Artículo original

Diseño de sistema basado en reglas para apoyar la toma de decisiones de la población en la obtención de los medicamentos

Design of Rule-Based System to Support Population Decision Making in the Procurement of Medicines

Darianis Pérez Aguada [1*] 0000-0002-0609439X
Maidelis Milanés Luque[2] 0000-0002-2495-1375
Omar Mar Cornelio[2] 0000-0002-0689-6341
Arturo Orellana García[2] 0000-0002-3652-969X

[1] XETID. La Habana, Cuba.
[2] Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba

* Autor para la correspondencia: daguada@xetid.cu

RESUMEN

En Cuba, el acceso a los servicios farmacéuticos por parte de la población se ve afectado por la no disponibilidad de medicamentos y la lejanía de las farmacias. La falta de información acerca de la existencia de los medicamentos y la cantidad de estos en la red de farmacias cercanas a una ubicación geográfica, aparejados al poco suministro de medicamentos y la calidad de la prestación del servicio, genera descontento e inconformidad en la población. En la presente investigación se realiza un diseño para mejorar la problemática planteada a partir de un sistema basado en reglas como ayuda a la toma de decisiones para la obtención de los medicamentos por parte de la población. Se aplica un estudio de caso mediante el cual es posible sugerir al usuario las 5 farmacias más cercanas donde el paciente puede adquirir los medicamentos sobre las decisiones asumidas.

Palabras clave: toma de decisiones; ubicación geográfica; servicios farmacéuticos; sistema experto basado en reglas.

Este documento está bajo Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional

ABSTRACT
In Cuba, access to pharmaceutical services by the population is affected by the non-availability of medicines and the remoteness of pharmacies. The lack of information about the existence of medicines and the quantity of these in the network of pharmacies close to a geographical location, coupled with the low supply of medicines and the quality of service provision, generates discontent and nonconformity in the population. In the present investigation, a design is carried out to improve the problem raised from a system based on rules as an aid to decision-making to obtain medicines by the population. A case study is applied through which it is possible to suggest to the user the 5 closest pharmacies where the patient can acquire the medicines on the decisions made.
Keywords: decision-making; geographic location; pharmaceutical services; rule-based expert system.

Recibido: 25/02/2023
Aprobado: 26/04/2023

Introducción

La toma de decisiones es fundamental en cualquier actividad humana. Sin embargo, tomar una decisión acertada empieza con un proceso de razonamiento constante y focalizado. [(1)] Las personas en la cotidianidad se encuentran constantemente tomando decisiones. Con frecuencia las decisiones de rutina se toman rápidamente, quizás inconscientemente, sin necesidad de elaborar un proceso detallado. Sin embargo, cuando las decisiones son complejas es necesario realizar un análisis más profundo de la situación que se nos plantea.

El sistema de farmacias en Cuba está compuesto por 2180 farmacias en todo el país, 17 empresas de farmacia y ópticas, 532 dispensarios, 77 centros de producción local y 600 farmacias en unidades asistenciales. [(2)]

El Programa Nacional de Medicamentos en Cuba a lo largo de dos décadas ha tenido dos grandes premisas: en primer lugar la voluntad política de la Revolución de garantizar la salud del pueblo ofreciendo servicios médicos de calidad y satisfacción pública y en

Este documento está bajo Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional

segundo lugar, limitar los efectos del bloqueo económico impuesto por los Estados Unidos que ha impactado, de manera general, en el sector de la Salud Pública y en particular en el campo de los medicamentos.[2]

Todas las operaciones realizadas en las farmacias generan un alto volumen de información, lo que dificulta el seguimiento y control de las actividades realizadas y la toma de decisiones a las administraciones. Existen problemas relacionados con el almacenamiento, veracidad y compartimentación de la información. A esta problemática es necesario agregar la dificultad de conocer en todo momento la disponibilidad del medicamento, su localización, o cualquier otra información necesaria para la correcta operatividad de la farmacia y la satisfacción del público. A pesar de los esfuerzos realizados y la prioridad que le da el estado a la esfera de la salud, sigue siendo un reto lograr un mejor servicio de distribución de medicamentos en cada una de las farmacias del territorio nacional para un mayor rendimiento y eficiencia a disposición de la población. [2]

Lo anteriormente expuesto atenta contra una planificación eficiente del suministro de medicamentos y materiales, que son necesarios para el funcionamiento de las farmacias. Actualmente, estas operaciones se hacen de forma manual lo que ralentiza el proceso, que está propenso a errores humanos, lo que incide en la calidad y eficiencia de los servicios que se prestan.

Todas las dificultades mencionadas anteriormente han incrementado la inconformidad de la población cubana con respecto a los servicios farmacéuticos, acrecentando esta situación la escasez de medicamentos. Las faltas de medicamentos y bajas coberturas de los mismos e insumos médicos inciden negativamente en los indicadores del cuadro de salud de las personas que padecen enfermedades crónicas. El déficit y fluctuación de personal calificado profesional o técnico en las farmacias atenta contra el correcto desenvolvimiento de las mismas lo que influye en la calidad de los servicios que se prestan a la población. Además, los procesos manuales con alto volumen de documentos ralentizan la recepción y dispensación de los medicamentos. La insuficiente disponibilidad de transporte administrativo y de carga afecta la distribución hacia las diferentes farmacias y por tanto se ve afectado el abastecimiento de los medicamentos lo que dificulta el acceso de la población a los mismos.

Los sistemas basados en reglas se han convertido en una de las herramientas más eficientes para tratar una buena colección de problemas, ya que las reglas deterministas constituyen la más sencilla de las metodologías utilizadas en sistemas expertos. En estos sistemas, la base de conocimiento de la que se parte contiene las variables y el conjunto de

Este documento está bajo Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional

reglas que definen el problema, y el motor de inferencia es capaz de extraer conclusiones aplicando métodos de la lógica clásica sobre esta base. [3]

El objetivo de esta investigación es proveer un sistema basado en reglas que ayude a la población en la toma de decisiones para disminuir el tiempo de acceso a los medicamentos.

Desarrollo

Problema de toma de decisiones

Los principales factores que acrecientan la inconformidad de la población cubana para obtener los medicamentos debido a la escasez existente en el país son: la existencia del medicamento en la farmacia, la disponibilidad en cantidades, la ubicación geográfica de la misma y la cantidad de rutas disponibles para llegar a dicha ubicación geográfica. Se desea realizar un aplicativo que permita, teniendo en cuenta los datos anteriores, determinar si es factible o no para una persona tomar la decisión de buscar el medicamento.

Para dar solución al problema planteado se definen las siguientes alternativas y atributos teniendo en cuenta el número de criterios:

Alternativas

X1: Es factible buscar el medicamento.
X2: No es factible buscar el medicamento.

Atributos

C1: Existencia de medicamento en la farmacia.
C2: Disponibilidad en cantidades.
C3: Ubicación geográfica de farmacia.

Criterios

Y11: Si hay medicamento en existencia.
Y12: Si la cantidad en existencia de medicamentos es > 20u.

Este documento está bajo Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional

Y13: Si la ubicación geográfica de farmacia donde hay existencia de medicamentos está a menos de 5km de la posición de la persona.
Y21: Si no hay medicamento en existencia.
Y22: Si la cantidad en existencia de medicamentos es < 20u.
Y23: Si la ubicación geográfica de farmacia donde hay existencia de medicamentos está a más de 15km de la posición de la persona.

Tabla 1. Número de criterios. Fuente: Elaboración propia.

Alternativa	**Atributo**		
	C1	C2	C3
X1	Y11	Y12	Y13
X2	Y21	Y22	Y23

A partir de la cantidad de expertos se evalúan las alternativas siguientes:

X1: Es factible buscar el medicamento.
X2: No es factible buscar el medicamento.

Tabla 2- Número de criterios. Fuente: Elaboración propia.

Alternativa	**Experto**
X1	0
X2	1

En la figura 1 se representa el problema planteado atendiendo a sus características y en la figura 2 se muestra el diseño de la Base de datos (BD).

Este documento está bajo Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional

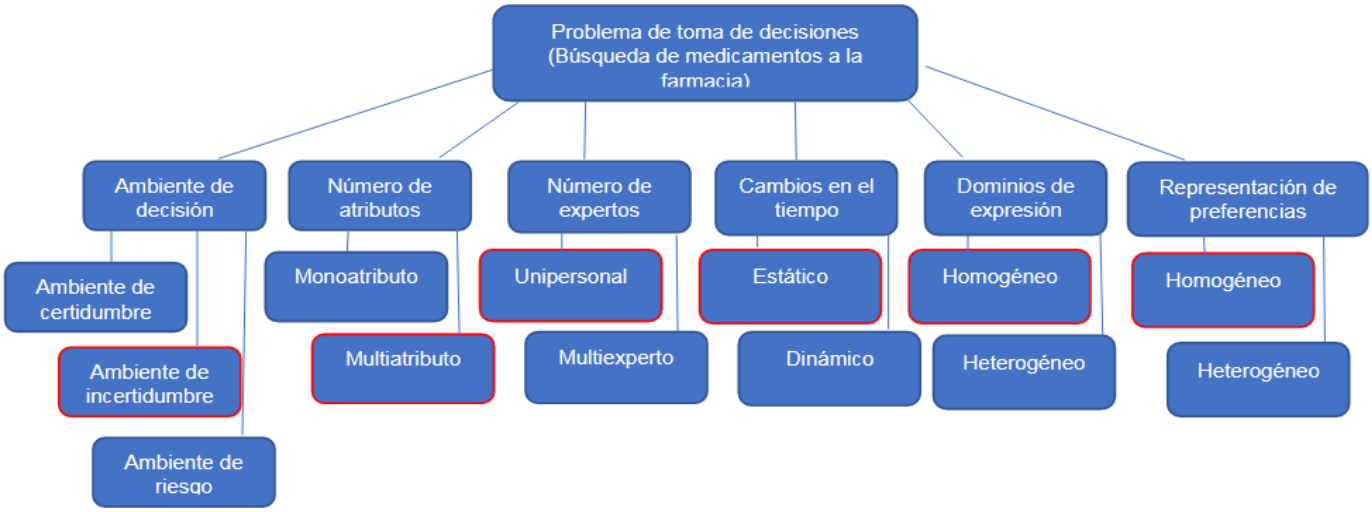

Fig.1- Representación del problema en forma gráfica. Elaboración propia.

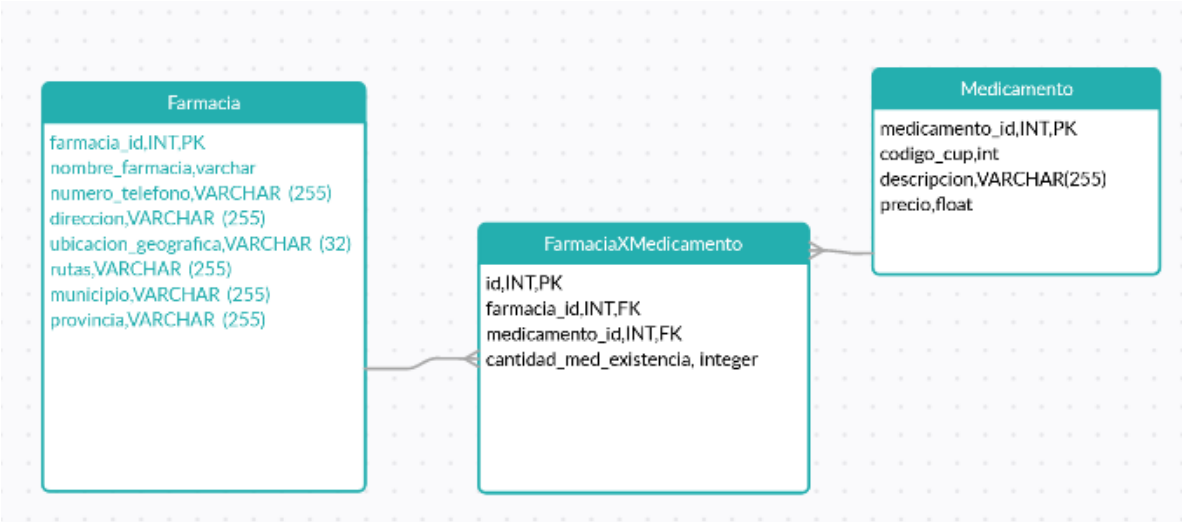

Fig. 2-Diseño de la Base de datos. Elaboración propia.

En el diseño de la BD se muestran tres tablas fundamentales para la obtención de los resultados, la tabla #1: Farmacia, donde se guardan todos los atributos asociados a las farmacias, la tabla #2: Medicamento, que guarda los atributos relacionados con los

Este documento está bajo Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional

medicamentos. Estas dos primeras tablas tienen una relación de muchos a muchos ya que una farmacia puede tener varios medicamentos y los medicamentos pueden encontrarse en varias farmacias, debido a esto se genera la tabla #3 la cual va a guardar como llaves foráneas los identificadores de las tablas anteriores.

Las bases de datos dinámicas son aquellas cuyas propiedades varían en el transcurso del tiempo. [4] La BD de la investigación puede considerarse dinámica, ya que algunos de sus atributos van actualizándose en el trascurso del tiempo, el ejemplo clave es la cantidad de medicamentos en existencia que varía en dependencia de la disponibilidad de los medicamentos.

Tabla 3- Descripción de los elementos de la solución. Elaboración propia.

Campo	Descripción	Ejemplo
nombre_farmacia	Nombre de la farmacia	983
numero_telefono	Números de teléfonos asociados a la farmacia	7837-2975; 7837-2976
direccion	Dirección de la farmacia	Carretera de San Antonio km 2 1/2, UCI. La Lisa
ubicación_geografica	Coordenadas geográficas donde se ubica la farmacia	22.9881917, -82.4642042
municipio	Municipio al que pertenece la farmacia	La Lisa
provincia	Provincia a la que pertenece la farmacia	La Habana
codigo_cup	Código representativo de los medicamentos	33892404190000
descripcion	Descripción del medicamento	AZITROMICINA 500 MG X 3 TABLETAS
precio	Precio del medicamento	34.00
Cantidad_med_existencia	Cantidad de medicamento en existencia por farmacia	50u

Este documento está bajo Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional

Sistema basado en reglas

Los sistemas basados en reglas son una herramienta eficiente para tratar problemas gobernados por reglas deterministas, que constituyen la más sencilla de las metodologías utilizadas en sistemas expertos. La base de conocimiento contiene las variables y el conjunto de reglas que definen el problema, y el motor de inferencia obtiene las conclusiones aplicando la lógica clásica a estas reglas. Por regla se entiende una proposición 1ógica que relaciona dos o más objetos e incluye dos partes, la premisa y la conclusión. [(5), (6)]

En un sistema basado en reglas, las reglas se organizan en un conjunto de conocimientos que se utilizan para tomar decisiones en una amplia gama de situaciones. El sistema recibe información de entrada y luego utiliza las reglas para procesar y analizar la información y generar una salida.

Para el desarrollo del diseño del sistema basado en reglas se hace necesario la entrada de las variables ubicación geográfica del usuario, que puede ser adquirida a través del GPS, y el medicamento que necesita buscar. Se tienen en cuenta la cercanía de las farmacias con respecto a la ubicación del usuario y la existencia del medicamento en esas farmacias. Con la base de ese conocimiento, el motor de inferencia debe establecer las 5 mejores opciones para el usuario, de realizar la búsqueda del medicamento. (Fig. 3)

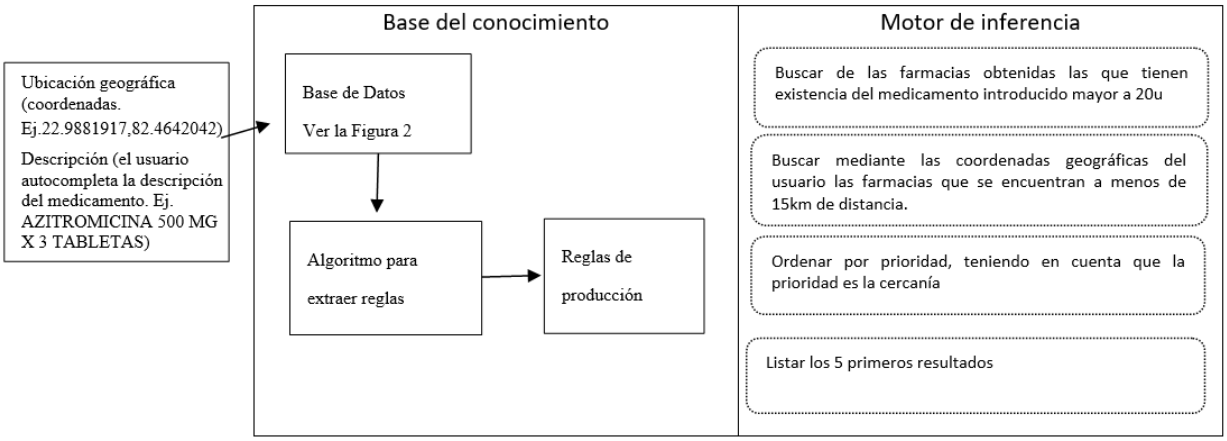

Fig. 3- Representación del sistema basado en reglas. Elaboración propia.

Este documento está bajo Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional

Como se muestra en la figura anterior, se tienen como entrada la ubicación geográfica de la persona, dada por GPS y la descripción medicamento de la búsqueda. La base de datos se actualiza dinámicamente el proceso comienza identificando las reglas en el momento de la entrada de los datos, lo cual se realiza mediante consultas a la Base de Datos. Posteriormente se procede mediante el motor de inferencia a realizar la búsqueda de los 5 primeros resultados, utilizando el encadenamiento hacia adelante.

Se parte de los datos de entrada especificados por un usuario (coordenadas geográficas y el medicamento) y el esquema de la Base de Datos. Automáticamente el sistema consulta la Base de Datos para la creación de las reglas, creando tantas reglas como medicamentos haya en existencia en las farmacias. Teniendo en cuenta el encadenamiento hacia adelante se ejecuta el algoritmo necesario para hacer coincidir el medicamento introducido por el usuario con los almacenados en Base de datos cuya existencia sea mayor que 0, y se devuelven los datos de interés (Nombre de farmacia, dirección, coordenadas geográficas, cantidad en existencia) de todas las farmacias. Posteriormente utilizando una discriminación se devuelven los 5 mejores resultados tomando como prioridad la cercanía y la cantidad en existencia. (Fig. 4)

Este documento está bajo Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional

Datos de Entrada	22.9881917,-82.4642042
	AZITROMICINA 500 MG X 3 TABLETAS

.

id_farmacia	nomb_farmacia	num_telf	direccion	ubic_geog	municipio	provincia
101	979	7 6406969	Calle Reforma No. 11602 e/ 11 y 13 Casino Deportivo.	21.9881917,-82.4642042	Centro Habana	La Habana
102	980	7 6416176	Independencia No. 3103 entre Reforma y Palma Reparto Martí.	20.9881917,-82.4642043	Centro Habana	La Habana
103	981	7 8708245	Agua Dulce No. 159 entre Flores y San Benigno	229881917,-86.4666044	Centro Habana	La Habana
104	982	7 8620711	Romay No. 201 Esquina. A San Ramón	219883917,-81.4352045	Centro Habana	La Habana
105	983	7 8708855	10 de Octubre No. 110 Esquina. A Ramírez.	23.9021917,-79.4642046	Centro Habana	La Habana
106	984	7 8749012	Calzada del Cerro y Auditor	21.9845817,-80.4642047	Centro Habana	La Habana
107	986	7 8798670	Infanta y Manglar	22.9881917,-82.4642048	Centro Habana	La Habana

id_medicamento	codigo_cup	descripcion	precio
1	3389955775000	ABACAVIR SULFATO 300 MG X 60 TAB	50,23
2	3389206250000	ACMIPROSATO 333 MG X 84 TABLETAS	120
3	3389341536000	ACETATO DE CETRORELIX 0.25 MG POLVO P/SOL INY EST X 7 VIALES	4,75
4	3389346935000	ACETATO DE LEUPRORELINA 14 MG SOL INY EST X 1 VIAL +14 JERING DE 1 ML	48,75
5	3389341500000	ACETATO DE TRIPTORELINA 3,75 MG POLVO LIOF P/SUSP INY ESTUCHE CON 1 VIAL	23,6

id_farmacia	id_producto	Cant_exitencia
1	1	50
1	2	100
1	3	150

1. AZITROMICINA 500 MG X 3 TABLETAS
a) 979, km 6 1/2, Autopista Novia del Mediodía, La lisa, 229881917,-86.4666044, 35
b) 692, Calle 165 e/ 314 y 316, Valle Grande. La Lisa, 219883917,-81.4352045, 10
c) 983, Carretera de San Antonio km 2 1/2, UCI. La Lisa, 21.9845817,-80.4642047, 15
d) 987, Calzada de Bejucal Km 7 1/2 Hospital Arturo Aballí. Arroyo Naranjo, 23.9021917,-79.4642046, 3
e) 668, Calle 284 #8531, El Cano. La Lisa, 21.9845817,-80.4642047, 25
f) 664, Ave 51 #19002, Hospital Ortopédico Frank País. La Lisa, 23.9021917,-79.4642046, 50

2. a) 1979, km 6 1/2, Autopista Novia del Mediodía, La lisa, 229881917,-86.4666044, 35
b) 692, Calle 165 e/ 314 y 316, Valle Grande. La Lisa, 219883917,-81.4352045, 10
c) 983, Carretera de San Antonio km 2 1/2, UCI. La Lisa, 21.9845817,-80.4642047, 15
d) 987, Calzada de Bejucal Km 7 1/2 Hospital Arturo Aballí. Arroyo Naranjo, 23.9021917,-79.4642046, 3
e) 668, Calle 284 #8531, El Cano. La Lisa, 21.9845817,-80.4642047, 25
f) 664, Ave 51 #19002, Hospital Ortopédico Frank País. La Lisa, 23.9021917,-79.4642046, 5

3.c) 983, Carretera de San Antonio km 2 1/2, UCI. La Lisa, 21.9845817,-80.4642047, 15
b) 692, Calle 165 e/ 314 y 316, Valle Grande. La Lisa, 219883917,-81.4352045, 10
a) 1979, km 6 1/2, Autopista Novia del Mediodía, La lisa, 229881917,-86.4666044, 35
e) 668, Calle 284 #8531, El Cano. La Lisa, 21.9845817,-80.4642047, 25
f) 664, Ave 51 #19002, Hospital Ortopédico Frank País. La Lisa, 23.9021917,-79.4642046, 5
4. En el ejemplo que se muestra en el tercer paso ya se devuelven las 5 primeras farmacias ordenadas.

Fig. 4- Representación del sistema de reglas del ejemplo.

La inteligencia artificial (IA) y su evolución continua, han impactado a nivel mundial en muchas esferas de la salud y de la sociedad en general. La IA se ha utilizado para mejorar la eficiencia en la investigación y el desarrollo de medicamentos, la optimización de la cadena de suministros y la mejora de la atención al paciente. Los avances logrados hasta el

Este documento está bajo Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional

momento, en esta área del conocimiento, permiten que un gran número de personas, hogares y empresas, cuenten con sistemas capaces de auxiliarlos en la toma de decisiones atinadas, y en situaciones que antes hubiera sido muy difícil, incluso imposible de lograr. [7]

Como resultado de la investigación se propone el diseño de un sistema basado en reglas que podrá ser incorporado en el desarrollo de diferentes plataformas asociadas a los servicios farmacéuticos mediante geolocalización, lo cual permite la automatización de los procesos de búsqueda de medicamentos.

Conclusiones

En la realización del diseño se evidenció que el motor de inferencia tiene una dependencia con la base del conocimiento.

La implementación del diseño propuesto apoyará la toma de decisiones de la población en la obtención de los medicamentos.

Referencias

1. Amaya JA. Toma de decisiones gerenciales: Métodos cuantitativos para la administración. Ecoe ediciones. Bogotá ; 2010.
2. Remond Noa R, Lopes Martínez I, Leyva Izquierdo C, González Sousa R, Lilian Noya Domínguez, González Calzadilla A. Análisis de la red de farmacias y la distribución de medicamentos en La Habana. apye [Internet]. 28 de abril de 2020 [citado 26 de abril de 2023];4(1):91-105. Disponible en: https://apye.esceg.cu/index.php/apye/article/view/1043.
3. Sancho Caparrini F. Sistemas Basados en Reglas [Internet]. sept. 2019 [citado 19 de noviembre de 2022]. Disponible en: http://www.cs.us.es/~fsancho/?e=103
4. Cabello MVN. Introducción a las bases de datos relacionales. Editorial: Vision Libros. España; 2010. Disponible en: https://culturatecnoinformatica.files.wordpress.com/2017/09/nevado-cabello-marc3ada-victoria-introduccic3b3n-a-las-bases-de-datos-relacionales.pdf
5. Calderon Coy MV. Modelo de entrenamiento de un sistema experto basado en reglas mediante aprendizaje por refuerzo aplicado a la generación de trayectorias (Tesis).

Este documento está bajo Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional

Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D.C., Colombia 2021 Disponible en: https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/28828/CalderonCoyMiltonVicente2021.pdf?sequence=2&isAllowed=y

6. Gutiérrez JM. Sistemas expertos basados en reglas. Recur Pers Dpto Matemática Apl Univ Cantab. 2008;1-12. Disponible en: https://personales.unican.es/gutierjm/cursos/expertos/reglas.pdf
7. Sossa Azuela JH. El papel de la inteligencia artificial en la industria 4.0. En: Inteligencia artificial y datos masivos en archivos digitales sonoros y audiovisuales. Repositorio IIBI UNAM. Mexico. 2020 pp 21-58. Disponible en: https://ru.iibi.unam.mx/jspui/bitstream/IIBI_UNAM/88/256/inteligencia_artificial.pdf

Conflictos de interés

Los autores no presentan conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Conceptualización: Darianis Pérez Aguada.
Curación de datos: Darianis Pérez Aguada
Análisis formal: Maidelis Milanés Luque
Adquisición de fondos: Darianis Pérez Aguada, Maidelis Milanés Luque
Investigación: Darianis Pérez Aguada, Maidelis Milanés Luque
Metodología: Darianis Pérez Aguada, Maidelis Milanés Luque
Recursos: Darianis Pérez Aguada, Maidelis Milanés Luque
Supervisión: Omar Mar Cornelio, Arturo Orellana García
Validación: Darianis Pérez Aguada, Maidelis Milanés Luque
Visualización: Darianis Pérez Aguada, Maidelis Milanés Luque, Omar Mar Cornelio, Arturo Orellana García
Redacción – borrador original: Darianis Pérez Aguada, Maidelis Milanés Luque
Redacción – revisión y edición: Darianis Pérez Aguada, Maidelis Milanés Luque, Omar Mar Cornelio, Arturo Orellana García

Financiamiento

Esta investigación fue financiada por los autores.

Este documento está bajo Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional