Descargado el: 19-11-2026 ISSN 1727-897X

ARTÍCULO ORIGINAL

Modelo matemático para el ahorro energético en las donaciones de sangre en el Banco de Sangre de Cienfuegos

Mathematical model for energy savings in blood donations at the Cienfuegos Blood Bank

David Lorenzo Calles[1] Manuel E. Cortés Cortés[2]

[1] Sur Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Agricultura, Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba
[2] Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez, Cuba

Cómo citar este artículo:
Lorenzo-Calles D, Cortés-Cortés M. Modelo matemático para el ahorro energético en las donaciones de sangre en el Banco de Sangre de Cienfuegos. **Medisur** [revista en Internet]. 2024 [citado 2026 Nov 19]; 23(0):[aprox. 0 p.]. Disponible en: https://medisur.sld.cu/index.php/medisur/article/view/45318

Resumen

Fundamento: el consumo de electricidad del Banco de Sangre de Cienfuegos se rige por la Resolución 299 del MINSAP que norma el consumo eléctrico a nivel nacional de los bancos de sangre. Este consumo es de 7,56 kW por donaciones. Es de suma importancia determinar el número de donantes de sangre que minimicen el consumo de energía eléctrica y para ello se utilizan métodos estadístico - matemáticos.
Objetivo: elaborar un modelo estadístico - matemático para determinar el número de donantes de sangre que minimicen el consumo de energía eléctrica en el Banco de Sangre de Cienfuegos y cumpla con los planes de la institución.
Métodos: se utilizaron herramientas estadístico - matemáticas para determinar el número mínimo de donaciones a realizar en el Banco de Sangre de Cienfuegos, para reducir el consumo de energía eléctrica. Se realizó la combinación de un modelo matemático construido con la utilización de la regresión no lineal con el cálculo del método de los Mínimos Cuadrados, mediante el MatLab y la aplicación de un software en Javascrip, que modela el proceso de la donación de sangre y el consumo eléctrico, determinando el número necesario de donaciones diarias que minimicen el consumo eléctrico. Se utilizó una base de datos del período de cinco años (2007-2021) de trabajo del Banco de Sangre. Se proporciona una propuesta de donaciones diarias que se comparan con los datos de desempeño actual del Banco de Sangre.
Resultados: el consumo eléctrico no presenta cambios estadísticamente significativos cuando la cantidad de donaciones es mayor que 1200 por mes. Sin embargo, la clase integrada por cantidad de donaciones: “menor de 1200” presenta un consumo mensual de corriente significativamente menor cuando las cantidades de donaciones no llegan a 1200. Se obtiene un modelo estadístico -matemático para analizar el problema y obtener el rango de donaciones con menor consumo energético. Se confeccionó un software en Javascrip para resolver el problema. Se generaron diferentes escenarios para observar su comportamiento, la modelación se dividió en diferentes números de donaciones diarias, durante el período de los 5 años, 25, 30, 35, y 40 donaciones por día y se dan los resultados que minimizan el consumo de energía.
Conclusiones: el modelo polinomial de ajuste para las donaciones-consumo eléctrico y el software específico en Javascrip que modela el proceso de donación, en el período estudiado, resultó útil para obtener el número adecuado de donaciones diarias y su consumo eléctrico, con lo cual se optimiza el proceso.

Palabras clave: bancos de sangre, donación de sangre

Abstract

Foundation: the electricity consumption of the Cienfuegos Blood Bank is governed by MINSAP Resolution 299, which regulates electricity consumption at the national level for blood banks. This consumption is 7.56 kW per donation. It is extremely important to determine the number of blood donors who minimize electricity consumption, and statistical-mathematical methods are used to do so.
Objective: to develop a statistical-mathematical model to determine the number of blood donors who minimize electricity consumption at the Cienfuegos Blood Bank and comply with the institution's plans.
Methods: statistical-mathematical tools were used to determine the minimum number of donations to be made at the Cienfuegos Blood Bank to reduce electricity consumption. A mathematical model was built using non-linear regression and the calculation of the Least Squares method, using MatLab and the application of Javascript software, which models the blood donation process and electrical consumption, determining the necessary number of daily donations to minimize electrical consumption. A database from the five-year period (2007-2021) of the Blood Bank's work was used. A proposal for daily donations is provided and compared with the current performance data of the Blood Bank.
Results: Electrical consumption does not show statistically significant changes when the number of donations is greater than 1200 per month. However, the class composed of the number of donations: "less than 1200" shows a significantly lower monthly current consumption when the number of donations does not reach 1200. A statistical-mathematical model is obtained to analyze the problem and obtain the range of donations with the lowest energy consumption. Javascript software was created to solve the problem. Different scenarios were generated to observe their behavior, the modeling was divided into different numbers of daily donations, during the period of 5 years, 25, 30, 35, and 40 donations per day and the results that minimize energy consumption are given.
Conclusions: the polynomial adjustment model for donations-electrical consumption and the specific software in Javascript that models the donation process, in the period studied, was useful to obtain the adequate number of daily donations and their electrical consumption, thus optimizing the process.

Key words: blood bank, blood donation

Aprobado: 2024-11-25 10:19:02

Correspondencia: David Lorenzo Calles. Sur Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Agricultura. Cienfuegos. filosofia962@ucm.cfg.sld.cu

INTRODUCCIÓN

El Banco de Sangre Provincial de Cienfuegos, perteneciente al Ministerio de Salud Pública, es una institución establecida en esta provincia desde el año 1965. En 1988 fue inaugurada una nueva instalación mucho más funcional que la existente hasta ese momento. Cuenta con el equipamiento necesario para realizar sus producciones con eficiencia, seguridad y calidad. Un equipo de profesionales altamente competentes, integrado por médicos y tecnólogos especializados en medicina transfusional y laboratorio clínico y otros profesionales de diferentes ramas del saber, conforman el capital humano de la institución.[1]

El Banco de Sangre cuenta con salón de espera para los donantes y comodidades para la extracción de sangre y plasma por aféresis automatizada; área para el procesamiento de la sangre o elaboración de componentes sanguíneos y/o suero; cuenta con un equipamiento necesario para realizar sus producciones con gran eficiencia y calidad. Posee, además, laboratorios como el de Inmunohematología, Seroepidemiológico, Clínico y Control de calidad Físico – Químico y Microbiológico, que cumplen con las regulaciones establecidas por el MINSAP y hacen posible que sus productos tengan una gran seguridad. Posee unidades móviles que acercan los servicios al donante, a través de las visitas a los distintos municipios de la provincia.[2]

El consumo de electricidad del banco de sangre de Cienfuegos se rige por la Resolución 299 del MINSAP que norma el consumo eléctrico, a nivel nacional, de los Bancos de Sangre (7.56 kW por donaciones).

El Programa Nacional de Sangre posee 46 Bancos, de ellos 15 provinciales, 31 municipales y 168 centros de extracción de sangre, aseveró a la AIN la doctora Ester Porto González, jefa del Programa Nacional de Sangre, del Ministerio de Salud Pública (MINSAP).[3]

El Día Mundial del Donante de Sangre se celebra cada 14 de junio en honor al nacimiento del doctor austríaco Kart Landsteiner, descubridor de los grupos sanguíneos humanos y Premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1930.

Cuba se suma a tan importante celebración con 400 000 donaciones voluntarias anualmente, lo que demuestra el humanismo de esas personas y ofrece, además, una respuesta a las necesidades de las instituciones hospitalarias y a la producción de medicamentos.[3]

El objetivo de este trabajo es elaborar un modelo estadístico - matemático para determinar el número de donantes de sangre que minimicen el consumo de energía eléctrica en el Banco de Sangre de Cienfuegos y cumpla con los planes de la institución.

MÉTODOS

En el trabajo se halla la relación entre las donaciones, variable independiente (y) y el consumo de electricidad, variable dependiente de las donaciones (x), en los 5 años en Cienfuegos.

Se utilizaron modelos estadístico - matemáticos para obtener el modelo de regresión no lineal y compararla con la norma cubana de donaciones para poder llegar al número de donaciones diarias a realizar en el Banco de Sangre que minimice el consumo de electricidad. Con el modelo estadístico - matemático obtenido se hacen los análisis pertinentes para días de alta asistencia mantener las donaciones y minimizar el consumo eléctrico, en los días de poca asistencia de donantes se explica la importancia de la utilización del modelo estadístico -matemático empleado.[4]

Para la obtención de los objetivos del presente trabajo, se presentan los siguientes pasos, en el cálculo del modelo estadístico – matemático:

a. Obtención de los datos para el cálculo del modelo de predicción de arribo de donantes y el consumo energético obtenido, correspondientes al período (2007-2021). La base de datos utilizada se presenta en las tablas: Tabla 1 (Meses por año/consumo energético) y Tabla 2 (Meses por año / donaciones de sangre), para el período estudiado. (Tabla 1 y Tabla 2).

Tabla 1. Meses / consumo eléctrico por año

	2021/consumo KW/h	2020/consumo KW/h	2019/consumo KW/h	2018/consumo KW/h	2017/consumo KW/h
Enero	8068	8483	11224	11224	11072
Febrero	8361	8215	10589	10589	10129
Marzo	9195	9328	11708	11708	11775
Abrir	9014	9269	12398	12398	12084
Mayo	9692	8918	13380	13380	14250
Junio	9814	8979	13883	13882	14918
Julio	9449	9189	13606	13606	13481
Agosto	9901	9041	13717	13717	14472
Septiembre	9662	8596	12704	12704	12951
Octubre	10017	9890	12025	12725	12842
Noviembre	8468	8944	12919	12919	12676
Diciembre	8854	8392	12143	12143	11352
Total	**110495**	**107244**	**150996**	**150996**	**152002**

Tabla 2. Meses / donaciones de sangre por año

	2021 donaciones	2020 donaciones	2019 donaciones	2018 donaciones	2017 donaciones
Enero	1055	11249	1290	1346	1326
Febrero	1113	1316	1259	1316	1265
Marzo	1117	1235	1305	1328	1241
Abrir	1187	1141	1292	1334	1356
Mayo	1107	1138	1239	1283	1345
Junio	897	1112	1123	1303	1338
Julio	914	1117	1365	1319	1110
Agosto	757	1149	1285	1278	1210
Septiembre	1180	1116	1362	1278	1320
Octubre	1139	1075	1318	1361	1284
Noviembre	773	1142	1285	1288	1263
Diciembre	1068	1126	1322	1181	1240
Total	**12307**	**13916**	**15445**	**15615**	**15298**

b. Cálculo del Modelo de correlación entre las donaciones y el consumo eléctrico y comparación con la norma cubana del MINSAP.[5]

c. Se prueba el supuesto de que el consumo de energía eléctrica no se comporta de manera lineal esperada con respecto a la cantidad de donaciones que se producen por mes, prueba de correlación lineal que mide la relación entre dos variables.[6]

En caso de no estar altamente correlacionadas se pondría de manifiesto que la cantidad de donaciones no estaría influyendo en el consumo.[7] Se realiza de Prueba de Kruskal-Wallis sobre la variable "y" y los tratamientos de "g".[8]

d. Se aplica la prueba de comparación de múltiples rangos Dunn utilizando el ajuste del p-value Bonferroni, se obtienen los pvalues de cada combinación de tratamiento de "g" tomados dos a dos.

e. Cálculo de la ecuación no lineal de regresión entre la donación de sangre y el consumo energético por mes. Método de los Mínimos Cuadrados.

f. Modelo computacional para calcular el rango de donaciones con menor consumo energético.

RESULTADOS

Se analizan los datos mensuales de las Tablas 1 y Tabla 2 que presentan registros

60 observaciones en el período de 5 años (2017-2021):

Se declaran las siguientes variables en el análisis:

t: Fecha en la cual se realiza la mediación.

X: Cantidad de donaciones que se realizan mensualmente. Variable cuantitativa discreta medida en escala de razones. Variable independiente.

Y: Consumo mensual eléctrico del centro dado en kw/h. Variable cuantitativa continua medida en escala de razones. Variable dependiente.

g: Variables discreta en clases, que representa los tratamientos referentes a la cantidad de donaciones mensuales. Cuenta con los tratamientos que son las donaciones divididas en 3 clases (1: menos de 1200 donaciones, 2: entre 1200 y 1300 donaciones y 3: más de 1300 donaciones.)

Los tratamientos se agrupan en las siguientes cantidades de registros:

Tratamiento 1: 24 registros (40 %)

Tratamiento 2: 18 registros (30 %)

Tratamiento 3: 18 registros (30 %)

Una ecuación lineal de ajuste entre las donaciones de sangre y el consumo energético Y = a + b X, no presenta significación estadística.

El coeficiente de correlación lineal entre ambas variables fue □ = 0.48, esto pone de manifiesto que las variables presentan una correlación lineal directa muy débil y es preciso ir a regresión no lineal para poder explicar el comportamiento del consumo energético Y en relación al número de donaciones de sangre X.

Al aplicar la prueba de Kruskal-Wallis, se obtuvo un p-value menor que 0,05 lo cual pone de manifiesto que existe evidencia estadística para concluir que hay diferencias en relación a los tratamientos de la variable "g", en al menos un grupo con respecto al resto. (Tabla 3).

Tabla 3. Prueba de Kruskal-Wallis sobre la variable "y" y los tratamientos de "g"

Prueba	Kruskal Wallis
chi-squared	16,28
df	2
p-value	0,0002917

Aplicando la prueba de comparación de múltiples rangos, utilizando el ajuste del p-value Bonferroni, se obtienen los p-values de cada combinación de tratamiento de "g" tomados dos a dos. En esta tabla se pone de manifiesto la conformación de dos clases bien definidas, las cuales han quedado conformadas de acuerdo a los resultados obtenidos.

En la Tabla 4 se expone, de manera resumida, la pertenencia de cada tratamiento de "g" a las clases conformadas. Se han conformado tres clases: a, b y c. La clase a se encuentra integrada por los tratamientos de cantidad de donaciones: "menores de 1200", la clase b la forman tratamientos de cantidad de donaciones "entre 1200 y 1300" y la clase c tratamientos de donaciones "mayor de 1300".

Se pone de manifiesto que el consumo eléctrico no presenta cambios estadísticamente significativos cuando la cantidad de donaciones es mayor que 1200 por mes, clases b y c. Sin embargo, la clase a se encuentra integrada por el tratamiento de cantidad de donaciones: "menor 1200" lo cual indica que el consumo mensual de corriente es significativamente menor cuando la cantidad de donaciones no llega a 1200. (Tabla 4).

Tabla 4. Comparación por pares con el uso del Test de Dunn´s para la comparación múltiple de muestras independientes

Comparación por pares con el uso del Test de Dunn´s para la comparación múltiple de muestras independientes			
	menor 1200	entre (1200-1300)	mayor de 1300
menor 1200	-	0,0013	0,0030
Entre (1200-1300)	0,0013	-	**1,0**
mayor de 1300	0,0030	**1,0**	-

Se aplicó la Prueba de Shapiro-Wilk para comparar el comportamiento del consumo eléctrico contra la normal cubana.

Para probar el supuesto de cómo se está comportando el consumo/donación con respecto a la norma cubana 7,56 Kw/donación, se analizaron datos mensuales desde el año 2017 hasta el 2021, para un registro de 60 observaciones. (Tabla 5).

Tabla 5. Prueba de t para la comparación de los datos contra la norma cubana

One Sample t-test			
Consumo/Donaciones 2017-2021		Hipótesis alternativa: la media del consume es mayor que 7,56	
t = 2,3935	df = 59		**p-value = 0,009944**
95 percent confidence interval: 7,683846		Inf	
sample estimates: mean of x = 7,970333			

Al ser el p-value menor que 0,05 se pone de manifiesto que el consumo por donación en este período es superior a la norma.

Cálculo de los modelos estadístico matemáticos de regresión polinomial

Para realizar la regresión no lineal se toman las medianas de los datos estadísticos del comportamiento del consumo eléctrico en los 5 años con respecto a la cantidad de donaciones. Se aplica el Método de los Mínimos Cuadrados a los datos obtenidos, mediante el uso del MatLab,

se obtiene la tabla de los valores r^2 (Bondad del Ajuste) modelos estadísticos – matemáticos de regresión polinomial de grado 1 hasta el 5. (Tabla 6).

Tabla 6. Modelos estadístico matemáticos de grado n con su correspondiente valor del residuo cuadrático medio r^2. MatLAb

Grado n	1	2	3	4	5	6	7	8
r2	0.4131	0.5103	0.6122	0.6124	0.6125	0.6206	0.6207	0.6234

Método de los Mínimos Cuadrados utilizado para calcular los coeficientes de un polinomio de grado n de la forma:

Sea el polinomio

para aproximar al conjunto de datos,

$$y = f(x) = co + c1x + c2x^2 + c3x^3 \ldots . + cnx^n$$

El polinomio de mejor ajuste

$$(x_1, y_1), (x_2, y_2), \ldots \ , \ (x_m, y_m).$$

se obtiene minimizando el error:

$$f(x)$$

para cada valor de los datos (xi,yi)

Matriz de las primeras derivadas de la función *f(x)* igualada a cero (Condición necesaria) para encontrar los coeficientes del polinomio que den valores mínimos de la función y = f(x),

función II

$$\min(\Pi) = \min \sum_{i=1}^{n} [y_i - f(x_i)]^2$$

(Condición Necesaria) se calcula el punto extremo x_0) donde

$$(J(x))_{ij} = \frac{\partial f_i}{\partial x_j} = 0$$

es la matriz Jacobiana.

Condición suficiente para la obtención del mínimo local del error es: H *f (x0*) Matríz del Hesiano definida positiva.

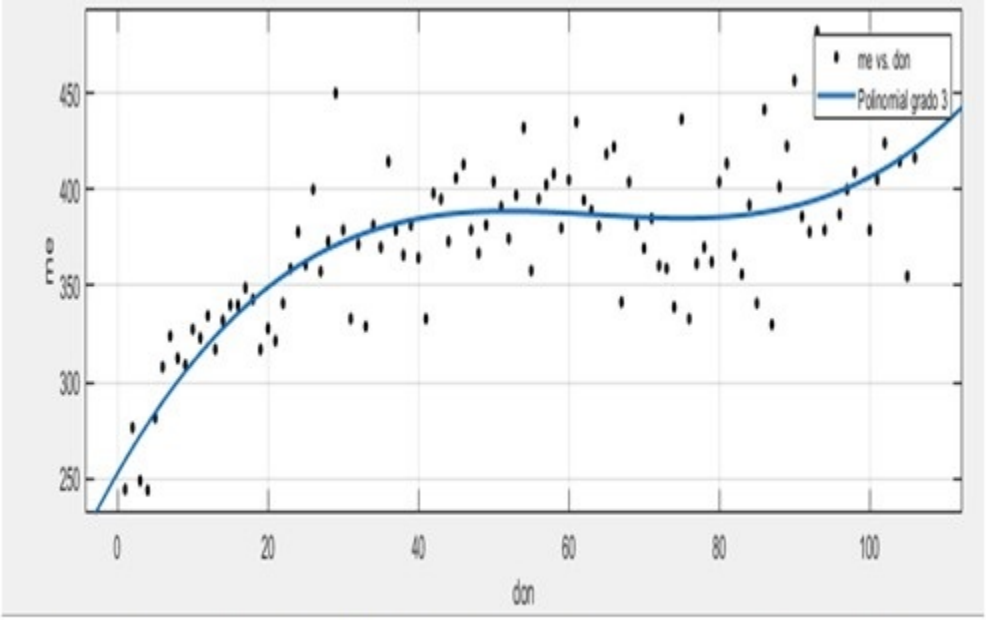


Gráfico 1. Curva de ajuste del modelo estadístico matemático polinomial de grado 3 entre las medianas del consumo eléctrico contra la cantidad de donaciones

Estos son los resultados de los □2 que da el Matlab en los diferentes grados polinomiales, tomamos el modelo estadístico - matemático polinomial de **grado 3** que presenta el valor del residuo □2 de 0.6122 dado que los modelos polinomiales de mayor grado presentan más complicaciones en su análisis y las diferencias en significación son muy pequeñas.

En este caso el modelo estadístico – matemático polinomial de ajuste, calculado por el MatLab viene dado la ecuación.

$y = □1 * □^3 + □2 * □^2 + □3 * □ + □4$

Donde el valor de los coeficientes obtenidos con un 95 % de confianza son: □1 = 0.0003457, □2 = −0.102, □3 = 5.013, □4 = 235.9

Coeficiente de las Bondad de ajuste $R^2 = 0.6122$

Se muestra el comportamiento del modelo estadístico matemático polinomial de ajuste de orden 3 con la nube de puntos. (Gráfico 1).

$$J \in \mathbb{R}^{m*n}$$

En el Grafico 1 se muestran los valores de consumo eléctrico (eje y) con respecto a las donaciones (eje x) que determina el modelo de regresión no lineal (curvilíneo) más conveniente a utilizar,

Se analizan diferentes regresiones: regresión logarítmica, exponencial, potencial, polinomial, entre muchas más.[9]

Para la obtención del Modelo estadístico matemático de Regresión que simule las donaciones con respecto al consumo eléctrico, se confeccionó un software en lenguaje de programación JavaScript,[10,11,12,13] el software simula la ecuación de regresión que no solo da el número de donaciones diarias, sino también el consumo eléctrico para esa donación. En la simulación se ejecutan 1551 veces (cantidad de muestras tomadas diariamente en los 5 años en el Banco de Sangre) y se generaron diferentes escenarios para observar su comportamiento, las corridas se dividen en diferentes números de donaciones diarias, durante el período de los 5 años, 25, 30, 35, y 40 donaciones por día.

La Tabla 7 compara los resultados con el real que existe en el banco desde el 2017-2021.

Tabla 7. Resultados de la modelación realizada con JavaScript

	Donaciones +25	Donaciones +30	Donaciones +35	Donaciones +40	Real
Cantidad de donaciones	72977	73395	75046	83288	73072
Consumo KW	433644.63	433215.66	434097.52	433877.41	579426.00
Diferencia de donaciones contra el Real	-95	323	1974	10216	
Diferencia de KW contra el Real	-145781.37	-146212.34	-145334.48	-145548.59	

Los resultados de las 1551 corridas de días de donaciones, mostraron que 30 o más donaciones por día (+30) es el número óptimo de donaciones a realizar por día con respecto al menor valor del consumo eléctrico.

Con 25 o más donaciones hay menos donaciones en el ciclo de los 5 años y con 35 o más donaciones diarias el resultado es un número mayor de donaciones con un valor mayor del consumo energético en total a realizar, este número de donaciones es un poco más elevado que el real. En la modelación con 30 o más donaciones se obtuvo un ahorro de 146212.34 KW del ciclo de 1551 días de donaciones realizadas, según el modelo simulado, esto representa contra la norma 5.94 KW/Donaciones por debajo de la norma cubana de la resolución 299 del MINSAP de 7.56 KW/Donaciones.

DISCUSIÓN

A partir del estudio realizado se arriba a las siguientes conclusiones:

Se obtiene un modelo estadístico - matemático de regresión no lineal con la utilización del MatLab para el estudio del sistema de donaciones de sangre contra el consumo de energía eléctrica.

Se caracteriza el comportamiento aleatorio que sique la distribución de las donaciones en el Banco de Sangre.

Se formula un Modelo Estadístico - Matemático que permite simular el funcionamiento de las donaciones en el Banco de Sangre con respecto al consumo eléctrico y experimentar con diferentes condiciones de cantidad de donantes diarias.

Se formula y se resuelve un modelo de programación de donaciones diarias mínimas para iniciar el servicio de donaciones en el Banco de Sangre, que permitan que el consumo eléctrico sea correspondiente con la cantidad de donaciones y cumplan con la norma cubana 299 del MINSAP.

Se confeccionó un software, creado específicamente para este trabajo, programado en Jabscrip, para calcular el número de donaciones diarias, su consumo eléctrico y su correspondencia con la noma cubana 299 del MINSAP, se propone el número óptimo de 35 o más donaciones diarias con respecto al consumo eléctrico.

El trabajo constituye una herramienta que puede ser utilizado para la mejora de la planificación de las donaciones diarias, en la que no exista un elevado derroche de electricidad en el Banco de Sangre.

Conflicto de intereses

No existen conflictos de intereses.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: Manuel Cortés Cortés.

Metodología: Manuel Cortés Cortés.

Investigación: David Lorenzo Calles.

Análisis formal: David Lorenzo Calles, Manuel Cortés Cortés.

Supervisión: David Lorenzo Calles, Manuel Cortés Cortés.

Redacción: David Lorenzo Calles, Manuel Cortés Cortés.

Redacción, revisión y edición: Manuel Cortés Cortés

Financiación

Universidad Carlos Rafael Rodríguez. Cienfuegos. Cuba.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gobierno Provincial. Banco de Sangre Provincial de Cienfuegos Dr. Enrique Silvino Font D´Escoubet [Internet]. Cienfuegos: Gobierno Provincial; 2019. [cited 23 Abr 2023] Available from: https://www.cienfuegos.gob.cu/es/banco-de-sangre-provincial.

2. Asociación Cubana de las Naciones Unidas. Cuba entre los países con más donaciones voluntarias de sangre [Internet]. La Habana: Asociación Cubana de las Naciones Unidas; 2015. [cited 23 Abr 2023] Available from: http://www.acnu.org.cu/articulos/cuba-entre-los-paises-con-mas-donaciones-voluntarias-de-sangre.

3. Ministerio de Salud Pública. Informe Anual Estadístico de Salud, año 2000 [Internet]. La Habana: MINSAP. Dirección Nacional de Estadísticas; 2001. [cited 23 Dic 2023] Available from: https://temas.sld.cu/estadisticassalud/publicaciones-2/anuario-estadistico-de-salud/.

4. Arboleda Zúñiga J. Modelos matemáticos y estocásticos para control del inventario en bancos de sangre: Revisión de la literatura. INVENTUM. 2017 ; 12 (22): 52-64.

5. Montoya Santana S, Apraez Ippolito NG. Métodos de Investigación empleados para el análisis del acceso a los servicios de salud en contextos rurales. Revista Cubana de Salud Pública. 2021 ; 47 (4): e1685.

6. Fallas J. Correlación Lineal Midiendo la relación entre dos variables. CC BY-NC-SA [Internet]. Yucatán: Universidad Autónoma de Yucatán; 2012. [cited 23 Dic 2023] Available from: https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-mexiquense/metodologia-de-la-investigacion/correlacion-lineal-2012/46834932.

7. Brown M, Forsythe A. The ANOVA and Multiple Comparations for Data with Heterogeneous Variances. Biometrics. 1974 ; 30: 179-84.

8. Achen CH. Interpreting and using regression. California: Sage Publications; 1982.

9. Miles J, Shelvin M. Applying regression & correlation. A guide for students and researchers. Usler: Sage Publications Inc; 2014.

10. Arena H, Caselli_G. Manual Simulación. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática; 2002.

11. Lozano OF. Campañas de donación de sangre: Modelo de simulación en base a Dinámica de Sistemas [Internet]. Cali: Universidad ICESI; 2019. [cited 23 Dic 2023] Available from: https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/84937/1/TG02568.pdf.

12. Montgomery D, Peck E, Vining G. Introducción al Análisis de Regresión Lineal. New York: Jolm Wiley & Sons; 2001.

13. Wackerly D, Mendenhall III, Scheaffer LR. Estadística Matemática con aplicaciones. Santa Fe: Cengage Learning Editores, S.A; 2010.