

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Herramienta de Software para el Estudio de la Epilepsia -
Fase II**

Trabajo de graduación presentado por Jorge Diego Manrique Sáenz
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecatrónica

Guatemala,

2021

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Herramienta de Software para el Estudio de la Epilepsia -
Fase II**

Trabajo de graduación presentado por Jorge Diego Manrique Sáenz
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecatrónica

Guatemala,

2021

Vo.Bo.:

(f) _____
Ing. Estuardo Mancio

Tribunal Examinador:

(f) _____
Ing. Estuardo Mancio

(f) _____
MSc. Carlos Esquit

(f) _____
Ing. Luis Pedro Montenegro

Fecha de aprobación: Guatemala, 5 de diciembre de 2018.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Cras vitae eleifend ipsum, ut mattis nunc. Pellentesque ac hendrerit lacus. Cras sollicitudin eget sem nec luctus. Vivamus aliquet lorem id elit venenatis pellentesque. Nam id orci iaculis, rutrum ipsum vel, porttitor magna. Etiam molestie vel elit sed suscipit. Proin dui risus, scelerisque porttitor cursus ac, tempor eget turpis. Aliquam ultricies congue ligula ac ornare. Duis id purus eu ex pharetra feugiat. Vivamus ac orci arcu. Nulla id diam quis erat rhoncus hendrerit. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Sed vulputate, metus vel efficitur fringilla, orci ex ultricies augue, sit amet rhoncus ex purus ut massa. Nam pharetra ipsum consequat est blandit, sed commodo nunc scelerisque. Maecenas ut suscipit libero. Sed vel euismod tellus.

Proin elit tellus, finibus et metus et, vestibulum ullamcorper est. Nulla viverra nisl id libero sodales, a porttitor est congue. Maecenas semper, felis ut rhoncus cursus, leo magna convallis ligula, at vehicula neque quam at ipsum. Integer commodo mattis eros sit amet tristique. Cras eu maximus arcu. Morbi condimentum dignissim enim non hendrerit. Sed molestie erat sit amet porttitor sagittis. Maecenas porttitor tincidunt erat, ac lacinia lacus sodales faucibus. Integer nec laoreet massa. Proin a arcu lorem. Donec at tincidunt arcu, et sodales neque. Morbi rhoncus, ligula porta lobortis faucibus, magna diam aliquet felis, nec ultrices metus turpis et libero. Integer efficitur erat dolor, quis iaculis metus dignissim eu.

Prefacio	v
Lista de figuras	ix
Lista de cuadros	xi
Resumen	xiii
Abstract	xv
1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
3. Justificación	7
4. Objetivos	9
5. Alcance	11
6. Marco teórico	13
7. Derivación de la dinámica del mecanismo	19
7.1. Dinámica de cuerpos rígidos	19
7.2. Restricciones	19
7.2.1. Mecanismos de lazo cerrado	19
8. Control del sistema mecánico	21
8.1. La ecuación del manipulador	21
9. Diseño experimental	23
10. Experimentos	25
11. Resultados	27

12.Conclusiones	33
13.Recomendaciones	35
14.Bibliografía	37
15.Anexos	39
15.1. Planos de construcción	39
16.Glosario	41

Lista de figuras

Lista de cuadros

1.	Tabla de prueba	21
----	---------------------------	----

Se presenta una propuesta para mejorar la herramienta para el estudio de la epilepsia desarrollada en la fase I por María Fernanda Pineda, tesis “Diseño e Implementación de una Base de Datos de Señales Biomédicas de Pacientes con Epilepsia” [1]. Se busca realizar modificaciones y mejoras a la herramienta para que el Centro de Epilepsia y Neurocirugía Funcional HUMANA cuente con un programa que les resuelva ciertas dificultades que se les presentan y además a reducir tiempos en los procesos internos como lo es la evaluación de las señales electroencefalográficas de los pacientes.

Es necesario evaluar los programas que utilizan actualmente en HUMANA para la captura de las encefalogramas ya que para poder presentar una herramienta funcional y útil también es necesario eliminar tareas repetidas que al final cuestan tiempo importante y pueden causar errores involuntarios.

Con las modificaciones a la herramienta de la fase I se busca incluir funcionalidades que puedan aportar valor a futuros proyectos que sigan esta línea de investigación.

Por último, después de haber realizado las modificaciones y mejoras correspondientes se propondrán modos para el uso de la herramienta de forma remota. Esto debido a que la presente situación mundial obliga a buscar alternativas para poder trabajar de forma remota por razones de seguridad.

Abstract

This is an abstract of the study developed under the

CAPÍTULO 1

Introducción

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Quisque eget consequat risus. Praesent a quam lacinia, consequat eros id, auctor tellus. Phasellus a dapibus arcu, vitae luctus leo. Aliquam erat volutpat. Suspendisse ac velit quam. Nullam risus nibh, lobortis vehicula elit non, pellentesque volutpat odio. Donec feugiat porta sapien gravida interdum. Cras odio nunc, lobortis sed pellentesque imperdiet, facilisis eu quam. Praesent pharetra, orci at tincidunt lacinia, neque nulla ornare lacus, ut malesuada elit risus non mi. Fusce pellentesque vitae sapien sed mollis. Curabitur viverra at nulla vitae porta. In et mauris lorem.

Vestibulum faucibus fringilla justo, eget facilisis elit convallis sit amet. Morbi nisi metus, hendrerit quis pellentesque non, faucibus at leo. Proin consectetur, est vel facilisis facilisis, arcu felis vestibulum quam, et fringilla metus neque at enim. Nunc justo mauris, egestas quis maximus eget, viverra vehicula nunc. Fusce eu nulla elementum, condimentum diam at, aliquam leo. Nullam sed sodales enim, eu imperdiet risus. Aliquam ornare augue leo, fringilla mattis nunc facilisis eget. Nam faucibus, libero a aliquet fermentum, magna arcu ultrices lacus, a placerat tortor turpis ut purus.

Integer eget ligula non metus egestas rutrum sit amet ut tellus. Aliquam vel convallis est, eu sodales leo. Proin consequat nisi at nunc malesuada gravida. Aliquam erat volutpat. Aliquam finibus interdum dignissim. Etiam feugiat hendrerit nisl, hendrerit feugiat ex malesuada in. Cras tempus eget arcu vitae congue. Ut non tristique mauris. Vivamus in mattis ipsum. Cras bibendum, enim bibendum commodo accumsan, ligula nulla porttitor ex, et pharetra eros nisl eget ex. Morbi at semper arcu. Curabitur massa sem, maximus id metus ut, molestie tempus quam. Vivamus dictum nunc vitae elit malesuada convallis. Donec ac semper turpis, non scelerisque justo. In congue risus id vulputate gravida. Nam ut mattis sapien.

La epilepsia es una de las condiciones neurológicas más comunes, sin embargo, aún no logramos comprenderla ni se cuenta con un tratamiento específico. La epilepsia es una condición que causa convulsiones recurrentes sin provocar. Una convulsión epiléptica es causada por señales neurológicas anormales. La epilepsia es una de las condiciones neurológica más comunes, aproximadamente 50 casos nuevos por cada 100,000 habitantes anualmente. Aproximadamente el 1 % de la población mundial sufre de epilepsia y un tercio de los pacientes sufre de epilepsia refractaria. La epilepsia refractaria se refiere a que las convulsiones no pueden ser controladas por los medicamentos antiepilépticos mas recomendados o utilizados. El 75 % de los pacientes con epilepsia lo empiezan a padecer en la niñez [2].

Las convulsiones epilépticas son clasificadas dentro de 3 categorías: Generalizada, focal o parcial y espasmo epiléptico. Las convulsiones generalizadas empiezan en las redes neuronales bilaterales. Las convulsiones focales o parciales se originan en las redes neuronales de un hemisferio del cerebro. Una convulsión puede iniciar como focal o parcial y luego convertirse en generalizada. Las convulsiones pueden originarse en la corteza o en estructuras subcorticales. Utilizado historia detallada, información clave obtenida por EEG y otra información relevante generalmente un médico puede clasificar las convulsiones/tipo de epilepsia y generar un diagnostico y un plan para el tratamiento [2].

Una base de datos relacional es un tipo de base de datos que almacena y provee acceso a datos que están relacionados a otros. Estas bases de datos se basan en un modelo, intuitivo, y fácil para almacenar la información en tablas. En estas tablas cada fila es un registro con un número de identificación único llamado “llave”. Cada columna de la tabla representa un atributo con información específica del registro [3].

El aprendizaje automático o *machine learning* es utilizado ampliamente en las áreas de la salud y la biología. Investigadores y científicos lo utilizan en distintas áreas ya que permite el análisis de mucha información y permite visualizar alternativas para diferentes aplicaciones. El aprendizaje automático se puede utilizar para la clasificación y detección de epilepsia. También se ha utilizado para análisis de señales EEG ya que de esta forma se puede descubrir información importante de la señal [4].

El Centro de Epilepsia y Neurocirugía Funcional HUMANA, es una organización formada por profesionales en Neurociencias que trabajan en beneficio de los pacientes que padecen problemas Neurológicos de difícil control, Epilepsia, Parkinson, Tumores Cerebrales, Columna Vertebral, Movimientos Anormales entre otros. Humana es el Centro de Referencia en Neurociencias para Guatemala y Centro América donde los médicos cuentan con los mejores recursos para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades cerebrales [5].

Las tesis desarrolladas por María Fernanda Pineda [1] y María Jesús Aangulo [6] consistieron en el desarrollo de una herramienta para análisis de señales electroencefalográficas y diseño de una base de datos para almacenar las señales grabadas por HUMANA. Esta base de datos almacena información sobre los pacientes como edad, datos de la señal como frecuencia y número de canales, pero no nombres de los pacientes ya que busca conservar la confidencialidad de los pacientes.

La base de datos considera hasta 35 canales de los cuales 20 son obligatorios y almacena la información en 3 tablas, una para datos del paciente, otra para datos descriptivos de la prueba y la última con las grabaciones de los diferentes canales de la señal. La aplicación para grabar las señales fue desarrollada en Matlab por lo que es necesario tener instalado este programa para poder ejecutarlo o generar un ejecutable previamente.

El proceso para importar las señales a la base de datos es el siguiente: Primero exportar la señal en el programa utilizado en HUMANA para la captura de la señal encefalográfica. Segundo. Llenar el formulario con los datos del paciente en el programa desarrollado en Matlab por Maria Fernanda Pineda. Y por último importar el archivo .edf.

Actualmente el flujo no es automático y posee pasos duplicados ya que los datos del paciente se ingresan 2 veces. Primero en el programa utilizado para capturar las señales EEG. Y segundo en la herramienta desarrollada en Matlab. Esto incrementa el tiempo utilizado y da lugar a errores no voluntarios a la hora de ingresar los datos.

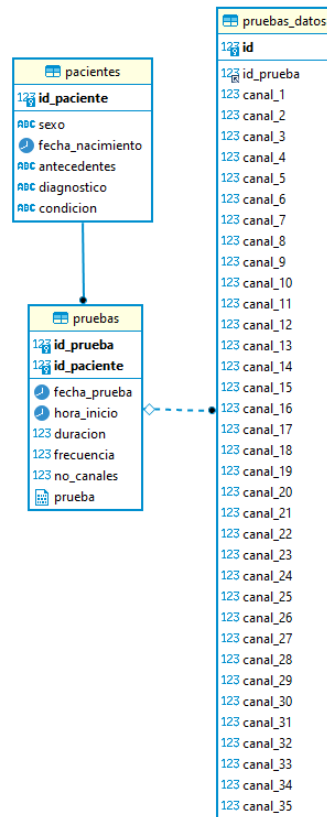


Figura 1 Estructura de la base de datos desarrollada en la fase I [1].



Figura 2 Aplicación desarrollada en Matlab para carga de las señales EEG [1].

Actualmente HUMANA realiza el análisis de las señales EEG manualmente. Como es un proceso manual y en situaciones hay señales muy largas los tiempos de análisis pueden variar significativamente. Ya que es un proceso manual es necesario tomar en cuenta que se pueden cometer errores y obviar información importante de la señal. Por lo tanto, automatizar el proceso es de suma importancia y la calidad del análisis esta directamente relacionado con la calidad de la información.

La herramienta actual desarrollada por Maria Fernanda Pineda [6] permite el almacenamiento de las señales en una base de datos, pero no considera el almacenamiento ni visualización de los datos resultantes de la anotación de las señales EEG ni tampoco existen usuarios con diferentes permisos para mantener la confidencialidad de cierta información. Esto es importante ya que los resultados deben almacenarse en algún lugar. También es de suma importancia poder visualizar las anotaciones realizadas a las señales y *los resultados de los análisis efectuados* Además no podemos obviar la responsabilidad de mantener la confidencialidad de los datos de los pacientes.

Se busca dejar un programa funcional que permita administrar usuarios y sus permisos y que sea de mucha utilidad para automatizar las tareas lo más posible en el día a día de HUMANA. También es necesario realizar modificaciones a las tablas definidas y a la aplicación para integrar el uso de diferentes usuarios. Por ejemplo, existe una tabla en la base de datos que no cuenta con una llave primaria y la forma de autenticar credenciales para la conexión a la base de datos es por medio de un archivo .csv lo cual no es practico ni lo correcto.

Objetivo General

Mejorar la herramienta de *software* desarrollada en la fase anterior del proyecto de estudio de la epilepsia, y adaptarla para su uso en el Centro de Epilepsia y Neurocirugía Funcional (HUMANA).

Objetivos Específicos

- Expandir la funcionalidad de la herramienta de *software* desarrollada en la fase anterior.
- Optimizar el modelo y funcionalidad de la base de datos con que cuenta la herramienta.
- Desarrollar una versión de la herramienta compatible con las estaciones de trabajo de HUMANA.
- Integrar en la aplicación un módulo de control de usuarios y sus permisos.
- Proponer un modo para la operación remota de la herramienta.

CAPÍTULO 5

Alcance

Podemos usar Latex para escribir de forma ordenada una fórmula matemática.

Epilepsia

La epilepsia es una condición que causa convulsiones recurrentes sin provocar. Una convulsión epiléptica es causada por señales neurológicas anormales. La epilepsia es una de las condiciones neurológica más comunes, aproximadamente 50 casos nuevos por cada 100,000 habitantes anualmente. Aproximadamente el 1 % de la población mundial sufre de epilepsia y un tercio de los pacientes sufre de epilepsia refractaria. El 75 % de los pacientes con epilepsia lo empiezan a padecer en la niñez [2].

La epilepsia afecta tanto a hombres como a mujeres de todas las razas, orígenes étnicos y edades [7].

Los síntomas de las convulsiones pueden variar ampliamente. Algunas personas con epilepsia simplemente miran de manera fija por unos segundos durante una convulsión, mientras que otras mueven repetidamente los brazos o las piernas. Tener una sola convulsión no significa que padezcas epilepsia. Por lo general, se requieren al menos dos convulsiones no provocadas para determinar un diagnóstico de epilepsia [7].

Tipos de Epilepsia

Las epilepsias se clasificaban según su sitio de inicio, si la causa era conocida o no lo era. El sistema de clasificación actual toma en cuenta las causas estructurales y genéticas e incluye el tipo de convulsión, el diagnóstico del síndrome y el grado de deterioro funcional. La forma de clasificar seguirá evolucionando a medida que se conozca mas de la epilepsia y de la genética [2].

Tipos de convulsiones

Las convulsiones epilépticas son clasificadas dentro de 3 categorías: Generalizada, focal o parcial y espasmo epiléptico. Las convulsiones generalizadas empiezan en las redes neuronales bilaterales. Las convulsiones focales o parciales se originan en las redes neuronales de un hemisferio del cerebro. Una convulsión puede iniciar como focal o parcial y luego convertirse en generalizada. Las convulsiones pueden originarse en la corteza o en estructuras subcorticales [2].

Electroencefalograma

El electroencefalograma (EEG) es una grabación de la actividad cerebral. Para obtener estas grabaciones se utilizan pequeños sensores pegados a la cabeza en diferentes posiciones los cuales captan las señales eléctricas generadas por las células en el cerebro cuando estas se comunican entre sí [8].

Estas señales son grabadas por una maquina para luego ser examinadas por un medico para determinar si existe alguna anormalidad en ellas. La grabación y evaluación de estas señales se lleva acabo por especialista altamente entrenados llamados neurofisiólogos clínicos [8].

Una EEG puede ser utilizada para diagnosticar y monitorear varias condiciones que afectan el cerebro. Puede ayudar a identificar la causa de ciertos síntomas como por ejemplo convulsiones o problemas para recordar, pero también puede ayudar a saber más sobre alguna condición ya diagnosticada [8].

El uso principal para los electroencefalogramas consiste en la detección e investigación de la epilepsia. Los EEG ayudan al medico a identificar el tipo de epilepsia y el motivo por el cual las convulsiones son causadas como también el mejor método de tratamiento [8].

Además, los EEG también pueden ser utilizados para investigar otros problemas o condiciones como por ejemplo: demencia, golpes en la cabeza, tumores cerebrales, inflamación cerebral y desordenes de sueño [8].

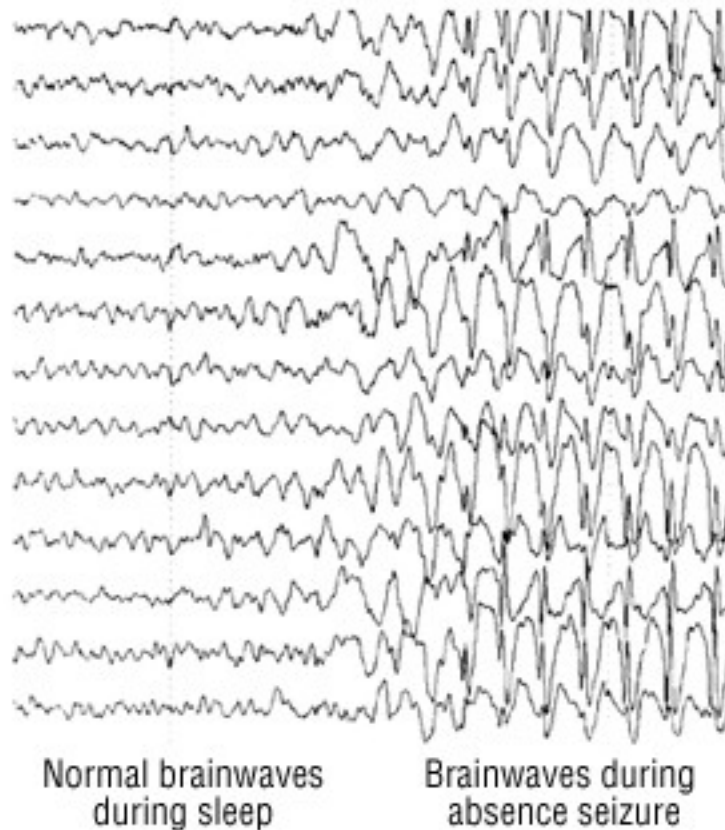


Figura 3. Señal EEG normal vs señal EEG durante una convulsión. [9].

Bases de datos

Una base de datos relacional es un tipo de base de datos que almacena y provee acceso a datos que están relacionados a otros. Estas bases de datos se basan en un modelo, intuitivo, y fácil para almacenar la información en tablas. En estas tablas cada fila es un registro con un número de identificación único llamado “llave”. Cada columna de la tabla representa un atributo con información específica del registro [3].

El objetivo de una base de datos es recolectar y mantener información de tal forma que esté disponible para referencia de operaciones o análisis para la toma de decisiones. Las bases de datos deben cumplir con un número de requerimientos técnicos. Por ejemplo: La data debe ser accesible para varios usuarios, la información debe ser recolectada desde que se genera, esta información puede tenerse almacenada por mucho tiempo sin necesidad de utilizarse inmediatamente, la lectura y escritura de información debe de poder realizarse constantemente y la información debe almacenarse de tal forma que este relacionada y pueda buscarse fácilmente [10].

Organización

El modelo de entidad-relación para bases de datos fue diseñado y desarrollado por Peter Chen del MIT en 1976. Es una forma intuitiva y conceptual de representar el modelo de datos en una base de datos. Normalmente se representa con un diagrama de entidad-relación. El diagrama de entidad-relación permite visualizar las tablas, sus atributos, llaves primarias y foráneas, así como las relaciones que existen entre tablas. En una base de datos relacional es necesario vincular las tablas con información utilizando llaves foráneas para consultar fácilmente información en las diferentes tablas. Las bases de datos relacionales son ampliamente utilizadas debido a su simplicidad para modelar, representar y consultar la información [11].

Conceptos básicos

Schemas: es una colección de objetos dentro de una base de datos. El *schema* tiene un dueño y puede contener varios objetos dentro de la base de datos como, por ejemplo: Tablas, *triggers*, secuencias, vistas, *procedures*, etc [12].

Tablas: Unidad básica de almacenamiento en una base de datos. Consiste en columnas que pueden ser de diferente tipo de dato y de diferentes tamaños y de filas o registros con la información que se desea almacenar [13].

Tipos de datos: Los tipos de datos determinan los valores y tipo de información que se desea almacenar en la columna indicada en la tabla. Pueden ser por ejemplo: INT (numero entero), Float (número real), String (campo alfanumérico), etc [14].

Llaves primarias: la llave primaria consiste en la columna o combinación de columnas que identifican cada registro de la tabla para que este registro pueda ser consultado o modificado fácilmente por separado o en conjunto con otros registros [15].

Llaves foráneas: las llaves foráneas permiten relacionar las tablas de la base de datos entre sí. La llave foránea se define en la tabla “hija” y define las columnas que se relacionan con las columnas en la tabla “padre” [16].

Aprendizaje automático

El aprendizaje automático o *machine learning* es utilizado ampliamente en las áreas de la salud y la biología. Investigadores y científicos lo utilizan en distintas áreas ya que permite el análisis de mucha información. Dependiendo del tipo de modelo utilizado y la aplicación es posible responder distintas dudas que puedan surgir. Un modelo de clasificación permite determinar en base a datos históricos, por ejemplo, si algo va a suceder o no. Un modelo de series de tiempo permite predecir valores de una variable que depende del tiempo tomando en cuenta la estacionalidad, tendencia, ciclos, etc. Un modelo de *clustering* permite agrupar hechos, objetos, personas en base a sus características. Las aplicaciones son muy variadas así como los modelos disponibles [4].

Aplicación en la medicina y epilepsia

Machine learning se puede utilizar para la clasificación y detección de epilepsia. También se ha utilizado para análisis de señales EEG ya que de esta forma se puede descubrir información importante de la señal [1].

Derivación de la dinámica del mecanismo

7.1. Dinámica de cuerpos rígidos

7.2. Restricciones

7.2.1. Mecanismos de lazo cerrado

Mecanismo de cuatro barras

8.1. La ecuación del manipulador

12	3.2	3.43	23	13
aasdasdd	asd	ssdssa	ssdas	asdasda

Cuadro 1: Tabla de prueba. Esta es una breve descripción de la tabla anterior. Continuamos con la descripción de esta forma y se menciona que fue de elaboración propia.

Aquí seguimos escribiendo texto normalmente.

CAPÍTULO 9

Diseño experimental

CAPÍTULO 10

Experimentos

En primero lugar fue necesario reconstruir los *scripts* para la creación de la base de datos y sus tablas ya que no se cuenta con un *backup* de la base de datos desarrollada en la fase I. Los *scripts* se reconstruyeron en base a lo que se podía apreciar de los diagramas presentes en la tesis y en Github. A continuación se muestra el diagrama de la base de datos creada en MySQL (*Scripts* subidos a Github):

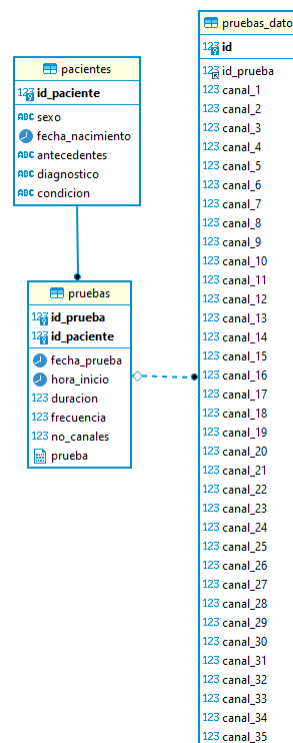


Figura 1 “Diagrama BD en MySQL”

Software utilizado en las estaciones de HUMANA: (Solo esos 2 mencionaron en la reunión, hace falta otra reunión o preguntar por correo los demás programas utilizados.)

- Cadwell
- Micromed

En la última reunión con HUMANA los doctores indicaron que no está permitido instalar nada en las computadoras que capturan las señales EEG.

Para poder planificar con mayor detalle los pasos a seguir es necesario determinar si es posible extraer la información de las señales directamente de los programas utilizados en HUMANA. Por lo tanto es necesario determinar si utilizan una base de datos o no. A continuación se muestra un cuadro con los programas y que base de datos utilizan:

Programas	Bases de datos
Cadwell	
Micromed	SQL Server Enterprise

Cuadro 1 "Programa - base de datos"

Con la información disponible por el momento se definió la arquitectura preliminar. Es posible automatizar los procesos tomando 2 enfoques distintos: Utilizar la base de datos en un servidor en las oficinas de HUMANA o alquilar un servidor virtual en la nube. La última palabra la tienen en HUMANA ya que ellos deben ver cual opción les parece la apropiada. A continuación se muestra los diagramas de la arquitectura preliminar.

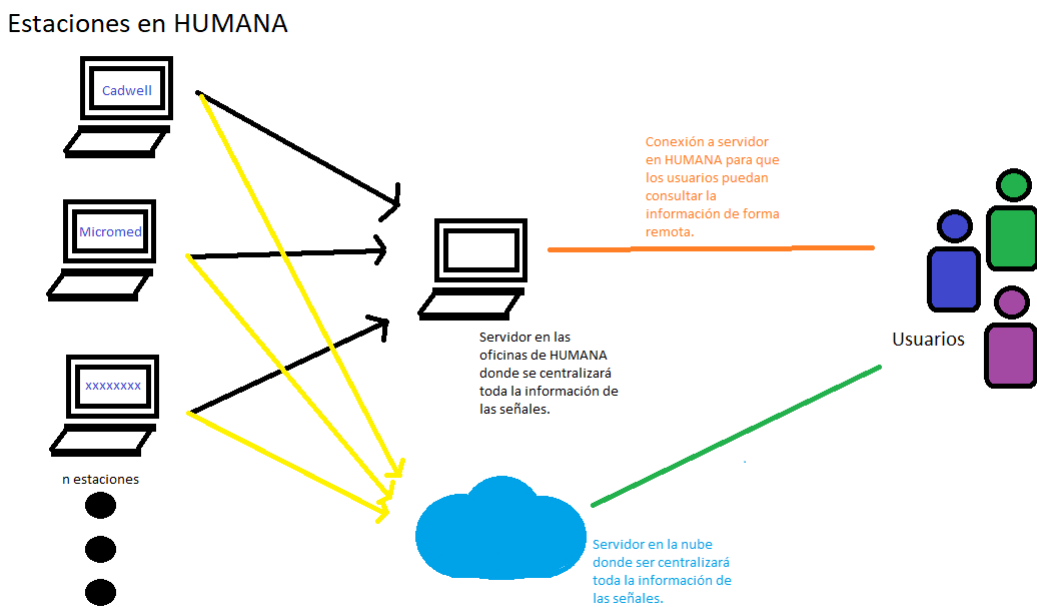


Figura 2 “Arquitectura preliminar. Servidor local vs servidor en la nube.”

Para el movimiento de la información entre las bases de datos se puede utilizar el servicio de integración de SQL server o, en el caso de implementar la alternativa en la nube, utilizar Azure de Microsoft. Para conectarse a las bases de datos se puede utilizar el conector ODBC *Open Database Connector*. Ambas base de datos (SQL Server y MySQL) que se utilizarían por el momento son compatibles con este conector.

En la última reunión con los doctores de HUMANA nos indicaron que las computadores donde tiene instalados los programas de captura de señales EEG no es posible instalar ningún programa y tampoco están conectadas a internet. Debido a esto se continuará importando las señales EEG a la aplicación de Matlab de forma manual utilizando los archivos .edf.

Se inició creando entidades nuevas en la base de datos para poder almacenar los resultados del entrenamiento de los modelos y para almacenar los resultados de las anotaciones de las señales. De igual forma se agregaron atributos a la tabla de pacientes para almacenar en la misma entidad los datos confidenciales de los pacientes.

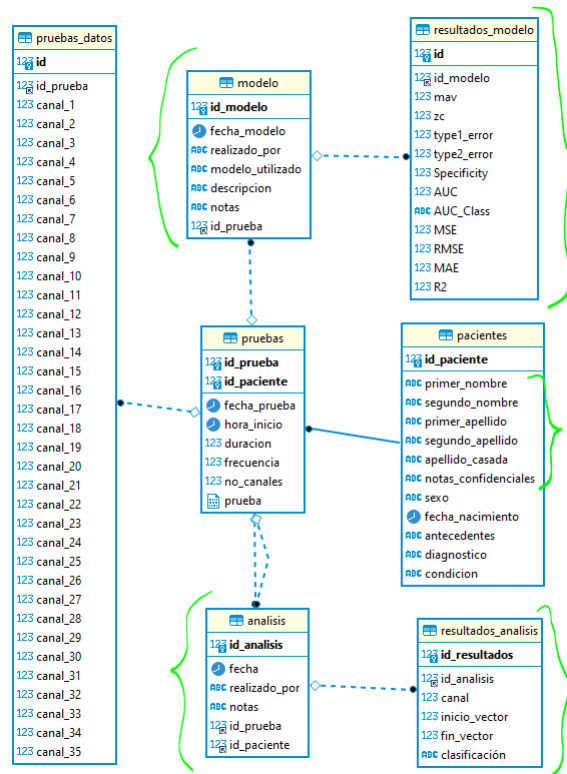


Figura n. Entidades y atributos agregados al *schema* existente.

Se definieron 3 tipos de usuarios adicionales al super usuario (root) para el uso de la aplicación de Matlab. Los permisos están distribuidos de la siguiente forma:

Tipo de usuario	Permisos
Administrador (adm)	Tiene acceso a todas las entidades y todos sus atributos incluyendo los atributos confidenciales. No puede crear nuevas entidades. Es el usuario responsable de crear nuevos usuarios.
Secunadario1	Tiene accesos a todas las entidades, pero no a los atributos confidenciales. Puede insertar nuevos datos, actualizar y consultar.
Secundario2	Únicamente tiene permiso para consultar información. No tiene acceso a los campos confidenciales.

Cuadro n. Tipos usuarios definidos y sus permisos.

Ya que se busca implementar administración de usuarios que permita tener usuarios con distintos roles y permisos para la protección de información sensible, se procedió a crear el primer prototipo del módulo de administración de usuarios. Este primer prototipo es únicamente un conjunto de diseños de pantallas donde se puede repasar el flujo y los campos y botones que se necesitan tener. Este prototipo permite visualizar de una forma más sencilla el flujo a seguir y detectar posibles puntos de mejora para poder llegar a una aplicación mas completa y útil.

Figura n. Primer prototipo - Pantalla para agregar un nuevo usuario desde el módulo de administración de usuarios

Luego de haber identificado puntos de mejora en el prototipo se procedió a programar los nuevos módulos en Matlab. Se incluyó una nueva pantalla para el inicio de sesión ya que la aplicación original no considera el uso de varios usuarios y la forma de ingresar las credenciales no era óptima.

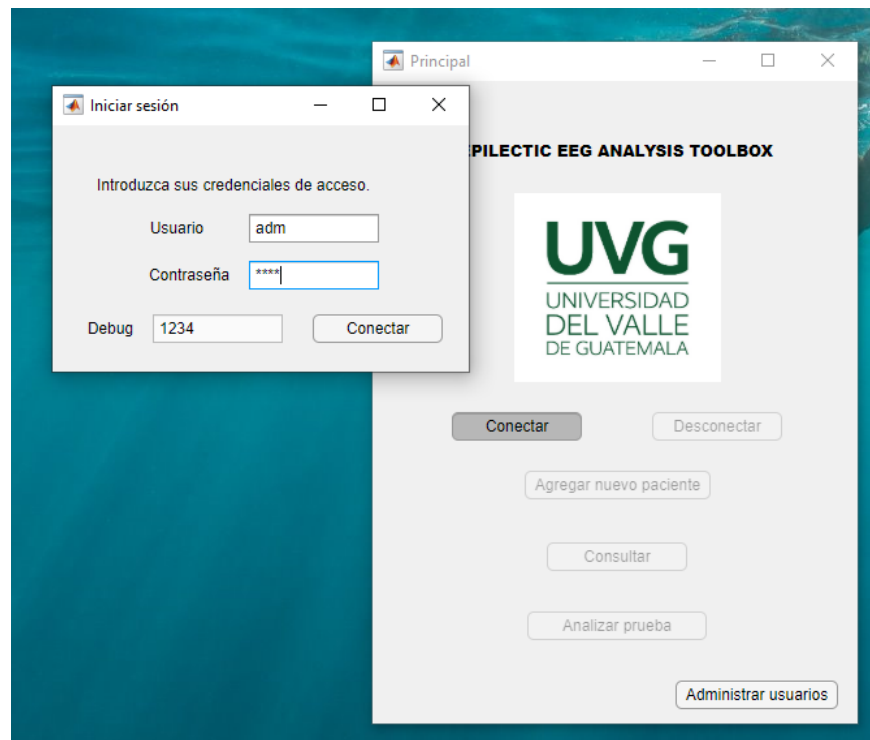


Figura n. Nueva pantalla para el inicio de sesión.

CAPÍTULO 12

Conclusiones

CAPÍTULO 13

Recomendaciones

- [1] M. F. P. E., “Diseño e Implementación de una Base de Datos de Señales Biomédicas de Pacientes con Epilepsia,” Tesis de licenciatura, Universidad Del Valle de Guatemala, 2021.
- [2] C. E. Stafstrom, “Seizures and epilepsy: an overview for neuroscientists,” *PubMed*, vol. 5, n.º 6, a022426, 2015.
- [3] Oracle, “What is a relational database?,” 2020, Consultado el: 13/05/2021. dirección: <https://www.oracle.com/database/what-is-a-relational-database/>.
- [4] M. K. Siddiqui, “A review of epileptic seizure detection using machine learning classifiers,” *PubMed*, vol. 7, n.º 1, pág. 5, 2020.
- [5] H. Gt, “Especialistas en enfermedades neurológicas de difícil control,” *humanagt.org*, 2021.
- [6] M. J. A. T., “Análisis y Reconocimiento de Patrones de Señales Biomédicas de Pacientes con Epilepsia,” Tesis de licenciatura, Universidad Del Valle de Guatemala, 2020.
- [7] M. F. for Medical Education y R. (MFMER), “Epilepsia,” *mayoclinic.org*, 2018.
- [8] N. Uk, “Electroencephalogram (EEG),” *nhs.uk*, 2018.
- [9] H. H. Publishing, “Electroencephalogram (EEG),” 2019, Consultado el: 28/06/2021. dirección: <https://www.health.harvard.edu/diseases-and-conditions/electroencephalogram-eeg>.
- [10] Wiederhold, “Databases,” *Computer*, vol. 17, n.º 10, págs. 211-223, 1984. DOI: 10.1109/MC.1984.1658971.
- [11] B. R. Sinha, P. P. Dey, M. N. Amin y G. W. Romney, “Database modeling with Object Relationship Schema,” en *2013 12th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)*, 2013, págs. 1-7. DOI: 10.1109/ITHET.2013.6671029.
- [12] Oracle, “Introduction to Schema Objects,” 2021, Consultado el: 13/05/2021. dirección: https://docs.oracle.com/cd/B19306_01/server.102/b14220/schema.htm.

- [13] —, “Managing Tables,” 2021, Consultado el: 13/05/2021. dirección: https://docs.oracle.com/cd/B19306_01/server.102/b14231/tables.htm.
- [14] —, “Selecting a Datatype,” 2021, Consultado el: 13/05/2021. dirección: https://docs.oracle.com/cd/A58617_01/server.804/a58241/ch5.htm.
- [15] —, “Primary Keys,” 2021, Consultado el: 13/05/2021. dirección: <https://docs.oracle.com/en/database/other-databases/nosql-database/12.2.4.5/java-driver-table/primary-keys.html#GUID-6A063474-4A3A-4981-B1D8-71D0D95BE8DF>.
- [16] —, “FOREIGN KEY Constraints,” 2021, Consultado el: 13/05/2021. dirección: https://docs.oracle.com/cd/E17952_01/mysql-5.6-en/create-table-foreign-keys.html.

CAPÍTULO 15

Anexos

15.1. Planos de construcción

CAPÍTULO 16

Glosario

fórmula Una expresión matemática. 11

latex Es un lenguaje de marcado adecuado especialmente para la creación de documentos científicos. 11