

Gestor de logística para el uso, almacenamiento, clasificación y distribución de unidades de sangre provenientes de donadores para los centros de salud en la República Mexicana

Trabajo Terminal No. _____

Alumnos: González Pardo Adrian

Directores: Ávila Sánchez Cristhian Alejandro

email: gozapaadr@gmail.com

Resumen – Actualmente, en México existen varias carencias en los hospitales, que año con año atienden y realizan actividades como: la práctica de medicina general, el cuidado de la salud física de los habitantes, etc. Dichas actividades se ven afectadas a consecuencia de la misma falta cultural en temas de salud, la cual genera problemáticas que van desde el acaparamiento y saturación de lugares en el uso de los servicios, hasta temas en donde atienden situaciones donde se requiere el uso de unidades de sangre, provenientes de donadores altruistas. El contar con reservas sanguíneas es sumamente relevante para cubrir múltiples actividades médicas que van desde su estudio clínico para el desarrollo de medicinas especializadas para su donador, hasta su empleo en las transfusiones, llegando a ayudar a alrededor de 3 receptores compatibles. Referente a esta sustancia vital, los centros de salud toman consideraciones como el tipo sanguíneo, y múltiples variables que caracterizan al mismo producto para su designación y uso. El presente proyecto propone desarrollar una herramienta computacional para gestionar tanto la donación, acopio, almacenamiento, resguardo, distribución, así como el suministro de las unidades de sangre. El contar con este instrumento beneficiaría al sector salud y a la población, ya que permitiría llevar un mejor control de las reservas sanguíneas, así como el acceso y solicitud para que sean transportadas entre centros de salud y bancos de sangre. Adicionalmente, se buscará que más habitantes se unan a las campañas de donación altruista, mediante la difusión de información útil para la ciudadanía.

Palabras Clave

Cómputo de alto desempeño, cómputo distribuido, redes neuronales, donación de sangre altruista, logística.

1. Introducción

Hablar de sangre es poder hablar de aquella sustancia vital que circula por nuestras venas y arterias, consistente por un tejido conectivo líquido, originado en la médula ósea, conformado por diversas células: como leucocitos (i.e. glóbulos blancos) y fragmentos celulares como eritrocitos (i.e. glóbulos rojos) y trombocitos (i.e. plaquetas); el cual tiene la importante misión de llevar oxígeno y nutrientes a los tejidos de nuestro cuerpo (vía las arterias), así como los desechos metabólicos celulares (vía las venas) todo ello bajo la conducción y el ritmo marcado por el bombeo y el palpar del corazón. Explicando y destacando la importancia de la sangre, se pueden describir algunas funciones que realiza en el cuerpo humano [0]:

Transporte de dióxido de carbono y sustancias de desecho hacia los órganos excretores (pulmón, hígado, riñón).

Transporte de oxígeno y sustancias nutritivas a todo el organismo.

Transporte de hormonas y sustancias reguladoras.

Se encarga de la realización de la hemostasia (agente encargado de la coagulación en caso de que algún conducto o vaso sanguíneo presente una ruptura).

Permite la regulación de la temperatura corporal.

Permite el equilibrio hidroelectrolítico y ácido básico del organismo (regulación del pH).

La sangre, además de ser esencial para la adecuada operación de las funciones vitales de una persona, si es extraída y tratada de forma apropiada, siguiendo los protocolos sanitarios para su almacenamiento y distribución, esta puede ser usada menos 3 receptores distintos cuya compatibilidad sanguínea es la misma que el donador. Las reservas sanguíneas tienen un papel importante en las actividades médicas, así como en algunas situaciones de emergencia en las que se requiere de su uso, tales como la transfusión o el tratamiento de otros productos de la sangre, como plaquetas y plasma, para algún procedimiento.

Un referente a la donación de sangre son los datos publicados por la Oficina de Información Científica y Tecnológica para el Congreso de la Unión (INCyTU), presentando los siguientes datos publicados en Febrero de 2019¹, complementado con la densidad poblacional y la extensión territorial de los países que son mostrados en el estudio:

¹ El número de habitantes, extensión territorial y densidad poblacional de cada país no son presentados originalmente en el estudio.

País	Donadores %		Densidad poblacional (Hab/Km ²)	Extensión Territorial km ²
	Voluntarios	Remplazo		
México	3.1	33	65	1973
Perú	4.6	29.7	25	1285
Guatemala	4.8	31.9	158	108.89
Chile	23.5	22	24	756.95
Argentina	38	15.8	16	2.78
Brasil	56.9	19.2	25	8516
Costa Rica	68.1	0.3	100	51.1
Colombia	86.8	19.3	43	1143
Cuba	100	4.1	100	109.88
Nicaragua	100	9.8	48	130.37

Tabla 1: Datos obtenidos acerca de la donación de sangre en América Latina [2,3]. Así como la extensión territorial y densidad poblacional a Enero de 2020 [1].

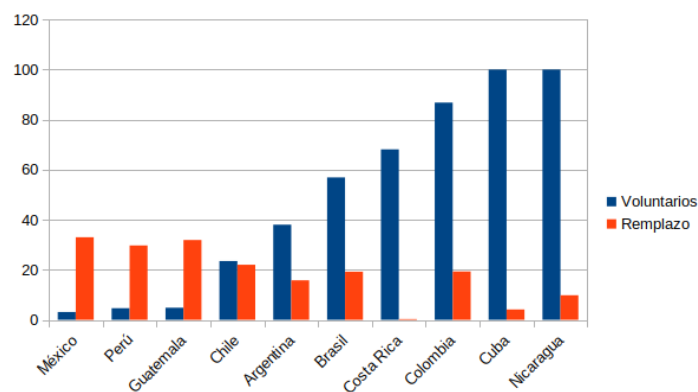


Figura 1: Datos obtenidos acerca de la donación de sangre en América Latina [2,3].

Los datos consultados del INCyTU y complementados con datos de la extensión territorial y la densidad poblacional de los países de América Latina, con la finalidad de hacer un comparativo acerca de la donación de sangre en cada uno de ellos. La gráfica muestra que en países cuya densidad poblacional y extensión territorial es pequeña en ambos casos, la donación de manera altruista es benéfica para su país, mientras que a mayor extensión territorial o densidad poblacional la conclusión al tema de donación altruista es diversa.

Esta problemática no sólo viene acompañada de temas socioculturales y de la misma recaudación de sangre. Complementario al tema de recaudación de sangre, hay consideraciones que definen el modo de uso, clasificación, almacenamiento, e incluso definiendo la unidad de medida para definir la cantidad de sangre a donar; las cuales se enlistan a continuación :

Factor Rh, para tener conocimiento si se tiene o no las proteínas de la superficie celular [4].

Los antígenos del sistema ABO, para tener conocimiento de la compatibilidad entre donante y receptor [5].

Conteo de células, como lo son los glóbulos rojos y blancos, así como el conteo de plaquetas (indicadores importantes valorados por especialistas que dictaminan si el involucrado está en condiciones de donar o no).

Consideración de que la sangre extraída es medida en unidades de sangre, cada una equivalente a 450 ml. [6].

La temperatura de almacenamiento debe estar menor o igual a los 4° C [6].

Entre otros más como la separación en productos de la sangre (previamente mencionados), así como su conservación en las instituciones o bancos de sangre.

Varias de las actividades de clasificación, almacenamiento, etc., de unidades de sangre son realizadas de manera manual, consumiendo tiempo valioso del personal de salud encargado de todas estas labores. La automatización de procesos podrá ayudar en gran medida en términos de distribución y almacenamiento de las unidades de sangre, además de apoyar en el ahorro del tiempo, para que el desempeño y tiempo del personal lo pueda asignar en otras actividades que sean de igual o mayor importancia.

La construcción de una solución única o de múltiples soluciones óptimas en el problema de planificación y logística subyacente en el proceso de automatización de esta tarea, se encuentra en la clase de complejidad de problemas NP-Complejos, cuyo espacio de soluciones es demasiado enorme, esto debido a la cantidad de variables o restricciones que pueda poseer el problema en sí mismo. En el caso del proyecto es necesario destacar las restricciones mucho más importantes que son el factor Rh y los antígenos del sistema ABO, que determina la compatibilidad entre el donador y sus posibles receptores, siendo de suma importancia al igual que otros factores que pueden ser añadidos. Con estas consideraciones, la construcción de la solución no se limita a la generación de una solución aleatoria o pseudoaleatoria, sino que debe producirse cuidando que siga todas las condiciones asociadas al problema, contando con estas y otras restricciones para que el proyecto sea viable y factible para su uso en las instituciones.

Es necesario destacar que el problema de la selección, clasificación o designación de unidades de sangre no es en esencia todo el problema, también se encuentra la planificación de rutas de traslado entre unidades de salud o bancos de sangre, en la cual se deben tener consideraciones como el tipo de transporte y equipo necesario disponible con el que cuentan los centros de salud para el traslado de las unidades de sangre.

A continuación, se muestra una lista de trabajos de investigación relacionados al trabajo propuesto:

Aplicación/Artículo	Características
Aplicación Blooders	Descripción: Aplicación móvil encargada de la búsqueda de donantes para un interesado o grupo de interesados. Resultados: Red de donadores en México y Colombia que apoya a distintos grupos de desconocidos.
Aplicación Software Cruz Roja / Sector salud	Descripción: Aplicación que tiene como fin el administrar las visitas realizadas por un donador altruista, para llevar el seguimiento del mismo, así como las unidades de sangre con las que cuenta el sistema. Resultados: Administración de una red nacional de donadores altruistas que apoyan la cultura altruista y que gracias a su apoyo muchas vidas a nivel nacional son salvadas.
Aplicación Blood Donor App	Descripción: Aplicación móvil que permite tener un control a la hora de realizar citas, y donaciones por parte de los involucrados. Resultados: Administración de cuántas veces un donador ha participado en campañas o ha donado sangre en centros de donación que pertenecen al American Red Cross, así como la logística de agendar citas y permitir el ahorro de tiempo por parte del personal y del donador, de igual forma el control/visualización por parte del usuario de cómo se realiza el uso de su unidad de sangre.
Aplicación Donante	Descripción: Aplicación móvil que permite llevar el calendario específico para que el usuario pueda tener un control y este pueda volver a donar sangre. Resultados: Una mejor administración por parte de la aplicación y del usuario para que este pueda volver a involucrarse en participar como donador altruista.
Aplicación Dona Sangre Andalucía	Descripción: Aplicación móvil que permite llevar el control directamente con la institución Andalucía España, a la hora de realizar donaciones, y que los involucrados puedan ir a distintos centros a realizar la respectiva donación. Resultados: Administración y control de una región de España, en la cual sus donadores pueden ver el número de donaciones que han realizado al año, el calendario de cuando realizaron su última donación, así como la obtención de algunos reconocimientos que da la misma aplicación para sus usuarios.
Tesis La administración pública como herramienta para la elaboración de un programa de donación altruista de sangre en el hospital regional Mérida del ISSSTE	Descripción: La presente tesis por el alumno Ramírez Bahena, de posgrado presenta la aspectos de la administración Mexicana en materia de la salud y políticas públicas, relacionados con la donación altruista, así como la implementación de programas de donación en el hospital regional Mérida del ISSSTE [7].

Tabla 2. Aplicaciones/ Investigaciones similares.

2. Objetivo General

Diseñar y desarrollar una arquitectura de software capaz de administrar y realizar la logística en la donación, almacenamiento y distribución de las unidades de sangre, entre donadores, bancos de sangre y centros médicos, en apoyo al sector salud y a la población.

2.1. Objetivos Particulares

Construir una arquitectura de cómputo distribuido y en la nube que sea escalable y modularizada para realizar la administración y la logística.

Desarrollar una red neuronal que clasifique y asigne tareas de logística mediante técnicas de cómputo suave o aprendizaje de máquina.

Concientizar a la población mexicana de la importancia de realizar la donación de sangre de forma altruista, además de destacar el impacto que este puede tener en el sector salud, y el país.

3. Justificación

Hacia 1981 la Organización Mundial de la Salud (OMS) exhortó a los países a obtener autosuficiencia de sangre y componentes particulares como plasma, plaquetas, de los mismos donadores no remunerados. Hacia 1987 se prohíbe en México la donación de sangre remunerada y se establece en el artículo 327 de la Ley General de Salud, la no comercialización de la sangre. Pero no fue hasta el año de 1988 cuando se instruyó a nivel nacional el reconocimiento de la labor altruista de los donadores en México.

Partiendo de la previa información histórica gracias a el Gabinete de Comunicación Estratégica (GCE) de México menciona en el documento [Donación de sangre en México, ¿voluntaria o no?] que “La donación de sangre es una pieza fundamental en los sistemas de salud de los países. La OMS, recomienda que cada país debe lograr 5 millones de donaciones anuales, las cuales deberán ser de manera voluntaria” [8]. En el mismo documento se encuentran resultados alentadores respecto al tema de donación altruista, aún así también se nota que año con año México no ha alcanzado una autosuficiencia de sangre y de sus componentes.

Mientras el GCE nos presentan datos y fundamentos importantes para el desarrollo del proyecto, instituciones públicas como la Facultad de Ciencias de Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) nos presenta datos en temas relacionados con la donación de sangre de forma voluntario/altruista mencionando, que en México se tiene un registro donde sólo 3 de cada 100 personas donan su sangre de forma altruista, ya que la forma común de donación es por reposición, de tal forma que sus datos son alentadores de acuerdo a su población muestreada [9]. Complementando la idea y gracias a los datos públicos proporcionados por las instituciones de la salud del sector público y privado, y publicados por el Centro Nacional de Transfusión Sanguínea [10], encontramos datos de programas de donación altruista alentadores. De la misma forma, si buscamos construir un modelo matemático de estos datos, el modelo en sí mismo podría estar definido por una función compuesta en distintos intervalos.

Con estos datos, encaminado hacia la construcción y desarrollo del presente proyecto, no solo se busca considerar los aspectos sociales que han podido impactar en la presentación de los datos, a su vez se buscará emplear algunas herramientas o técnicas de las ciencias de la computación para la construcción de estos modelos, así como la automatización de las actividades que realiza el personal médico para la asignación del producto de sangre:

El uso de cómputo de alto desempeño a la hora de dividir la carga de trabajo o datos para su procesamiento en paralelo, aprovechando el equipo en el que pueda ser instalado, e incluso para que este pueda tener un mejor performance en cuestiones temporales y de brindar respuesta.

El uso de cómputo distribuido, el cual va de la mano con el cómputo de alto desempeño, pero que este tiene su participación en no solo dividir la carga de trabajo o de datos, sino que involucra el uso de múltiples equipos para poder procesar y brindar una respuesta gracias a los múltiples equipos de cómputo.

El uso de redes neuronales, las cuales van a permitir a través de modelos de clasificación de cómputo suave o de aprendizaje de máquina, que los datos así como las variables que caracterizan a la sangre, pueda ser reconfigurable y de esta forma se obtengan un amplio panorama de soluciones en la realización de la logística de distribución y clasificación de sangre.

Para concluir, gracias a los documentos publicados por las instituciones previamente citadas, podemos entender que la necesidad por obtener unidades de sangre en pro del bienestar de la misma población es bastante alta, como en todo el mundo. Cada unidad de sangre puede salvar desde 1 hasta 3 receptores [11]. Su tratamiento, almacenamiento y distribución a distintos puntos predeterminados, para ayudar a salvar vidas es de suma importancia y la vez es una actividad difícil.

4. Producto o Resultados Esperados

Al final de este Trabajo Terminal, se espera desarrollar y contar con lo siguiente:

- Reporte general de las unidades de sangre con sus características generales.
- Solicitud de envío de unidades de sangre.
- Planificación de distribución de unidades de sangre.
- Alertas de disponibilidad baja de unidades de sangre en los centros de salud.
- Generación de modelos predictivos para la recaudación de nuevas unidades de sangre en los siguientes meses.
- Historial de transacciones de los administradores.
- Reporte de registro de nuevos donadores.
- Reporte de número de donaciones realizadas por los mismos involucrados.

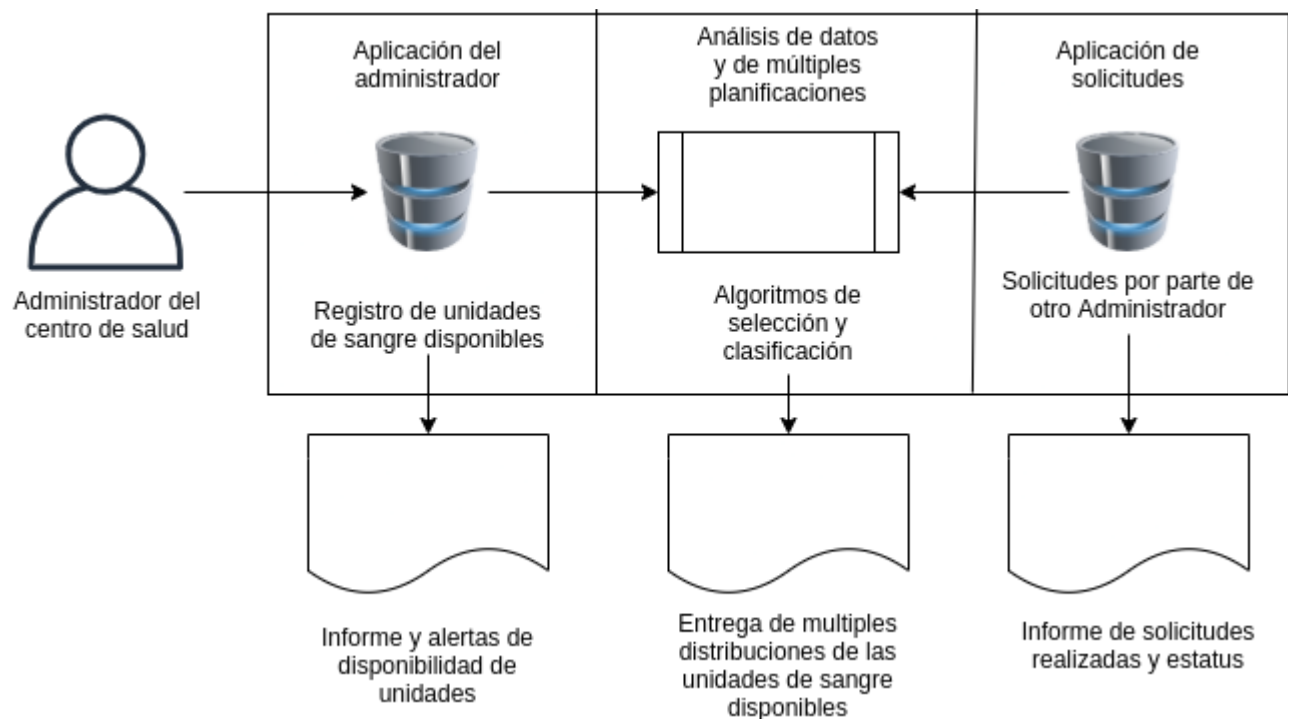


Figura 2: Diagrama a bloques de la arquitectura propuesta para la logística y distribución de unidades de sangre.

5. Metodología

Para llevar a cabo el desarrollo de este Trabajo Terminal, se eligió utilizar la metodología de prototipos, gracias a que la misma permite realizar un desarrollo de software iterativo e incremental; en el cual con la facilidad del mismo modelo se puede optar por mejorar, cambiar o eliminar algún hito o entregable de los productos finales que se desarrollarán durante el este proyecto.

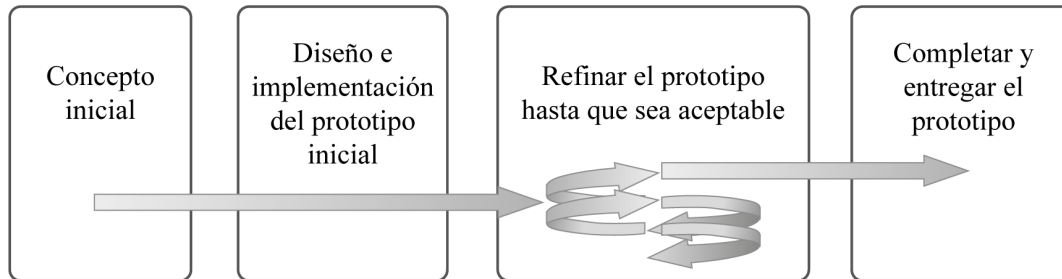


Figura 3: Modelo/Esquema de la metodología a utilizar por prototipos.

En la figura 3 podemos encontrar el modelo para el desarrollo del proyecto. Inicialmente, en la primera etapa, se identificarán los requerimientos, así como se realiza la definición de los conceptos iniciales. En la segunda etapa se desarrollarán los requerimientos previamente establecidos en la primera etapa. En la tercer etapa se buscará antes de finalizar la eliminación de errores, el refinamiento del producto y la retroalimentación de los productos obtenidos de la etapa anterior, buscando encontrar un proyecto cuyos productos tengan una calidad aceptable, para finalmente pasar a la siguiente etapa completando la metodología.

De igual forma, destacando el impacto y el nivel de problemática, es necesario considerar el uso de técnicas de solución a problemas mediante el uso de metaheurísticas, así como otras aproximaciones o métodos algorítmicos de solución, ya que es necesario no solo tener conciencia del volumen de datos a analizar, sino que es necesario considerar las posibles trayectorias de solución, así como las características particulares de la sangre que le dan la posibilidad de ayudar a un paciente o receptor en particular, los cuales deben ser considerados en total medida para la logística de distribución de las unidades de sangre.

Para el proceso de investigación, diseño y desarrollo se plantea que el proyecto cuente con las siguiente funcionalidades:

La planificación algorítmica para la clasificación y distribución de las unidades de sangre, en la cual se considerará cuestiones como:

- Niveles de glóbulos, plaquetas y plasma que se obtienen a partir de las unidades de sangre.
- Grupo sanguíneo.
- Bajo modelos predictivos, designar cuántas unidades de sangre podrán utilizar las instituciones de salud para así poder transportarlas a distintos centros de salud de la República Mexicana.

La consulta de datos abiertos para la clasificación de las unidades de sangre.

Conocimiento del uso específico de las unidades de sangre para algún receptor.

Trabajar de forma distribuida en distintos equipos de cómputo y que cuenten con las siguientes características:

- Que estos puedan intercambiar información a modo de generar nuevos modelos de logística y distribución.
- Intercambio de transacciones para actualización y verificación de disponibilidad de las unidades de sangre.

6. Cronograma

CRONOGRAMA Nombre del alumno(a): González Pardo Adrian

TT No.:

Título del TT: Gestor de logística para el uso, almacenamiento, clasificación y distribución de unidades de sangre provenientes de donadores para los centros de salud en la República Mexicana

[illegible]

[illegible]

7. Referencias

- [0] A. E. González Villalva, “Capítulo 9: Sangre”, *Histología y Biología Celular*, 3ra Edición, Alcaldía Alvaro Obregon, CDMX: McGrawHill, 2017, Capítulo 9, Introducción, [Online] Disponible en:
<https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1995§ionid=150300943#:~:text=Todas%20las%20c%C3%A9lulas%20de%20la,encuentran%20circulando%20en%20la%20sangre.&text=Transporte%20de%20ox%C3%ADgeno%20y%20sustancias%20nutritivas%20a%20todo%20el%20organismo.>
- [1] CIA World Factbook (2020), “Densidad de población” [Online] Disponible en:
<https://www.indexmundi.com/g/r.aspx?v=21000&l=es>
- [2] V. O. Cedillo Castelan, “30. Donación de sangre en México”, *INCyTU*, Número 030, no. 2, Febrero 2019. Disponible en:
<https://www.foroconsultivo.org.mx/INCyTU/index.php/notas/131-30-donacion-de-sangre-en-mexico-n-3>
- [3] V. O. Cedillo Castelan, “Donación de sangre en México”, *INCyTU*, Número 030, no. 2, Febrero 2019. Disponible en:
https://www.foroconsultivo.org.mx/INCyTU/documentos/Completa/INCYTU_19-030.pdf
- [4] Biblioteca Nacional de Medicina de los EE.UU. (2 de abril de 2021), Determinación del Grupo Sanguíneo, [Online] Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/003345.htm>
- [5] NIH Instituto Nacional del Cáncer, “Sistema de grupo sanguíneo ABO” [Online] Disponible en:
<https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/sistema-de-grupos-sanguineos-abo>
- [6] Centro Nacional de Transfusión Sanguínea y Banco Sectorial de Tejidos de Granada y Almería, “Productos Sanguíneos” [Online] Disponible en:
<http://transfusion.granada-almeria.org/actividad/productos-sanguineos#:~:text=Plasma%20fresco%20congelado%3A%20una%20unidad,oscila%20entre%20200%2D250%20mL.>
- [7] J. M. Ramírez Bahena (2007), La administración pública como herramienta para la elaboración de un programa de donación altruista de sangre en el hospital regional de Mérida del ISSSTE, [Online] Disponible en:
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/492/tesisramirezbahena.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [8] Gabinete de Comunicación Estratégica (2019), Donación de sangre en México, ¿voluntaria o no?, [Online] Disponible en: https://gabinete.mx/images/datadato/donacion/ST_donacion_sangre_2019.pdf
- [9] F. UNAM (28 de junio de 2017). Donación altruista de sangre en México, muy baja: UNAM (1ra edición) [Online] Disponible en:
<https://www.fundacionunam.org.mx/unam-al-dia/donacion-altruista-de-sangre-en-mexico-muy-baja-unam/#:~:text=En%20M%C3%A9xico%2C%20s%C3%B3lo%20tres%20de,requieren%20para%20un%20tratamiento%20m%C3%A9dico.>
- [10] Gobierno de México CNTS (2019) Estadísticas de bancos de sangre, [Online] Disponible en:
<https://datos.gob.mx/busca/dataset/estadisticas-banco-de-sangre> (Consultado el 24/03/2021)
- [11] Gobierno de México ISSSTE (11 de junio de 2020), Dona sangre, ¡salva vidas!, [Online] Disponible en:
<https://www.gob.mx/issste/articulos/dona-sangre-salva-vidas?idiom=es#:~:text=Una%20unidad%20de%20sangre%20puede,el%20contagio%20de%20alguna%20enfermedad.>

8. Alumnos y Directores

CARACTER: Confidencial
FUNDAMENTO LEGAL: Art. 3, fracc. II, Art. 18, fracc. II y
Art. 21, lineamiento 32, fracc. XVII de la L.F.T.A.I.P.G.
PARTES CONFIDENCIALES: No. de boleta y Teléfono.

González Pardo Adrian.- Alumno de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en ESCOM. Especialidad: Sistemas. Boleta: 2015140309. Tel. 5518179786, e-mail: gozapaadr@gmail.com

Firma: _____

M. en C. Ávila Sánchez Cristhian Alejandro.- Maestría en Ciencias, Centro de Investigación de Computación del IPN (2005). Ingeniería en Sistemas Computacionales, Escuela Superior de Cómputo del IPN (2001). Profesor de la ESCOM - IPN, adscrito al Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación. Líneas de Investigación/Áreas de Interés: Computación e Información Cuánticas, Problemas NP-Complejos, Aprendizaje de Máquina, Cómputo Distribuido y Paralelo, Genómica Computacional, Cómputo Natural y Sistemas Complejos. Tel. 55 45653574, e-mail: aavila.scz@gmail.com

Firma: _____