

Propuesta de distribución y agrupamiento de Centros de Salud en el Estado de Aguascalientes basado en algoritmo K-Means modificado considerando la patología de Diabetes Mellitus

Pablo Rodríguez de León¹, María Dolores Torres Soto², Aurora Torres Soto²

¹ Posgrado e Investigación, Aguascalientes,
México

² Benemérita Universidad Autónoma de Aguascalientes,
México

pablo.rdz@live.com, {mdtorres, atorres}@correo.uaa.mx

Resumen. Este artículo presenta la propuesta de rediseño de la distribución de unidades de salud del Instituto de Servicios de Salud del Estado de Aguascalientes (ISSEA) en jurisdicciones cuyo objetivo, es la reducción de las distancias de un centro a su jurisdicción y mejorar la atención. Actualmente, el ISSEA cuenta con 89 centros de salud agrupados en 3 Jurisdicciones, esta distribución tiene el problema de no estar organizada en base a distancias de los centros de salud con respecto de la ubicación de su oficina de jurisdicción responsable, esta configuración toma en cuenta el municipio de pertenencia de la unidad para determinar la Jurisdicción responsable. La propuesta de redistribución presentada en este trabajo utilizó la ubicación de las unidades de salud en base a su longitud y latitud geográficas, y como resultado del análisis se propone incluir una jurisdicción 4 que atendería a 14 centros de salud, los cuales captan más de 65,000 pacientes. Los resultados fueron obtenidos mediante la implementación de una versión modificada del algoritmo K-means, con centroides fijos y variables, manejando distancias calculadas por medio de semiverseno o fórmula de Haversine. Se determinó la ubicación de la jurisdicción 4, se obtuvo el agrupamiento de las unidades de salud en 4 grupos (uno por jurisdicción), obteniendo una mejor distribución de las unidades de salud, así como de los pacientes pertenecientes a cada una de éstas.

Palabras clave: K-means modificado, Centroides fijos y variables, Distancia Haversine.

Proposal for Distribution and Grouping of Health Centers in the State of Aguascalientes based on the K-Means Modified Algorithm Considering the Pathology of Diabetes Mellitus

Abstract. This paper presents the proposal for the redesign of the distribution of health units of the Institute of Health Services of the State of Aguascalientes. (ISSEA) in jurisdictions whose objective is to reduce distances and improve care.

The ISSEA has 89 health centers grouped in 3 jurisdictions, this distribution has the problem of not being organized based on the distances of the health centers with respect to the location of its office of responsible jurisdiction, this configuration considers the municipality belonging to the unit to determine the responsible jurisdiction. The redistribution proposal presented in this work used the location of the health units based on their geographic longitude and latitude, and because of the analysis it is proposed to include a jurisdiction 4 that will serve 14 health centers which attract more than 65,000 patients. The results were obtained by implementing a modified version of the K-means algorithm, with fixed and variable centroids, handling distances calculated by means of the semiversin or Haversine formula. The location of jurisdiction 4 was determined, the health units were grouped into 4 groups (one per jurisdiction), obtaining a better distribution of the health units, as well as the patients belonging to each of them.

Keywords: K-means, Fixed and variable centroids, Haversine distance.

1. Introducción

En la actualidad, el ISSEA cuenta con 89 centros de salud distribuidos en sus 11 municipios y con 3 oficinas jurisdiccionales[1], las cuales fueron ubicadas en los municipios de Aguascalientes, Rincón de Romos y Calvillo. Esta ubicación data de principios de los años 90. Las jurisdicciones cuentan con oficinas administrativas, almacenes, centros de distribución, facilidades de comunicación, etc. Su principal tarea es la de administrar y monitorear al personal, administrar y distribuir insumos, equipo y medicamentos a los centros de salud.

La propuesta que se presenta en este trabajo, reduce a la mitad la distancia máxima de cada centro de salud respecto de su jurisdicción de responsabilidad, ya que actualmente la distancia máxima de un centro de salud con respecto a la jurisdicción de su responsabilidad es de 54km lineales y 70 km por carretera.

Esta investigación cuenta con la información de ubicación (longitud y latitud) de 89 centros de salud y 3 jurisdicciones, también se tiene información del total de pacientes pertenecientes a cada unidad de salud; así como información importante de pacientes catalogados como probables y confirmados con respecto de la patología de diabetes mellitus.

Esta información fue recolectada mediante un proceso automatizado por medio de servidores MS SQL Server[2]. Este trabajo incluye la implementación de un algoritmo K-means modificado, que trabaja con distancias Haversine (que calcula la distancia entre dos puntos con la fórmula de Haversine determinando la distancia de círculo máximo entre dos puntos de una esfera dadas su longitud y latitud).

Dicho algoritmo trabaja con 4 centroides, de los cuales, tres son centroides fijos y uno variable.

Los centroides fijos usan las coordenadas de latitud y longitud de las tres oficinas jurisdiccionales existentes actualmente en ISSEA y el centroide variable representa la nueva jurisdicción.

Mediante el algoritmo K-means modificado, se generó la ubicación de la jurisdicción 4 en esta jurisdicción se agruparon 14 centros de salud de los cuales 6 pertenecían a la jurisdicción 1 y 8 pertenecían a la jurisdicción 2. Esta nueva jurisdicción 4 puede

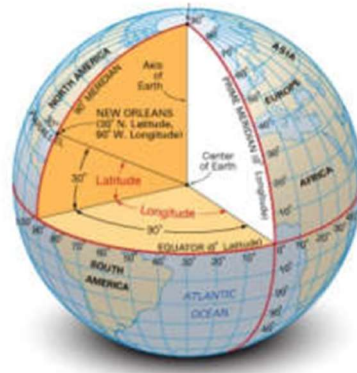


Fig. 1. El hemisferio muestra la diferencia entre las líneas de latitud y longitud [7].

atender a 65,568 pacientes de los cuales 26,336 eran de la jurisdicción 1 y 39,232 de la jurisdicción 2, respecto de la patología de diabetes mellitus. La jurisdicción 4 atenderá a 41,213 pacientes confirmados con la patología.

2. Conceptos relacionados

2.1. K-means

Este algoritmo fue creado por MacQueen en 1967 y es el algoritmo de agrupación más famoso y empleado ya que a pesar de su simpleza es eficaz. La agrupación permite el reconocimiento de tipologías o grupos en los cuales los elementos comparten gran similitud entre ellos y muchas diferencias con los elementos de los de otros grupos [3].

K-means lleva a cabo un procedimiento de clasificación de un conjunto de elementos en un determinado número K de clústeres o grupos, anticipadamente definido. Se le da el nombre de K-means o K-medias debido a que representa cada uno de los grupos por la media de los puntos de los elementos, o dicho de otra manera por sus centroides. La interpretación por medio de centroides tiene la utilidad de que es un concepto estadístico y gráfico reconocido. Un clúster por lo tanto es determinado por su centroide el cual se encuentra justo en el centro de los elementos que componen el clúster[4].

Algunos autores como Cifuentes Ramos [5] dividen la técnica de K-means en las siguientes 4 etapas:

- 1 Se eligen al azar los K elementos que conforman los K clúster o grupos iniciales. El valor inicial del centro para cada clúster k es X_i , y hasta este momento este sería el único objeto perteneciente al clúster o grupo.
- 2 Se debe asignar los elementos al clúster. Cada elemento se asigna al objeto más cercano, tomando en cuenta una medida de distancia.
- 3 Una vez que todos los elementos son situados, se calculan los centroides de K clústeres. Estos nuevos clústeres representan la media del total de elementos designados al clúster.

4 Volver a hacer las etapas 2 y 3 hasta que no se tenga diferencias en reasignaciones.

El algoritmo siempre finaliza, pero eso no garantiza el llegar a la solución óptima. Se debe tomar en cuenta que para tener mejores resultados se debe ejecutar el algoritmo varias veces para minimizar la sensibilidad a la elección aleatoria de K centroides iniciales.

2.2. Fórmula de Haversine

La fórmula de Haversine es una ecuación importante en la navegación, que proporciona la distancia del círculo máximo entre dos puntos en una esfera, partiendo de su longitud y latitud [6].

El cálculo de la distancia de un punto a otro en la superficie de la tierra se ve afectado por la curvatura de ésta. La fórmula de Haversine es un método para calcular la distancia estimada de manera adecuada y precisa de puntos geográficos [7], a continuación en la fórmula 1 se muestra el cálculo de la distancia Haversine:

$$d = 2r \cdot \arcsin \sqrt{\sin^2 \frac{\theta_2 - \theta_1}{2} + \cos \theta_1 \cdot \cos \theta_2 \cdot \sin^2 \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}},$$

donde

$r = 6271 \text{ km}$ (1)

θ es la latitud

φ es la longitud

La longitud es una línea que mide distancia entre el oeste y este de la tierra desde la línea del meridiano principal.

La latitud es la línea que mide la distancia entre el norte y el sur de la Tierra frente a la línea del ecuador. En la siguiente figura 1 podemos ver la situación entre las líneas de latitud y longitud.

Google Maps platform tiene disponible una función en su javaAPI para el cálculo de distancias de un punto a otro, en su página menciona textualmente que:

Con Google Maps platform, se puede eliminar algunas conjeturas de la imagen cuantificando distancias a través de la distancia en línea recta y la distancia de la ruta. Cada uno utiliza un enfoque diferente y resuelve diferentes problemas o acciones de los usuarios.

El método más simple para calcular la distancia se basa en matemáticas avanzadas. Conocida como la fórmula de Haversine, utiliza trigonometría esférica para determinar la distancia del gran círculo entre dos puntos. Usando el equivalente de JavaScript de la fórmula de Haversine, podemos determinar la longitud de la polilínea y la distancia recta entre dos marcadores” [8].

La empresa Here We Go, especialista en el desarrollo de aplicaciones de navegación y mapas, publicó en su página de desarrollador una herramienta de SDK de java script en la cual utilizan e implementan dentro de sus funciones el uso de la fórmula de Haversine para cálculo de distancia en tiempo real entre dos puntos, y menciona que,[9] cuando tenemos dos marcadores y estamos trazando una línea recta entre éstos, si queremos calcular la distancia, haremos uso de la fórmula de Haversine, porque hay

Tabla 1. Distribución Actual de Población.

Jurisdicción	Municipios
I	Aguascalientes, Jesús María, el Llano y San Francisco de los Romo
II	Cosío, Tepezalá, San José de Gracia, Pabellón de Arteaga y Asientos
III	Calvillo

Tabla 2. Distribución de unidades a cargo.

Jurisdicción	Unidades a cargo
I	44
II	30
III	15
Total	89

que recordar, que la Tierra no es plana, y para hacernos la vida más fácil, HERE JavaScript SDK se encarga de implementar esto por nosotros.

2.3. Primer nivel de atención en salud del estado de Aguascalientes

El Instituto de servicios de salud del estado de Aguascalientes tiene dentro de la dirección de servicios de salud dos niveles de atención, En el primer nivel de atención se encuentra la división de tres jurisdicciones sanitarias, las cuales atienden 89 centros de salud, en el segundo nivel de atención se encuentra la división de 5 hospitales generales [10]. Esta investigación utiliza la información que corresponde al primer nivel de atención y sus 3 jurisdicciones sanitarias actuales.

Como se mencionó en la introducción, una Jurisdicción sanitaria tiene las tareas de administrar y monitorear al personal, administrar y distribuir insumos, equipo y medicamentos a los centros de salud. La jurisdicción sanitaria 1 está ubicada en el municipio de Aguascalientes y es responsable de los centros de salud pertenecientes a los municipios de Aguascalientes, Jesús María, el Llano y San Francisco de los Romo.

La jurisdicción 2 está situada en el municipio de Rincón de Romos, y tiene a su cargo los centros de salud de los municipios de Cosío, Tepezalá, San José de gracia, Pabellón de Arteaga y Asientos. La jurisdicción sanitaria 3 tiene a su cargo los centros de salud pertenecientes al municipio de Calvillo, de esta manera se distribuye la carga de responsabilidad de los centros de salud del estado de Aguascalientes, en la tabla 1 se muestra esta información.

Actualmente la jurisdicción sanitaria 1 tiene a su cargo 44 centros de salud, la jurisdicción sanitaria 2 tiene a su cargo 30 centros de salud y la jurisdicción 3 tiene a su cargo 15 centros de salud, como se muestra en la tabla 2.

Las jurisdicciones sanitarias han sido agregadas según el crecimiento en cantidad de centros de salud, pero sin tomar en consideración la distancia desde el centro de salud a la oficina jurisdiccional.

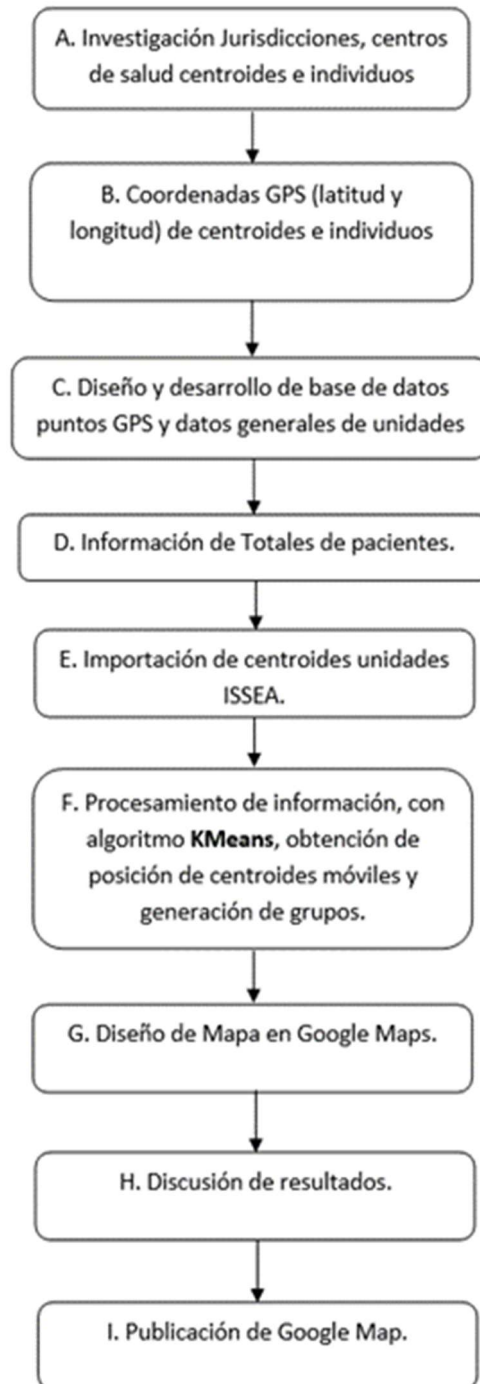


Fig. 2. Metodología Implementada.

3. Trabajos relacionados

3.1. Clustering K-Means para mejorar la calidad de servicios de organizaciones modernas

En el trabajo de Mamani Rodríguez [4] se señala que la minería de datos distribuida es una disciplina de alto interés para los investigadores ya que las organizaciones centralizadas actuales tienen ciertas limitaciones, menciona que las organizaciones competitivas deben mantenerse dispuestas al cambio, a la mejora continua de los servicios pero respetando los estándares de la industria.

Por ello están interesadas en utilizar herramientas informáticas que apoyen sus objetivos. Los investigadores plantean el desarrollo de un prototipo basado en minería de datos distribuida y la adaptación de un algoritmo de agrupamiento distribuido basado en la técnica K-means. La propuesta se basa en la detección de patrones de comportamiento basado en un proceso de negocio.

El estudio evalúa los datos nominales en repositorios en las sucursales de la organización y define un modelo dimensional para hacer un proceso de negocio específico, este modelo es implementado en los repositorios de información de la organización. Otro trabajo es el de Basyir [7] en el cual se creó una herramienta que determina los servicios de emergencia más cercanos mediante la posición geográfica del sujeto, este trabajo emplea el cálculo de la distancia de Haversine y agrupación con algoritmo de K-means.

4. Material y métodos

4.1. Metodología

Esta investigación fue desarrollada la siguiente metodología que se presenta en la Fig.2.

A continuación, se presentan los pasos a seguir de la metodología ilustrada anteriormente en la figura 2.

- A. Investigación de ubicación de Jurisdicciones, cabeceras municipales, centros de salud los cuales serán centroides e individuos de interés.
- B. Extracción de coordenadas GPS (latitud y longitud) de cada centroide fijo, unidades ISSEA y determinación de posiciones iniciales de centroides móviles.
- C. Diseño y desarrollo de base de datos para almacenamiento de puntos de localización GPS y datos generales de unidades del ISSEA y datos de cantidades de atención de pacientes.
- D. Importación de información de datos GPS de unidades del ISSEA y centroides a base de datos.

Tabla 3. Ejemplo de Información obtenida de repositorios ISSEA.

Nombre	Ubicación Longitud, Latitud	Probables diabetes	Confirmados diabetes	Total, Pacientes	Id Unidad	Jurisdicción
C. N. OJOCALIENTE	21.886044 102.220608	358	239	4,975	80	1
C. GREMIAL	21.899112 102.290868	369	815	13,317	2	1
C. PROGRESO	21.904467 102.268230	915	994	16,025	10	1
C. CONSTITUCIÓN	21.930177 102.283669	1,282	1,111	27,053	3	1
C. G PORTUGAL	21.868991 102.269119	890	1,039	15,773	9	1
C. INSURGENTES	21.849031 102.310384	1,289	1,949	24,827	5	1

- E. Obtención, procesamiento y Almacenamiento de Información de Totales de pacientes.
- F. Procesamiento de información por medio de software desarrollado K-Means modificado para agrupación.
- G. Proceso de diseño de Mapa en Google Maps, aplicación de Chrome apps.
- H. Análisis, revisión y discusión de resultados.
- I. Proceso de publicación de mapa en Google Map.

4.2. Preparación de la información

Para la obtención de datos generales de las unidades de salud y de totales de pacientes pertenecientes a estas unidades se obtuvo acceso por parte del ISSEA a la información de cada una de las bases de datos mediante tareas programadas para conseguir la información más reciente y actual.

A continuación, se describe el proceso de obtención, recolección y preparación de datos de los 89 centros de salud del ISSEA.

1. Desarrollo, diseño y creación de base datos *Datos_recoleccion* en servidor MS SQL Server[2].

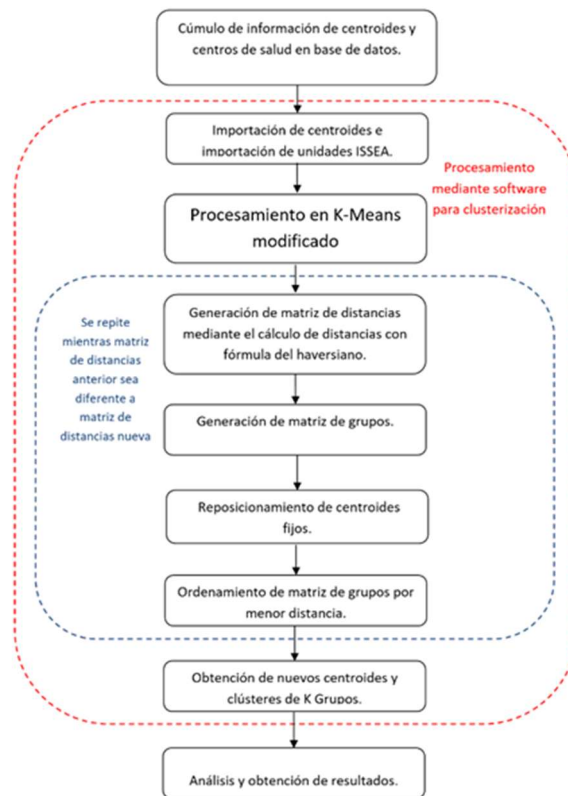


Fig.3. Marco de trabajo para procesamiento de información.

2. Creación y diseño de tablas contenedoras de datos de recolección en base de datos *Datos_recoleccion*.
3. Desarrollo y pruebas en una base de datos de prueba de consultas (query's) de los datos deseados a recolectar.
4. Generación de script para la inserción y actualización de datos obtenidos por las consultas (query's) en archivo *Datosrecoleccion.sql*.
5. Programación de tareas de recolección en MS SQL Server mediante la ejecución de tareas programadas y servicios de transformación de datos (DTS) los cuales se ejecutan en cada restauración de las bases de datos de las 89 unidades de salud del ISSEA. Estas restauraciones se realizan de manera automática en días laborales, mediante enlaces dedicados.
6. Revisión de confirmación de ejecución de tareas programadas y datos de las ejecuciones, tasa de transferencia, porcentajes, estadísticas, etc.
7. Revisión de los datos insertados o actualizados diariamente en las tablas de *Datos_recoleccion*.

En la Tabla 3, se muestra un ejemplo de los datos almacenados en la Tabla *Datos recolección*.

5. Resultados

Como resultado de esta investigación se tiene el diseño, desarrollo e implementación del marco de trabajo para procesamiento de información, el cual se describe en la figura 3.

En la figura anterior se presentaron los pasos a seguir para llevar a cabo el marco de trabajo para procesamiento de información, a continuación, se muestra detalladamente el orden y secuencia de los pasos a seguir del marco de trabajo.

Procesamiento de información por medio de software desarrollado para agrupación.

1. Importación de centroides e importación de unidades ISSEA.
2. K-means:
 - a) Generación de matriz de distancias mediante el cálculo de distancias con fórmula del Haversine.
 - b) Generación de matriz de grupos.
 - c) Posicionamiento de centroides fijos.
 - d) Ordenamiento de matriz de grupos por menor distancia.
 - e) Cálculo de nueva posición de centroides.
 - f) Repetir de a-e hasta no tener diferencias en Matriz de grupos anterior.
3. Obtención de nuevos centroides y clústeres de K Grupos.

Adicionalmente se diseñó, desarrollo e implemento el siguiente algoritmo K-means modificado para centroides fijos y móviles:

m: cantidad total de centroides.

n: cantidad de centroides móviles.

1. IMPORTA individuos.
2. IMPORTA centroides **fijos** y **móviles**.
3. MIENTRAS la matriz de grupos anterior diferente con la matriz de grupos nueva.
 - a) LIMPIA matriz de grupos anterior con ceros.
 - b) LIMPIA matriz de centroides nuevos.
 - c) RECORRE todas las líneas de individuos y COMPARA con centroides y GENERA matriz de distancias resultantes.
 - d) RECORRE todas las líneas de distancias y COMPARA cual es la menor y GENERA matriz de grupos nueva.
 - e) ESTABLECE centroides **fijos** 1-m.
 - f) RECORRE todas las líneas de grupos (m+1)-n y SUMA los que son 1 en sus respectivos individuos y GENERA nueva posición de centroides móviles.
 - g) COMPARA matriz de grupos anterior con matriz de grupos nueva.
4. PREGUNTA, ¿son diferentes la matriz de grupos anterior con la matriz de grupos nueva?
5. SI.
 - a) LIMPIA matriz de grupos nueva con ceros.
 - b) IGUALA matriz de centroides anteriores a matriz de centroides nuevos.
 - c) LIMPIA matriz de centroides nuevos.
 - d) REPITE 3 y 4.

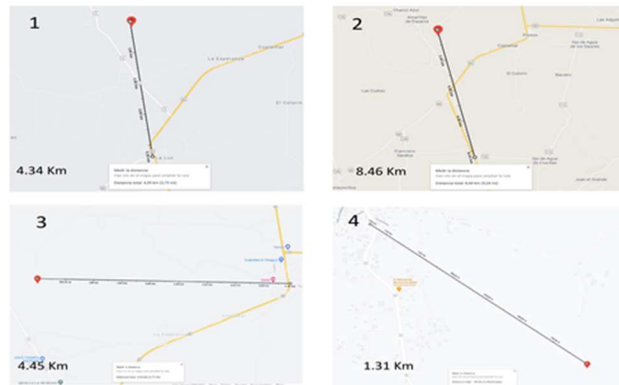


Fig. 4. Localización de posibles ubicaciones de oficina Jurisdiccional 4.

Tabla 4. Distribución Actual de Población.

Jurisdicción	Unidades	Probables diabetes	Confirmados diabetes	Total, Pacientes
I	44	25,430	26,933	461,058
II	30	8,172	8,177	126,633
III	14	6,812	6,103	71,213
Todas	89	40,414	41,213	658,904

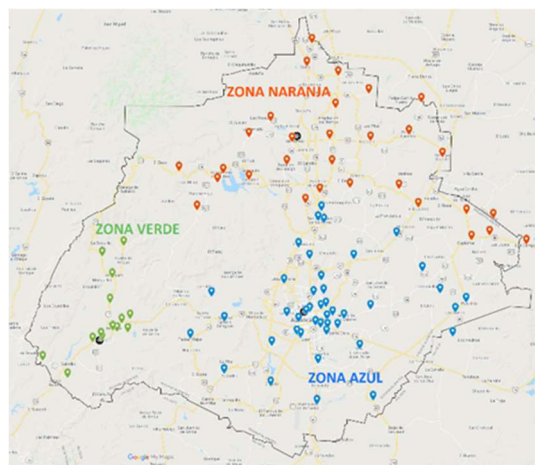


Fig. 5. Distribución y ubicación actuales de centros de salud ISSEA.

- 6. NO.
 - a) TERMINA.

Como resultado del algoritmo, se propone la inclusión de la jurisdicción 4 como centroide nuevo, contando así con 4 agrupaciones en total, esta decisión es de carácter

Tabla 5. Distribución de Población Propuesta.

Jurisdicción	Unidades	Probables diabetes	Confirmados diabetes	Total, Pacientes
I	35	23,868	25,105	430,463
II	26	6,609	6,530	91,660
III	14	6,812	6,103	71,213
IV	14	3,125	3,475	65,568
Todas	89	40,414	41213	658,904

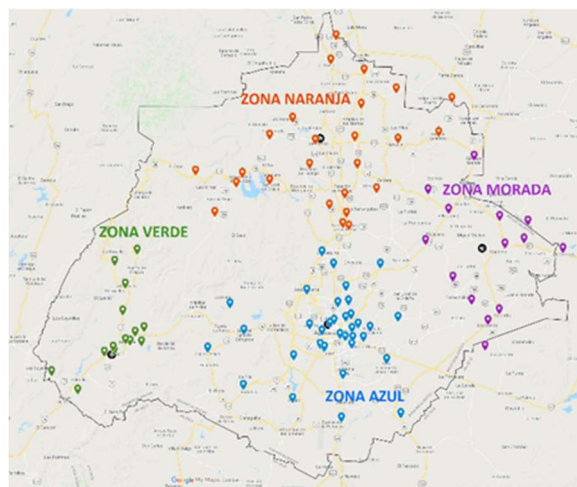


Fig. 6. Nueva agrupación propuesta de centros de salud ISSEA.

económico (pocos centroides o jurisdicciones). Para la ubicación de la nueva jurisdicción se proponen 4 comunidades o ubicaciones posibles ya que son comunidades cercanas al punto determinado por el algoritmo y están habilitadas con servicios básicos. Las ubicaciones son: La Luz, Terremoto, Pilotos y Amarillas de Esparza. La distancia del punto “Jurisdicción 4” determinado por el algoritmo (22.037063, -102.003551) al que llamaremos punto de atención o PDA a comunidades cercanas con los servicios necesarios para operar una oficina Jurisdiccional son:

1. PDA a La luz 4.34km con 870habitantes,
2. PDA a El Terremoto 8.46km con 354 habitantes,
3. PDA a Pilotos 4.45km 1282 con habitantes,
4. PDA a Amarillas de Esparza 1.31km con 808 habitantes.

En la figura 4 se observa las distancias en mapa de cada una de las comunidades antes mencionadas. Actualmente, los 89 centros de salud atienden a un total de 658,904 pacientes registrados distribuidos de la manera mostrada en la tabla 4. En la figura 4, se presenta la distribución actual de centros de salud por cada jurisdicción, de color azul

los pertenecientes a la jurisdicción 1, en color naranja los pertenecientes a la jurisdicción 2 y en color verde los pertenecientes a la jurisdicción 3.

La propuesta de atención a pacientes registrados para cada una de las jurisdicciones quedaría redistribuida como se presenta en la tabla 5. En la figura 5, se presenta la propuesta de distribución de los 89 centros de salud en 4 jurisdicciones, en color azul los pertenecientes a la jurisdicción 1, en color naranja los pertenecientes a la jurisdicción 2, en color verde los pertenecientes a la jurisdicción 3 y en color violeta los pertenecientes a la nueva jurisdicción 4.

6. Conclusiones y discusión

En base a los resultados obtenidos, se puede concluir que el algoritmo K-means modificado, es una herramienta robusta que se puede adecuar a diferentes situaciones como son la distribución y agrupamiento. En este caso se adaptó para funcionar con centroides fijos y móviles dada la particularidad de la, y se obtuvo un resultado muy conveniente. Mediante la jurisdicción 4, se reduciría la carga de trabajo de las jurisdicciones 1 y 2 en un 6.6% y un 27.6% respectivamente, atendiendo 30,595 personas de la jurisdicción 1 y 34973 de la jurisdicción 2.

En el análisis de las posibles localidades para establecer la jurisdicción 4, se concluye que no existe ninguna regla de restricción sobre la posición de la oficina jurisdiccional, sin embargo, se encontró que la conformación de una jurisdicción sanitaria está determinada por la regionalización, con el fin de planificar la prestación de servicios, proporcionar el uso óptimo de recursos y responder a las necesidades de atención a la salud particulares[11], por lo cual, se concluye que dadas las características de la localidad de Pilotos, municipio de Asientos, es la localidad ideal ya que a diferencia de las otras posibles localidades, cuenta con una población de más de 1000 personas, tiene los servicios (luz, agua, drenaje, teléfono) básicos necesarios para operar una jurisdicción, cuenta con acceso carretero mediante la carretera federal 43 y además cuenta con un centro de salud actualmente funcionando, con las facilidades para poder instaurar la oficina jurisdiccional 4.

Para trabajos futuros y con el fin de experimentar diferentes resultados, se considera trabajar con más de un centroide variable e integrar y posicionar geográficamente otras nuevas jurisdicciones en el estado, así como trabajar con uno o varios centroides fijos, según sea el caso de jurisdicciones que se necesiten conservar en su posición geográfica actual, además de la comparación de resultados con otras técnicas de búsqueda exhaustiva.

Referencias

- 1 Díaz de León-Castañeda, C., Góngora-Ortega, J.: eSalud en servicios de salud públicos en México: Estudio de caso, vol. 32, e21256 (2020) doi: 10.22198/rys2020/32/1256
- 2 Microsoft. "Microsoft SQL Server 2008 R2 SP2 - Express Edition" (2008) <https://www.microsoft.com/es-mx/download/details.aspx?id=30438>
- 3 Salcedo-López, F. H.: Minería de datos para segmentación de clientes en la empresa tecnológica Master PC. pp. 184 (2015) [Online], Available: [http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/10462/1/Chamba Jiménez%2C Sairy Fernanda.pdf](http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/10462/1/Chamba%20Jiménez%2C%20Sairy%20Fernanda.pdf)

- 4 Mamani, Z.: Aplicación de la minería de datos distribuida usando algoritmo de clustering K-Means para mejorar la calidad de servicios de las organizaciones modernas. pp. 150 (2015)
- 5 Cifuentes-Ramos, F. A.: Clasificación automática de Tweets utilizando K-NN y K-Means como algoritmos de clasificación automática, aplicando TF-IDF y TF-RFL para las ponderaciones. Pontif. Univ. Católica Valparaíso Fac. Ing. Esc. Ing. Informática (2016)
- 6 Chopde, N., Nichat, M.: Landmark based shortest path detection by using A* and Haversine formula. *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, vol. 1, no. 2, pp. 298–302 (2013) [Online], Available: http://www.ijirce.com/upload/2013/april/17_V1204030_Landmark_H.pdf.
- 7 Basyir, M., Nasir, M., Suryati, S., Mellyssa, W.: Determination of nearest emergency service office using Haversine formula based on android platform. *EMITTER International Journal of Engineering Technology*, vol. 5, no. 2, pp. 270–278 (2018) doi: 10.24003/emitter.v5i2.220
- 8 Rode, S.: How to calculate distances on a map with the maps javascript API (2019) <https://cloud.google.com/blog/products/maps-platform/how-calculate-distances-map-maps-javascript-api>
- 9 Raboy, N.: Distance calculations between points with the HERE javascript SDK. <https://developer.here.com/blog/distance-calculations-between-points-with-the-here-javascript-sdk>.
- 10 1D. Administrativo, primer nivel de atención (2020) <https://www.aguascalientes.gob.mx/isea/prinivel.html>.
- 11 Poder ejecutivo del Estado.: Manual de organización tipo de jurisdicción sanitaria. *Gaceta del Gobierno del Estado de México*, no. 308, pp. 40 (2011)