random

- ❖ *Método del cuadrado medio*
- ❖ *Método congruencial aditivo*
- ❖ *Método congruencial multiplicativo*
 - Autogenerar valores
 - Generador Excel-03 mod 30264
 - Generador Excel-07 mod 30307
 - Generador Excel-07 mod 30323

2. Métodos Probabilísticos

- ❖ *Promedio móvil*
- ❖ *Alisamiento exponencial*

3. Métodos de Regresión

- ❖ *Regresión lineal*
- ❖ *Regresión no lineal*

4. Métodos de Simulación

- ❖ *Método Montecarlo*
 - Por congruencial aditivo
 - Por congruencial multiplicativo

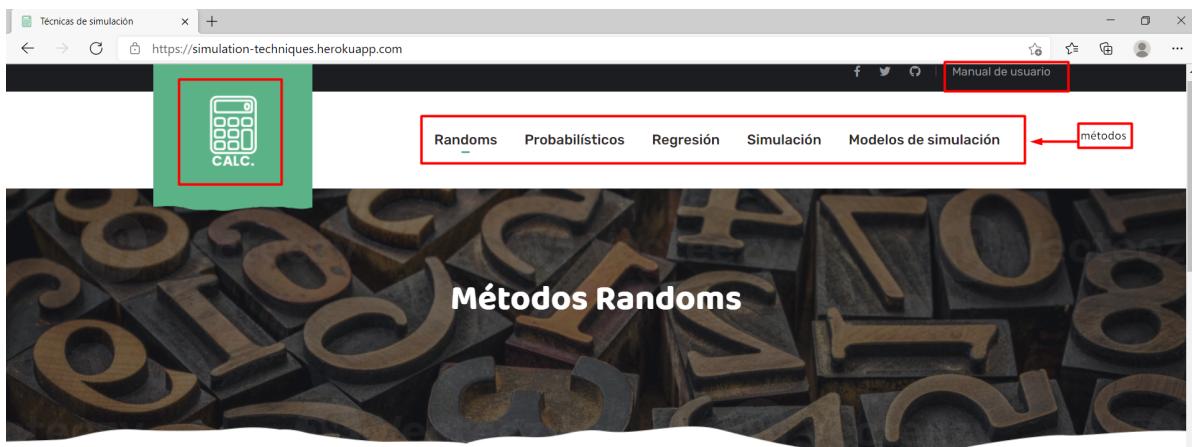
5. Modelos de simulación

- ❖ *Modelo de inventario*
 - Modelo EOQ
 - Simulación del inventario
 - Tabla de inventario para caso real
- ❖ *Modelo de línea de espera*
 - Valores autogenerados
 - Por congruencial aditivo
 - Por congruencial multiplicativo

6. Caso real

Método de Random

Al ingresar a la página nos encontraremos con la primera ventana la cual nos presenta la lista de opciones que tenemos para usar y una breve descripción del modelo o método en el que nos encontramos actualmente, en este caso lo primero que veremos al ingresar a la página web es el método de Random.



A screenshot of a web browser window showing the 'Métodos Randoms' page. The title 'Métodos Randoms' is at the top. Below it is a sub-section titled 'Métodos' with the sub-sub-section 'Métodos'. A red box highlights the 'Métodos' section. The text 'La simulación de cualquier sistema o proceso donde existen' is visible. The right side of the page shows a list of methods: 'Cuadrado medio', 'Congruencial aditivo', 'Congruencial multiplicativo', 'Autogenerar valores', 'generador excel-03 mod 30264', 'generador excel-07 mod 30307', and 'generador excel-07 mod 30323'. A red box highlights the 'Clasificación del método randoms' link, which is located to the right of the method list.

A screenshot of a web browser window showing the 'Métodos Randoms' page. The title 'Métodos Randoms' is at the top. Below it is a sub-section titled 'Métodos' with the sub-sub-section 'Métodos'. A red box highlights the 'Métodos' section. The text 'La simulación de cualquier sistema o proceso donde existen' is visible. The right side of the page shows a list of methods: 'Cuadrado medio', 'Congruencial aditivo', 'Congruencial multiplicativo', 'Autogenerar valores', 'generador excel-03 mod 30264', 'generador excel-07 mod 30307', and 'generador excel-07 mod 30323'. A red box highlights the 'Clasificación del método randoms' link, which is located to the right of the method list. An annotation with a red box and an arrow points from the 'Descripción del método' link in the left sidebar to the 'Cuadrado medio' method in the list.

En cada uno de los métodos encontraran un menú lateral del lado derecho con la clasificación de cada uno de ellos:

En la clasificación del método Random encontramos:

Método del Cuadrado medio

En este método colocaremos el número de iteraciones que queremos obtener el valor inicial con mínimo 3 dígitos, una vez que se calculan los valores dados anteriormente, este nos mostrara una tabla de valores Random, la gráfica de los valores aleatorios generados y una descripción de cómo obtener el resultado del valor inicial.

Valores elevados	Valor medio	Valor random
0 06031936	319	0.0319
1 00101761	1017	0.1017
2 01034289	342	0.0342
3 00116964	1169	0.1169
4 013665561	3665	0.3665
5 13432225	4322	0.4322
6 18679684	4796	0.6796
7 46185616	1856	0.1856
8 03444736	4447	0.4447
9 19775809	7758	0.7758

Método congruencial aditivo

Al ingresar al método congruencial este nos mostrara la siguiente imagen como su pantalla principal.

The screenshot shows a web interface for generating random numbers. At the top, there's a navigation bar with a calculator icon and links for Randoms, Pronóstico, Regresión, Simulación, and Modelos de simulación. Below the navigation, the title "Método congruencial lineal" is displayed with a red box around it. Underneath, there are five input fields: Semilla (Xn), Multiplicador (a), Incremento (c), Módulo (m), and N° de iteraciones (n). A green "Calcular" button is located below these fields. To the right of the inputs, there is explanatory text about the algorithm and its recursive formula: $X_i = (X_{i-1} + X_{i-n}) \bmod(m)$ for $i = n+1, n+2, n+3, \dots, N$.

Al llenar todos los campos con numero enteros, al darle clic al botón de calcular este nos va a mostrar lo siguiente:

Un recuadro con los parámetros que hay que rellenar, una descripción de cómo resolver el método.

This screenshot shows the same interface as above, but with a red box highlighting the "Resolución del ejercicio" section. This section contains the same input fields and explanatory text. It also includes a step-by-step calculation for the first iteration: $(4 * 101) + 457 = 861$. Below this, there's a note about applying the modulus to get the new seed value: $\frac{861}{1000} = 0.861$, $0.861 * 1000 = 861$. The text also mentions that this process is repeated for each iteration.



Método congruencial multiplicativo

En este método se pueden autogenerar valores y Excel:

The screenshot shows a software interface with a green header bar containing a calculator icon and the word "CALC.". Below the header, there are five menu options: Randoms, Pronóstico, Regresión, Simulación, and Modelos de simulación. A note below the menu states: "f | Manual de usuario". On the left, a large image of wooden letterpress blocks is visible. On the right, a dropdown menu for the "Congruencial multiplicativo" method is shown, listing four generator types. A red box highlights this menu, and an arrow points from it to the text "Clasificación del método congruencial multiplicativo" at the bottom right.

- Autogenerar valores
- generador excel-03 m od 30264
- generador excel-07 m od 30307
- generador excel-07 m od 30323

Clasificación del método congruencial multiplicativo

Métodos Randoms

La simulación de cualquier sistema o proceso donde existen componentes aleatorios necesita de números al azar, un número aleatorio es un número de una secuencia cuya probabilidad de ocurrencia es igual a la de cualquier otro número de la secuencia. Disponer de un buen generador de números aleatorios es fundamental en cualquier simulación. Aquí podrá encontrar una selección de diferentes generadores aleatorios con los que podrá trabajar.

Métodos

Cuadrado medio

Congruencial aditivo

Congruencial multiplicativo

Autogenerar valores

generador excel-03 mod 30264

generador excel-07 mod 30307

Métodos pronósticos

En la pantalla principal encontraremos una descripción breve sobre el método y su clasificación:

The screenshot shows a dark-themed application window. At the top, there's a navigation bar with tabs: Randoms, Pronóstico (which is underlined), Regresión, Simulación, and Modelos de simulación. A green button labeled 'CALC.' is visible on the left. In the center, a red-bordered box contains the title 'Métodos Pronóstico'. Below it, another red-bordered box contains the title 'Métodos Pronóstico' with a descriptive text about the need for future information in business. To the right, another red-bordered box lists 'Métodos' such as 'Promedio Móvil' and 'Alisamiento Exponencial'. Red arrows point from the text 'Descripción del método' to the first box and from 'Clasificación del método' to the second box.

Método Promedio móvil

Seleccionamos desde la ventana principal:

The screenshot shows the same dark-themed application window. The 'Pronóstico' tab is still selected. A red-bordered box contains the title 'Promedio Móvil' with a subtitle 'Métodos Pronóstico > Promedio Móvil'. Below this, there's a text input field with placeholder text 'Ingrese una serie de números separados por comas (,)'. A green 'Calcular' button is next to it. To the right, a red-bordered box contains the formula for moving average: $F_t = \frac{D_{t-1} + D_{t-2} + D_{t-3} + D_{t-n}}{n}$. Below the formula, explanatory text states: 'Donde F_t es el pronóstico del siguiente periodo, D_t valor observado en el periodo t y n el número de períodos a considerar'. A red arrow points from the text 'resolución del ejercicio' to the formula box.

Una vez que rellenemos los datos requeridos este nos mostrara los resultados del ejercicio con una solución detallada del ejercicio

 CALC.
Randoms
Pronóstico
Regresión
Simulación
Modelos de simulación

Ingrese una serie de números separados por comas (.)

Calcular

Descripción del ejercicio propuesto

Para sacar el promedio móvil usamos la siguiente fórmula:

$$F_t = \frac{D_{t-1} + D_{t-2} + D_{t-3} + D_{t-n}}{n}$$

Donde F_t es el pronóstico del siguiente periodo, D_t valor observado en el periodo t y n el número de períodos a considerar

En este caso son promedios de 3 y 4, con esto sumamos los datos y dividimos para la cantidad de datos sumados:

$$\frac{5501.0 + 6232.7 + 8118.3}{3} = 6617.3$$

Y para el promedio cuatro:

$$\frac{5501.0 + 6232.7 + 8118.3 + 10137.0}{4} = 7497.2$$

Para sacar los errores simplemente restamos el valor actual de ese momento con el promedio sacado:

$$\frac{8118.3}{6617.3} = 1501.0$$

Y para el error de promedio cuatro:

$$\frac{10137.0}{7497.2} = 2639.8$$

Y así seguimos hasta llegar al valor que deseamos encontrar sea por un promedio o por el otro.

También nos mostrará una tabla y una gráfica de promedios del ejercicio expuesto anteriormente:

 CALC.
Randoms
Pronóstico
Regresión
Simulación
Modelos de simulación

7497.2

Y así seguimos hasta llegar al valor que deseamos encontrar sea por un promedio o por el otro.

Tabla de promedios

	Valores	Promedio a 3	Promedio a 4	Error promedio 3	Error promedio 4
0	5501.000000	NaN	NaN	NaN	NaN
1	6232.700000	NaN	NaN	NaN	NaN
2	8118.300000	6617.300000	NaN	1501.0	NaN
3	10137.000000	8162.700000	7497.200000	1974.3	2639.8
4	10449.500000	9568.300000	8734.400000	881.2	1715.1
5	12794.600000	11127.000000	10374.800000	1667.6	2419.8
6	9939.100000	11061.100000	10830.000000	-1122.0	-890.9
7	13193.000000	11975.600000	11594.000000	1217.4	1599.0
8	16036.200000	13056.100000	12990.700000	2980.1	3045.5
9	18496.900000	15908.700000	14416.300000	2588.2	4080.6
10	18709.300000	17747.500000	16608.900000	961.8	2100.4
11	19363.500000	18856.600000	18151.500000	506.9	1212.0
12	16521.500000	18198.100000	18272.800000	-1676.6	-1751.3
13	15175.400000	17020.100000	17442.400000	-1844.7	-2267.0
14	16927.000000	16208.000000	16996.800000	719.0	-69.8
15	16207.966667	17142.066667	17570.666667	-934.1	-1362.7

Gráfica comparativa de promedios

Método de Alisamiento exponencial

Al ingresar a la ventana de alisamiento exponencial se coloca la serie de números separados por comas, se coloca el valor de alfa una vez que estén todos los valores colocados, se calcula y a continuación nos muestra un detalle de la resolución del ejercicio.

The screenshot shows a web-based calculator for exponential smoothing. At the top, there's a green header bar with the 'CALC.' logo. Below it, a navigation bar includes 'Randoms', 'Pronóstico', 'Regresión', 'Simulación', and 'Modelos de simulación'. A red box highlights the title 'Alisamiento exponencial' and the subtitle 'Métodos Pronóstico > Alisamiento exponencial'. The main input area has a placeholder 'Ingrese una serie de números separados por comas ()' followed by a text input containing the series: 5501.0, 6232.7, 8118.3, 10137.00, 10449.50, 12794.60, 9939.10, 13193.00, 16036.2, 18496.90, 18709.30, 19363.50, 16521.50, 15175.40, 16927.00. Below this is a field for 'Valor de alfa α [entre 0 y 1]' with a value of '0.1' entered. A green 'Calcular' button is present. To the right, a red box contains the 'Resolución del ejercicio' section, which details the formula $\alpha(X_n - 1) + (1 - \alpha)S_{n-1}$ and provides the calculation steps: $0.1(6232.7) + (1 - 0.1)5501.0 = 5574.17$. It also notes that this is a one-step-ahead forecast. Further down, another red box contains the 'Gráfico comparativo de valores y resultados' section, which includes a table of values and a line graph comparing original values with the exponential smoothing forecast.

También se mostrará una tabla de valores y un gráfico comparativo de valores y resultados:

The screenshot continues from the previous one, showing the results section. A red box highlights the 'Tabla de valores y resultados' table, which lists the original values, the smoothed value (S_n), and the forecast error for each data point. A red box also highlights the 'Gráfico comparativo de valores y resultados' section, which displays a line graph with two series: 'Valores originales' (blue line) and 'Suavización Exponencial' (orange line). The x-axis represents time points from 0 to 14, and the y-axis represents values from 6000 to 20000. The graph shows how the exponential smoothing line follows the general trend of the original values but remains much smoother.

	Valores	S_n	Error pronóstico
0	5501.0	NaN	NaN
1	6232.7	5501.00	731.70
2	8118.3	5574.17	2544.13
3	10137.0	5828.61	4308.39
4	10449.5	6259.44	4190.06
5	12794.6	6678.41	6116.19
6	9939.1	7290.02	2649.08
7	13193.0	7554.91	5638.09
8	16036.2	8118.71	7917.49
9	18496.9	8910.45	9586.45
10	18709.3	9869.05	8840.25
11	19363.5	10753.03	8610.47
12	16521.5	11614.05	4907.45
13	15175.4	12104.84	3070.56
14	16927.0	12411.86	4515.14
15	Pronóstico	12863.41	NaN

Métodos de Regresión

Al ingresar al método de regresión como ventana principal se mostrará un pequeño resumen sobre el método y su clasificación como se muestra en la siguiente imagen:

The screenshot shows the software's main menu at the top with options: Randoms, Pronóstico, Regresión (which is underlined), Simulación, and Modelos de simulación. A green icon with a calculator and the text 'CALC.' is on the left. Below the menu, there is a chalkboard background with mathematical formulas. A red box highlights the title 'Métodos de Regresión'. Another red box highlights the 'Resumen del método' (Summary of the method) and 'Clasificación del método' (Classification of the method) sections.

Métodos de Regresión

Resumen del método

Métodos de Regresión

El análisis de regresión es una técnica para investigar y modelar la relación entre variables. Aplicaciones de regresión son numerosas y ocurren en casi todos los campos, incluyendo ingeniería, la física, ciencias económicas, ciencias biológicas y de la salud, como también ciencias sociales.

Clasificación del método

Métodos

- Lineal
- No Lineal

Método de Regresión Lineal

Una vez que escogamos el método nos llevará a la ventana que lo contiene allí se tiene que colocar los datos, en ingresar valores de X y Y, debemos colocar números enteros separados por comas

The screenshot shows the 'Regresión lineal' (Linear Regression) window. At the top, it says 'Regresión lineal' and 'Métodos de Regresión > Regresión lineal'. Below that is a large chalkboard with the quadratic formula $\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$. The window contains two input fields: one for 'Ingresar los valores de X separados por comas (.)' (Enter values of X separated by commas (.)) and another for 'Ingresar los valores de Y separados por comas (.)' (Enter values of Y separated by commas (.)). A green 'Calcular' (Calculate) button is at the bottom. To the right, there is explanatory text about the general expression of a line and the formulas for slope (m) and y-intercept (b).

Ingresar los valores de X separados por comas (.)

Ingresar los valores de Y separados por comas (.)

Calcular

Su expresión general se basa en la ecuación de una recta $y = mx + b$.
Donde m es la pendiente y b el punto de corte, y vienen expresadas de la siguiente manera:

$$m = \frac{n * \sum(x * y) - \sum x * \sum y}{n * \sum x^2 - |\sum x|^2} \quad b = \frac{\sum y * \sum x^2 - \sum x * \sum(x * y)}{n * \sum x^2 - |\sum x|^2}$$

Una vez que se dé clic en calcular este nos mostrará la resolución del ejercicio

 CALC.
Randoms Pronóstico Regresión Simulación Modelos de simulación

Ingresar valores

Ingresar los valores de X separados por comas (.)

Ingresar los valores de Y separados por comas (.)

Calcular

Resolución del ejercicio

Su expresión general se basa en la ecuación de una recta $y = mx + b$.
Donde m es la pendiente y b el punto de corte, y vienen expresadas de la siguiente manera:

$$m = \frac{n * \sum(x * y) - \sum x * \sum y}{n * \sum x^2 - |\sum x|^2} \quad b = \frac{\sum y * \sum x^2 - \sum x * \sum(x * y)}{n * \sum x^2 - |\sum x|^2}$$

Como se puede ver usa las sumatorias de todas las columnas de nuestros datos, n viene siendo la cantidad de datos ingresados que equivale a 15, para los datos ingresados tenemos las siguientes sumatorias totales:

$$\sum x = 120.0 \quad \sum y = 197594.99999999997 \quad \sum x^2 = 1240.0 \quad \sum xy = 1835601.3$$

Por lo cual al reemplazar en m y b nos va a dar lo siguiente:

$$m = \frac{15 * 1835601.3 - 120.0 * 197594.99999999997}{15 * 1240.0 - |1240.0|^2} = 910.1474999999999$$

$$b = \frac{197594.99999999997 * 1240.0 - 120.0 * 1835601.3}{15 * 1240.0 - |1240.0|^2} = 5891.820000000007$$

La recta obtenida con el método de los mínimos cuadrados la siguiente:

$$y = 910.1474999999999 * x + 5891.820000000007$$

Si igualamos a 0 y despejamos x tendremos el valor de donde corta la recta en x :

$$0 = 910.1474999999999 * x + 5891.820000000007$$

$$x = -\frac{5891.820000000007}{910.1474999999999} = -6.473478199962102$$

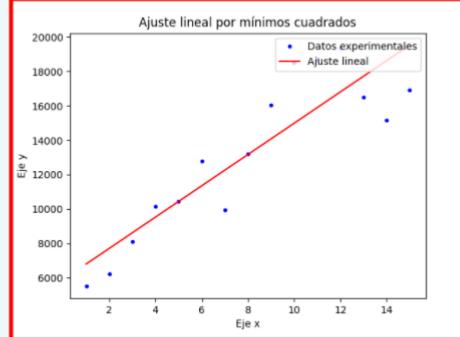
Y también se mostrará una tabla y gráfico de los datos ingresados con resultados:

 CALC.
Randoms Pronóstico Regresión Simulación Modelos de simulación

Tabla de valores

	X	Y	X^2	XY	Ajuste
0	1.0	5501.0	1.0	5501.0	6801.9675
1	2.0	6232.7	4.0	12465.4	7712.1150
2	3.0	8118.3	9.0	24354.9	8622.2625
3	4.0	10137.0	16.0	40548.0	9532.4100
4	5.0	10449.5	25.0	52247.5	10442.5575
5	6.0	12794.6	36.0	76767.6	11352.7050
6	7.0	9939.1	49.0	69573.7	12262.8525
7	8.0	13193.0	64.0	105544.0	13173.0000
8	9.0	16036.2	81.0	144325.8	14083.1475
9	10.0	18496.9	100.0	184969.0	14993.2950
10	11.0	18709.3	121.0	205802.3	15903.4425
11	12.0	19363.5	144.0	232362.0	16813.5900
12	13.0	16521.5	169.0	214779.5	17723.7375
13	14.0	15175.4	196.0	212455.6	18633.8850
14	15.0	16927.0	225.0	253905.0	19544.0325

Gráfica del ajuste



Método de Regresión no Lineal

Una vez que escojamos el método nos llevará a la ventana que lo contiene allí se tiene que colocar los datos, en ingresar valores de X y Y, debemos colocar números enteros separados por coma, y un número de datos a predecir:

Ingresar los valores de X separados por comas (.)

Ingresar los valores de Y separados por comas (.)

Dato a predecir

Calcular

La parábola de mínimos cuadrados que aproxima el conjunto de puntos $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), (X_3, Y_3), \dots, (X_N, Y_N)$ tiene ecuación dada por $y = a_0 + a_1 X + a_2 X^2$, donde las constantes a_0, a_1, a_2 se determinan al resolver simultáneamente las ecuaciones:

$$\begin{cases} \sum Y = a_0 N + a_1 \sum X + a_2 \sum X^2 \\ \sum XY = a_0 \sum X + a_1 \sum X^2 + a_2 \sum X^3 \\ \sum X^2 Y = a_0 \sum X^2 + a_1 \sum X^3 + a_2 \sum X^4 \end{cases}$$

Una vez que se dé clic en calcular este nos mostrará la resolución del ejercicio

Resolución del ejercicio

Ingresar los valores de X separados por comas (.)

Ingresar los valores de Y separados por comas (.)

Dato a predecir

Calcular

Datos ingresados

La parábola de mínimos cuadrados que aproxima el conjunto de puntos $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), (X_3, Y_3), \dots, (X_N, Y_N)$ tiene ecuación dada por $y = a_0 + a_1 X + a_2 X^2$, donde las constantes a_0, a_1, a_2 se determinan al resolver simultáneamente las ecuaciones:

Al tener nuestra tabla de valores con los datos ingresados tenemos las siguientes sumatorias de cada columna:

$$\begin{aligned} \sum x &= 0 & \sum y &= 197594.99999999997 & \sum x^2 &= 280 & \sum x^3 &= 0 \\ \sum x^4 &= 9352 & \sum xy &= 254841.3 & \sum x^2y &= 3371237.1 & & \end{aligned}$$

Lo cual al reemplazar en nuestras ecuaciones nos va a quedar de la siguiente manera:

$$\begin{cases} 197594.9999999997 = 15a_0 + 0a_1 + 280a_2 \\ 254841.3 = 0a_0 + 3371237.1a_1 + 0a_2 \\ 3371237.1 = 280a_0 + 0a_1 + 9352a_2 \end{cases}$$

Con estos datos ya podemos pasar a usar cualquier método para resolver sistemas de ecuaciones (reducción, sustitución o igualación) para conseguir los valores de nuestras constantes, con lo cual nos quedarán de la siguiente manera:

$$\begin{cases} a_0 = 14608.307239819012 \\ a_1 = 910.1475000000014 \\ a_2 = -76.89145927601844 \end{cases}$$

Y reemplazamos en la ecuación original, donde ya podemos ingresar el dato que queremos predecir para conocer el pronóstico estimado:

$y = 14608.307239819012 + 910.1475000000014(1) + -76.89145927601844(1)^2$

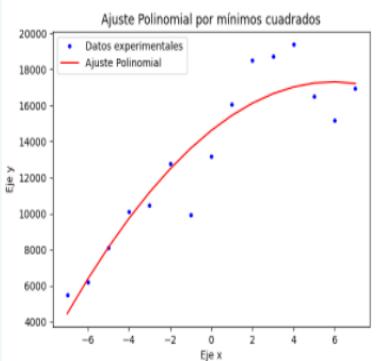
Pronóstico para $X_1 = 15441.563280542996$

Y también se mostrará una tabla y gráfico de los datos ingresados con resultados:

Tabla de resultados

	ValTiempo	X	Y	X^2	X^3	X^4	XY	X^2Y	Ajuste
0	1.0	-7	5501.0	49.0	-343.0	2401.0	-38507.0	269549.0	4469.593235
1	2.0	-6	6232.7	36.0	-216.0	1296.0	-37396.2	224377.2	6379.329706
2	3.0	-5	8118.3	25.0	-125.0	625.0	-40591.5	202957.5	8135.283258
3	4.0	-4	10137.0	16.0	-64.0	256.0	-40548.0	162192.0	9737.453891
4	5.0	-3	10449.5	9.0	-27.0	81.0	-31348.5	94045.5	11185.841606
5	6.0	-2	12794.6	4.0	-8.0	16.0	-25589.2	51178.4	12480.446403
6	7.0	-1	9939.1	1.0	-1.0	1.0	-9939.1	9939.1	13621.268281
7	8.0	0	13193.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14608.307240
8	9.0	1	16036.2	1.0	1.0	1.0	16036.2	16036.2	15441.563281
9	10.0	2	18496.9	4.0	8.0	16.0	36993.8	73987.6	16121.036403
10	11.0	3	18709.3	9.0	27.0	81.0	56127.9	168383.7	16646.726606
11	12.0	4	19363.5	16.0	64.0	256.0	77454.0	309816.0	17018.633891
12	13.0	5	16521.5	25.0	125.0	625.0	82607.5	413037.5	17236.758258
13	14.0	6	15175.4	36.0	216.0	1296.0	91052.4	546314.4	17301.099706
14	15.0	7	16927.0	49.0	343.0	2401.0	118489.0	829423.0	17211.658235
15	Dato buscado	1	0.0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	15441.563281

Gráfica comparativa de ajuste



Métodos de simulación

Al ingresar al método de simulación como ventana principal se mostrará un pequeño resumen sobre el método y su clasificación como se muestra en la siguiente imagen:

Métodos de simulación

Resumen del método

Métodos de Simulación

La simulación es el producto de: El estudio del Sistema, la Modelación de los componentes del sistema, la utilización de Técnicas y herramientas estadísticas, números aleatorios y pronósticos para obtener un completo informe de resultados junto con la utilización de un Lenguaje de programación que nos permite realizar el análisis de datos. Esta es una valiosa herramienta que puede ser para una amplia variedad de problemas prácticos de la vida real.

Clasificación del método

Métodos

- Método Monte Carlo
- Por congruencial lineal
- Por congruencial multiplicativo
- Método de la transformada inversa
- Por congruencial lineal
- Por congruencial multiplicativo

Método Montecarlo

Ingresamos a método de Montecarlo mostrara la ventana principal en donde nos mostrara la clasificación del mismo como se muestra en la imagen:

The screenshot shows the main interface of the 'Método Monte Carlo' software. At the top, there's a navigation bar with links: Randoms, Pronóstico, Regresión, Simulación, and Modelos de simulación. Below the navigation bar, the title 'Método Monte Carlo' is displayed, along with a sub-link 'Métodos de Simulación > Método Monte Carlo'. A large heading 'Clasificación del método' is centered above two buttons: 'Por congruencial lineal' (highlighted with a red box and arrow) and 'Por congruencial multiplicativo'. Below these buttons, there are input fields for 'Escriba los valores de ingreso separados por comas (.):' containing '5501.0, 6232.7, 8118.3, 10137.00, 10449.50, 12794.60, 9939.10, 13193.00, 16036.2, 18496.90, 18709.30, 19363.50, 16521.50, 15175.40, 16927.00', and 'Número de eventos que desea (n):' with the value '20'. To the right of these inputs is a descriptive text about the Monte Carlo method. At the bottom, there are fields for 'Módulo (m)', 'Multiplicador (a)', 'Semilla (Xn)', and 'Incremento (c)'. A green 'Calcular' button is located at the bottom right.

Método por congruencia lineal

Una vez que se nos muestre la ventana del metodo de congruencia lineal tendremos que llenar los parametros requeridos:los valores de ingreso deben ser escritos en numeros enteros y cada cifra debera ser separada con comas, los numeros de eventos que se van a utilizar, el modulo, el multiplicador, la semilla y el incremento todos deben ser numeros enteros. Al dar clic en calcular este nos mostrara la siguiente imagen:

This screenshot shows the same software interface as the previous one, but with a red box highlighting the 'Resolución del ejercicio' (Resolution of the exercise) section on the right side. This section contains a detailed explanation of the Monte Carlo method and its application to this specific case. It includes mathematical formulas and steps for calculating probabilities and generating random numbers. The 'Resolución del ejercicio' box is labeled with a red arrow pointing to it from the left.

También nos mostraran las tablas de probabilidades mínimas y máximas y la tabla de simulación:

Tabla de probabilidades de mínimas y máximas					Tabla de la simulación		
	Valores	Probabilidad	FPA	Min	Max	r _i	Simulación
0	5501.0	0.027840	0.027840	0.000000	0.027840	0.338	13193.0
1	6232.7	0.031543	0.059383	0.027840	0.059383	0.943	16927.0
2	8118.3	0.041086	0.100468	0.059383	0.100468	0.878	15175.4
3	10137.0	0.051302	0.151770	0.100468	0.151770	0.323	13193.0
4	10449.5	0.052883	0.204653	0.151770	0.204653	0.738	19363.5
5	12794.6	0.064752	0.269405	0.204653	0.269405	0.743	19363.5
6	9939.1	0.050300	0.319705	0.269405	0.319705	0.478	18496.9
7	13193.0	0.066768	0.386473	0.319705	0.386473	0.523	18496.9
8	16036.2	0.081157	0.467630	0.386473	0.467630	0.138	10137.0
9	18496.9	0.093610	0.561240	0.467630	0.561240	0.543	18496.9
10	18709.3	0.094685	0.655926	0.561240	0.655926	0.078	8118.3
11	19363.5	0.097996	0.753921	0.655926	0.753921	0.723	19363.5
12	16521.5	0.083613	0.837534	0.753921	0.837534	0.538	18496.9
13	15175.4	0.076801	0.914335	0.837534	0.914335	0.343	13193.0
14	16927.0	0.085665	1.000000	0.914335	1.000000	0.678	19363.5

Método por congruencial multiplicativo

Una vez que se nos muestre la ventana del metodo de congruencia lineal tendremos que llenar los parametros requeridos: los valores de ingreso deben ser escritos en numeros enteros y cada cifra debera ser separada con comas, los numeros de eventos que se van a utilizar, el modulo, el multiplicador y la semilla todos deben ser numeros enteros. Al dar clic en calcular este nos mostrara la siguiente imagen:

The screenshot shows a user interface for generating random numbers. At the top, there's a navigation bar with links: Randoms, Pronóstico, Regresión, Simulación, and Modelos de simulación. Below the navigation, there are two main sections: "Por congruencial lineal" and "Por congruencial multiplicativo". The "Por congruencial multiplicativo" section is highlighted with a green background and a red arrow points to its explanatory text.

Resolución del ejercicio

Por congruencial multiplicativo

Escriba los valores de ingreso separados por comas (.)

5501.0, 6232.7, 8118.3, 10137.00, 10449.50, 12794.60, 9939.10, 13193.00, 16036.2, 18496.90, 18709.30, 19363.50, 16521.50, 15175.40, 16927.00

Número de eventos que desea (n)

20

Módulo (m)

1000

Multiplicador (a)

747

Semilla (X_n)

123

Calcular

El método de Montecarlo abarcan una colección de técnicas que permiten obtener soluciones de problemas matemáticos o físicos por medio de pruebas aleatorias repetidas. Es por esto que no se le puede asignar una fórmula general, sino que se adapta al problema en concreto basándose en los pasos que sigue este método.

Para este caso en particular, una vez ingresados los datos sacamos la probabilidad de cada valor, esto se hace sumando todos los valores ingresados primero, para luego dividir cada valor por la suma realizada anteriormente, por ejemplo para el primer dato tenemos:

$$\frac{\sum(\text{datos})}{15} = \frac{197594.9999999999}{15} = 0.027839773273615226$$

5501.0 / 197594.9999999999 = 0.027839773273615226

Luego sacamos la FPA (probabilidad acumulada) y los **mínimos y máximos**, donde la FPA actual va a ser la suma de la probabilidad del dato anterior con la probabilidad del dato actual, mientras que para **mínimos y máximos**, el mínimo va a ser la FPA anterior, y para el máximo la FPA actual. Todo se puede apreciar mejor en el gráfico.

Por último generamos nuestros números aleatorios por el generador de nuestra preferencia, y buscamos entre que rango se encuentra este número para determinar a que valor corresponde y así generar nuestros datos de la simulación.

También nos mostraran las tablas de probabilidades mínimas y máximas y la tabla de simulación:

Tabla de probabilidades de mínimas y máximas						Tabla de la simulación		
	Valores	Probabilidad	FPA	Min	Max		r _i	Simulación
0	5501.0	0.027840	0.027840	0.000000	0.027840	0	0.881	15175.4
1	6232.7	0.031543	0.059383	0.027840	0.059383	1	0.107	10137.0
2	8118.3	0.041086	0.100468	0.059383	0.100468	2	0.929	16927.0
3	10137.0	0.051302	0.151770	0.100468	0.151770	3	0.963	16927.0
4	10449.5	0.052883	0.204653	0.151770	0.204653	4	0.361	13193.0
5	12794.6	0.064752	0.269405	0.204653	0.269405	5	0.667	19363.5
6	9939.1	0.050300	0.319705	0.269405	0.319705	6	0.249	12794.6
7	13193.0	0.066768	0.386473	0.319705	0.386473	7	0.003	5501.0
8	16036.2	0.081157	0.467630	0.386473	0.467630	8	0.241	12794.6
9	18496.9	0.093610	0.561240	0.467630	0.561240	9	0.027	5501.0
10	18709.3	0.094685	0.655926	0.561240	0.655926	10	0.169	10449.5
11	19363.5	0.097996	0.753921	0.655926	0.753921	11	0.243	12794.6
12	16521.5	0.083613	0.837534	0.753921	0.837534	12	0.521	18496.9
13	15175.4	0.076801	0.914335	0.837534	0.914335	13	0.187	10449.5
14	16927.0	0.085665	1.000000	0.914335	1.000000	14	0.689	19363.5

Modelos de Simulación Una vez que demos clic en el modelo de inventario este nos mostrará la ventana principal donde se observara una breve descripción del modelo y su clasificación:

Modelos de simulación

Se trata de permitir predecir, comparar y optimizar el comportamiento de sus procesos simulados en un tiempo muy breve sin el coste ni el riesgo de llevarlos a cabo, haciendo posible la representación de los procesos, recursos, productos y servicios en un modelo dinámico. Por lo general estos están enfocados más a los procesos realizados por las empresas.

Modelos

- Modelos de inventario
- Modelo EOQ
- Simulación del inventario
- Modelo de línea de espera
- Valores autogenerados
- Por congruencial lineal
- Por congruencial multiplicativo

Modelo de Inventario EOQ

Una vez que entremos en inventario EOQ, nos pedirá llenar unos datos según el ejercicio a realizar, en este se ingresaran valores en valor de la demanda, costo de ordenar, costo de mantenimiento, costo por unidad del producto, tiempo de espera del producto, días hábiles del año y el periodo del inventario. Una vez que tengamos llenos todos los campos estos no mostrar una breve resolución del ejercicio según se muestra en la imagen:

Resolución del ejercicio

Se trata en determinar con qué frecuencia y en qué cantidad se debe reabastecer el inventario de manera que se minimice la suma de los costos por unidad de tiempo. Tenemos varias relaciones matemáticas como son:

$$\text{Número anual de pedidos} : N = D/Q$$

$$\text{Inventario promedio anual} : Q/2$$

$$\text{Costo anual de mantener el inventario} : ChT = Q/2 * Ch$$

$$\text{Costo anual de hacer los pedidos} : CoT = D/Q * Co$$

$$\text{Costo total de inventario} : M(O(Q)) = ChT + CoT$$

$$\text{Tiempo entre pedidos} : T = Q/D$$

Donde N es el número de pedidos, T el tiempo entre pedidos, D es la demanda, Q la cantidad óptima de pedido, Ch el costo de mantener y ChT el costo anual de mantener, Co el costo de ordenar y CoT el costo anual de ordenar, y por último, $M(O(Q))$ el costo mínimo total.

Para los datos ingresados se tienen los siguientes resultados:

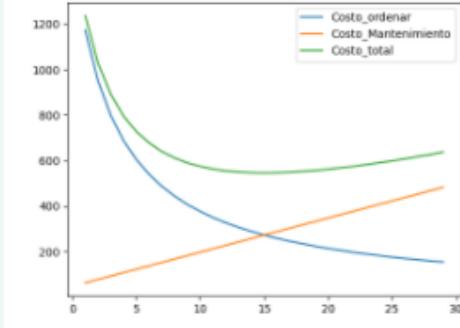
Cantidad optima de pedidos	= 1095.45
Costo total de ordenar	= 273.75
Costo total de mantener el inventario	= 273.86
Costo total de inventario	= 547.61
Costo total del sistema de inventario	= 30547.61
Número total de pedidos	= 10.95
Punto de reorden	= 240.0
Tiempo de pedido	= 22.83

También nos mostrara una tabla de costos y un gráfico comparativo de costos:

Tabla de costos

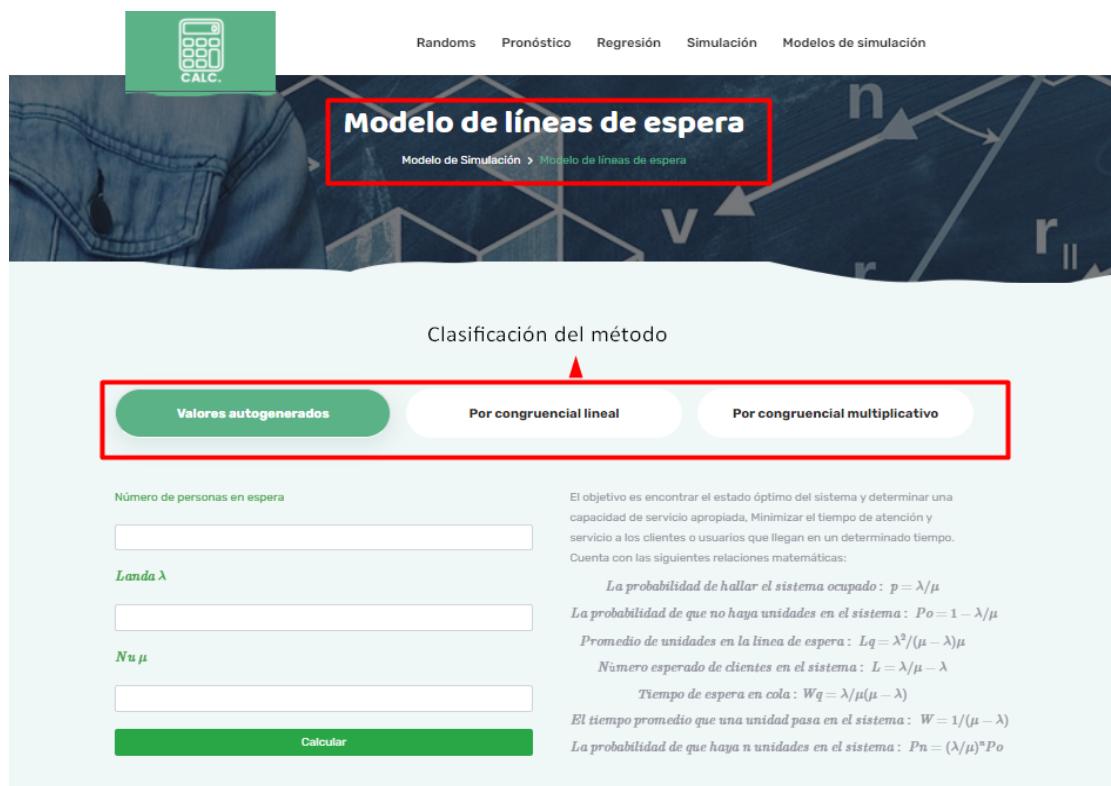
	Q	Costo_ordenar	Costo_Mantenimiento	Costo_total	Diferencia_Costo_Total
1	255.45	1174	63	1237	689
2	315.45	951	78	1029	481
3	375.45	799	93	892	344
4	435.45	688	108	796	248
5	495.45	605	123	728	180
6	555.45	540	138	678	130
7	615.45	487	153	640	92
8	675.45	444	168	612	64
9	735.45	407	183	590	42
10	795.45	377	198	575	27
11	855.45	350	213	563	15
12	915.45	327	228	555	7
13	975.45	307	243	550	2
14	1035.45	289	258	547	0
15	1095.45	273	273	546	-1
16	1155.45	259	288	547	0
17	1215.45	246	303	549	1
18	1275.45	235	318	553	5
19	1335.45	224	333	557	9
20	1395.45	214	348	562	14
21	1455.45	206	363	569	21
22	1515.45	197	378	575	27
23	1575.45	190	393	583	35
24	1635.45	183	408	591	43
25	1695.45	176	423	599	51
26	1755.45	170	438	608	60
27	1815.45	165	453	618	70
28	1875.45	160	468	627	79
29	1935.45	155	483	638	90

Gráfico comparativo de costos



Método de línea de espera

Damos clic y se nos mostrara la pantalla principal del método línea de espera, y nos mostrara su clasificación:



Modelo de líneas de espera

Modelo de Simulación > Modelo de líneas de espera

Clasificación del método

Valores autogenerados Por congruencial lineal Por congruencial multiplicativo

Número de personas en espera:

Landa λ :

Nu μ :

Calcular

El objetivo es encontrar el estado óptimo del sistema y determinar una capacidad de servicio apropiada. Minimizar el tiempo de atención y servicio a los clientes o usuarios que llegan en un determinado tiempo. Cuenta con las siguientes relaciones matemáticas:

$P_o = \frac{\lambda}{\lambda + \mu}$

$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$

$L_s = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} + \frac{\lambda}{\mu}$

$W_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$

$W_s = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} + \frac{1}{\mu}$

$P_n = \frac{\lambda^n}{\mu^n} P_o$

Valores Autogenerados

Aquí llenaremos los campos donde se detalla el valor de números de personas, landa y la capacidad del promedio: Al llenar los datos damos clic en calcular y nos mostrara la resolución analítica del ejercicio.

Valores autogenerados
Por congruencial lineal
Por congruencial multiplicativo

Número de personas en espera

Landa λ

Nu μ

Resolución del ejercicio

El objetivo es encontrar el estado óptimo del sistema y determinar una capacidad de servicio apropiada. Minimizar el tiempo de atención y servicio a los clientes o usuarios que llegan en un determinado tiempo. Cuenta con las siguientes relaciones matemáticas:

La probabilidad de hallar el sistema ocupado : $p = \lambda/\mu$

La probabilidad de que no haya unidades en el sistema : $P_0 = 1 - \lambda/\mu$

Promedio de unidades en la linea de espera : $L_q = \lambda^2/(\mu - \lambda)\mu$

Número esperado de clientes en el sistema : $L = \lambda/\mu - \lambda$

Tiempo de espera en cola : $W_q = \lambda/\mu(\mu - \lambda)$

El tiempo promedio que una unidad pasa en el sistema : $W = 1/(\mu - \lambda)$

La probabilidad de que haya n unidades en el sistema : $P_n = (\lambda/\mu)^n P_0$

Para los datos ingresados los resultados serían los siguientes:

La probabilidad de hallar el sistema ocupado : 0.333

La probabilidad de que no haya unidades en el sistema : 0.667

Promedio de unidades en la linea de espera : 0.167

Número esperado de clientes en el sistema : 0.5

Tiempo de espera en cola : 0.125

El tiempo promedio que una unidad pasa en el sistema : 0.375

La probabilidad de que haya n unidades en el sistema : 0.222

También nos mostrara la tabla de resultados, el gráfico de valores y la tabla de valores acumulados:

Tabla de resultados

	A_LLEGADA	A_SERVICIO	TIE_LLEGADA	TIE_SERVICIO	TIE_EXACTO_LLEGADA	TIE_INI_SERVICIO	TIE_FIN_SERVICIO	TIE_ESPERA	TIE_EN_SISTEMA
0	0.352216	0.201962	1.391000	6.398707	1.391000	1.391000	7.789707	0.000000	6.398707
1	0.420515	0.657650	1.154745	1.676327	2.545744	7.789707	9.466035	5.243963	6.920290
2	0.741017	0.375935	0.399543	3.913360	2.945287	9.466035	13.379394	6.520747	10.434107
3	0.516116	0.961915	0.881679	0.155315	3.826966	13.379394	13.534709	9.552429	9.707743
4	0.558721	0.054583	0.775945	11.632104	4.602911	15.534709	25.166813	8.931798	20.565902
5	0.002616	0.250258	7.926336	5.541052	12.529247	25.166813	30.707865	12.637566	18.78618
6	0.643885	0.677715	0.586833	1.556114	13.116080	30.707865	32.263979	17.591785	19.147899
7	0.843092	0.519767	0.227516	2.617502	13.343596	32.263979	34.881481	18.920383	21.537885
8	0.307087	0.877197	1.573772	0.524094	14.971736	34.881481	35.405575	19.964113	20.488207
9	0.248843	0.129357	1.854113	8.180718	16.771482	35.405575	43.586293	18.634093	26.814812

Gráfico de valores

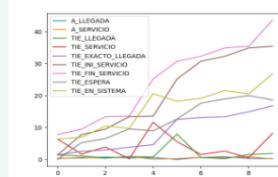


Tabla de valores acumulados

	A_LLEGADA	A_SERVICIO	TIE_LLEGADA	TIE_SERVICIO	TIE_EXACTO_LLEGADA	TIE_INI_SERVICIO	TIE_FIN_SERVICIO	TIE_ESPERA	TIE_EN_SISTEMA
count	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000
mean	0.463411	0.470634	1.677148	4.219529	8.598968	20.398656	24.618185	11.799688	16.019217
std	0.250037	0.317317	2.256265	3.704779	6.003480	12.653254	12.645925	6.844901	7.058888
min	0.002616	0.054583	0.227516	0.155315	1.391000	1.391000	7.789707	0.000000	6.398707
25%	0.318369	0.214036	0.654111	1.586167	3.165707	10.444375	13.418223	7.123510	9.889334
50%	0.468315	0.447851	1.018212	3.265431	8.566079	19.350761	27.937339	11.094997	18.663258
75%	0.622594	0.672699	1.528079	6.184294	13.286717	31.874951	34.227106	18.373516	20.544978
max	0.843092	0.961915	7.926336	11.632104	16.771482	35.405575	43.586293	19.964113	26.814812

Método por congruencia lineal

Aquí llenaremos los campos donde se detallan los valores de ingreso deben ser escritos en numeros enteros, los parametros que se ingresaran son los numeros de personas en espera, el modulo, el multiplicador, la semilla, el incremento, landa y Nu. Al dar clic en calcular este nos mostrara la siguiente imagen:

También nos mostrara la tabla de resultados, el gráfico de valores y la tabla de valores acumulados:

Tabla de resultados

	A_LLEGADA	A_SERVICIO	TIE_LLEGADA	TIE_SERVICIO	TIE_EXACTO_LLEGADA	TIE_INI_SERVICIO	TIE_FIN_SERVICIO	TIE_ESPERA	TIE_EN_SISTEMA
0	0.646002	0.554358	0.582458	2.359781	0.582458	0.582458	2.942240	0.000000	2.359781
1	0.895777	0.513028	0.146715	2.669701	0.729173	2.942240	5.611940	2.213067	4.882767
2	0.389937	0.438455	1.255379	3.297996	1.984552	5.611940	8.909936	3.627388	6.925384
3	0.238095	0.499551	1.912968	2.776184	3.897520	8.909936	11.686120	5.012416	7.788600
4	0.292027	0.088050	1.649137	9.719387	5.546657	11.686120	21.405508	6.139463	16.858851
5	0.645103	0.389039	0.584314	3.776306	6.130971	21.405508	25.181814	15.274537	19.050844
6	0.872417	0.214735	0.181938	6.153403	6.312909	25.181814	31.335217	18.868905	25.022309
7	0.782570	0.682839	0.326815	1.525984	6.639724	31.335217	32.861201	24.695494	26.221477
8	0.446541	0.853549	1.074697	0.633409	7.714421	32.861201	33.494611	25.146780	25.780190
9	0.709793	0.292004	0.456928	4.923957	8.171348	33.494611	38.418567	25.323262	30.247219

Gráfico de valores

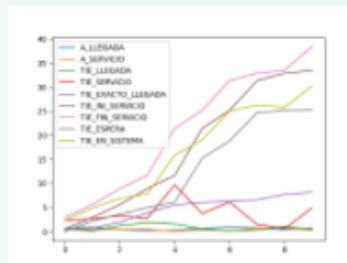


Tabla de valores acumulados

	A_LLEGADA	A_SERVICIO	TIE_LLEGADA	TIE_SERVICIO	TIE_EXACTO_LLEGADA	TIE_INI_SERVICIO	TIE_FIN_SERVICIO	TIE_ESPERA	TIE_EN_SISTEMA
count	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000
mean	0.591644	0.452561	0.817135	3.783611	4.770973	17.401105	21.184715	12.630131	16.413742
std	0.236915	0.223480	0.622169	2.618084	2.807814	12.928954	12.996284	10.319956	10.282433
min	0.238095	0.088050	0.146715	0.633409	0.582458	0.582458	2.942240	0.000000	2.359781
25%	0.404088	0.316262	0.359343	2.437261	2.462794	6.436439	9.603982	3.973645	7.141188
50%	0.645553	0.469003	0.583386	3.037090	5.838814	16.545814	23.293661	10.707000	17.454847
75%	0.764376	0.544025	1.210209	4.637044	6.558020	29.794867	32.479705	23.238847	25.590720
max	0.895777	0.853549	1.912968	9.719387	8.171348	33.494611	38.418567	25.323262	30.247219

Caso real

Línea de espera para la
Picandería J&Z

En esta pagina se muestra una breve descripción de la empresa que se utilizo para realizar un análisis del modelo de línea de espera en la vida real.

Descripción de la empresa

La picandería "J&Z" es un establecimiento dedicado a la venta principalmente de encebollado pero tiene un menú para platos a la carta, esta ubicado en la parroquia de Crucita perteneciente a la ciudad de Portoviejo. Su horario de atención es de 06H30 hasta las 14H00 de lunes a domingo.

También nos muestra una tablas con valores obtenidos por días en que labora la picandería, en esta tabla están el numero de cliente que llegan, el tiempo de llegada y el tiempo de servicio.

Datos obtenidos

Días	Clientes	Tiempo de muestra (min)	Media de tiempo de llegada (min) (λ)	Media de tiempo de servicio (min) (μ)
Lunes	10	30	3.00	5.50
Martes	12	15	1.25	5.30
Miércoles	10	25	2.50	5.20
Jueves	35	15	2.33	9.20
Viernes	20	40	2.00	10.50
Sábado	50	30	0.60	13.40
Domingo	70	30	0.42	16.00
Resultado	187	205	12.10	65.10

Aquí llenaremos los campos donde se detalla el valor de números de personas, landa y la capacidad del promedio: Al llenar los datos damos clic en calcular y nos mostrara la resolución analítica del ejercicio.

Número de personas en espera

Landa λ

Nu μ

Calcular

El objetivo es encontrar el estado óptimo del sistema y determinar una capacidad de servicio apropiada. Minimizar el tiempo de atención y servicio a los clientes o usuarios que llegan en un determinado tiempo.
Cuenta con las siguientes relaciones matemáticas:

La probabilidad de hallar el sistema ocupado : $p = \lambda/\mu$

La probabilidad de que no haya unidades en el sistema : $P_o = 1 - \lambda/\mu$

Promedio de unidades en la linea de espera : $Lq = \lambda^2/(\mu - \lambda)\mu$

Número esperado de clientes en el sistema : $L = \lambda/\mu - \lambda$

Tiempo de espera en cola : $Wq = \lambda/\mu(\mu - \lambda)$

El tiempo promedio que una unidad pasa en el sistema : $W = 1/(\mu - \lambda)$

La probabilidad de que haya n unidades en el sistema : $Pn = (\lambda/\mu)^n P_o$

También nos mostrara la tabla de resultados, el gráfico de valores y la tabla de valores acumulados:

Tabla de resultados

	A_ILEGADA	A_SERVICIO	TIE_ILEGADA	TIE_SERVICIO	TIE_EXACTO_ILEGADA	TIE_INI_SERVICIO	TIE_FIN_SERVICIO	TIE_ESPERA	TIE_EN_SISTEMA
0	0.242787	0.575343	0.471857	0.100191	0.471857	0.471857	0.572048	0.000000	0.100191
1	0.231442	0.971868	0.487929	0.005188	0.959665	0.959665	0.964054	0.000000	0.005188
2	0.981352	0.291161	0.005275	0.230496	0.965940	0.965940	1.196635	0.000000	0.230496
3	0.508212	0.338471	0.225619	0.192955	1.191529	1.191529	1.395603	0.005077	0.202044
4	0.372852	0.786459	0.320858	0.043560	1.520410	1.520410	1.563977	0.000000	0.043560
5	0.042140	0.379032	0.926122	0.176388	2.446539	2.446539	2.622927	0.000000	0.176388
6	0.100583	0.738543	0.765258	0.055105	3.211797	3.211797	3.266901	0.000000	0.055105
7	0.207553	0.574866	0.520768	0.100458	3.752565	3.752565	3.833223	0.000000	0.100458
8	0.499185	0.270843	0.231593	0.237494	3.964157	3.964157	4.201651	0.000000	0.237494
9	0.581725	0.1646293	0.177432	0.079364	4.547589	4.201651	4.281015	0.060062	0.139425

Gráfico de valores

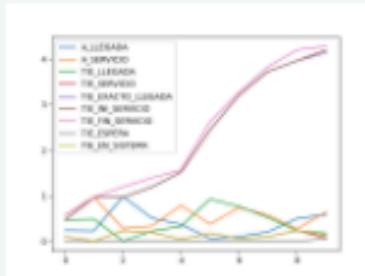


Tabla de valores acumulados

	A_ILEGADA	A_SERVICIO	TIE_ILEGADA	TIE_SERVICIO	TIE_EXACTO_ILEGADA	TIE_INI_SERVICIO	TIE_FIN_SERVICIO	TIE_ESPERA	TIE_EN_SISTEMA
count	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000
mean	0.379556	0.556438	0.414159	0.122561	2.260809	2.267123	2.389584	0.005514	0.129075
std	0.205729	0.235648	0.279594	0.082159	1.405538	1.415135	1.423033	0.018882	0.081326
min	0.062140	0.270843	0.005275	0.005188	0.471857	0.471857	0.572048	0.000000	0.005188
25%	0.215100	0.348612	0.227112	0.061170	1.022345	1.025514	1.246878	0.000000	0.065375
50%	0.307019	0.5375604	0.400357	0.100425	1.983470	1.983470	2.093452	0.000000	0.120042
75%	0.505955	0.715461	0.5102528	0.191822	3.602373	3.602373	3.691542	0.000000	0.195630
max	0.981352	0.971868	0.926122	0.237494	4.547589	4.201651	4.281015	0.060062	0.237494