



# **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

Facultad De Medicina División de Estudios de Posgrado

## **HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO**

**TESIS**

**“COLOCACIÓN SENSORES SEDLINE EN REGIÓN NASAL COMO ALTERNATIVA EN MONITOREO DE PROFUNDIDAD ANESTÉSICA EN CIRUGÍA NEUROLÓGICA EN EL HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE MÉDICO SUBESPECIALISTA EN  
NEUROANESTESIOLOGÍA.**

**PRESENTA:**

**ÁNGELA GABRIELA SÁNCHEZ LUNA.**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**DR. ISRAEL IVAN HERNÁNDEZ ORTIZ.**

**ASESOR:**

**DR. LUIS MOCTEZUMA RAMÍREZ.**

Ciudad de México, 2022.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# AUTORIZACIÓN DE TESIS

## Título de tesis:

COLOCACIÓN SENSORES SEDLINE EN REGIÓN NASAL COMO ALTERNATIVA EN MONITOREO DE PROFUNDIDAD ANESTÉSICA EN CIRUGÍA NEUROLÓGICA EN EL HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO.

## Número de registro:

HJM 166/21-R



---

Dra. Ángela Gabriela Sánchez Luna

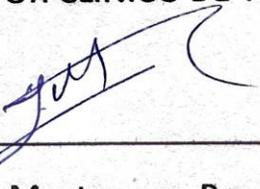
TESISTA



---

Dr. Israel Ivan Hernández Ortiz

DIRECTOR CLÍNICO DE TESIS



---

Dr. Luis Moctezuma Ramírez

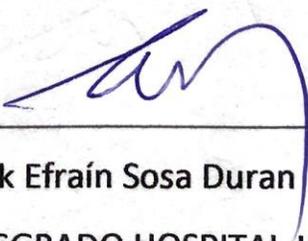
ASESOR DE TESIS



---

Dra. Erika Gómez Zamora

SUBDIRECTORA DE ENSEÑANZA HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO



---

Dr. Erik Efraín Sosa Duran

JEFE DEL SERVICIO DE POSGRADO HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer primeramente a mi familia que son el pilar imprescindible en el transcurso de mi carrera, gracias por el apoyo necesario para continuar cuando se presentaron dificultades. Agradezco al equipo de profesores que fueron guías intelectuales en este proceso. Y por último quiero agradecer a mis compañeros por su amistad, paciencia y consideración.

## INDICE

1. Introducción.....	5
2. Marco Teórico.....	6
3. Justificación.....	16
4. Pregunta de Investigación.....	17
5. Hipótesis.....	17
6. Objetivos.....	18
7. Metodología.....	19
8. Procesamiento y análisis estadístico.....	22
9. Recursos.....	22
10. Aspectos Éticos.....	22
11. Aspectos de Bioseguridad.....	22
12. Cronograma de actividades.....	23
12. Conflicto de intereses.....	23
13. Resultados.....	24
14. Discusión.....	27
15. Limitaciones del estudio.....	29
16. Conclusión.....	30
17. Anexos.....	31
18. Referencias bibliográficas.....	32

## **1. Introducción.**

Desde que se empleo por primera vez la anestesia general, la evaluación de la profundidad anestésica y los cambios que ocurren en el cerebro han sido un desafío y un objetivo para el anesthesiólogo. La monitorización electroencefalográfica (EEG) del paciente durante la anestesia general puede ayudar a evaluar la neurofisiología en tiempo real de los estados anestésicos.

Actualmente la diversidad de monitores nos permite tener una evaluación más específica de la profundidad de la anestesia. Sin embargo, el este tipo de sensores, que habitualmente se colocan en la región frontal, puede coincidir a veces con el campo quirúrgico, disminuyendo la probabilidad de realizar un monitoreo adecuado. El objetivo de nuestro estudio es la colocación nasal para el sensor de EEG SedLine® en neuromonitorización en cirugía neurológica

## **2.Marco Teórico.**

### **Antecedentes Generales.**

#### *Anestesia General.*

La anestesia general es fundamental para los procedimientos quirúrgicos e invasivos. No obstante el concepto de anestesia general sigue siendo algo vago.<sup>1</sup>

La anestesia general (AG) se define como una pérdida reversible de conciencia, la función sensorial y los reflejos autónomos. Incluye componentes hipnóticos, antinociceptivos, relacionados con la inmovilidad y de bloqueo de reflejos.<sup>1, 2</sup> Estas son las características esenciales de una AG exitosa.<sup>3</sup> No obstante una sobredosis de anestésico puede provocar toxicidades asociadas con el fármaco, recuperación prolongada, coma e incluso la muerte; por otro lado, una dosis anestésica baja puede conducir a un despertar intraoperatorio, que puede causar trastornos del sueño, depresión, terrores nocturnos, fobia a los hospitales y trastorno de estrés postraumático. <sup>2,3</sup>

Las variaciones individuales en los requisitos farmacológicos de los pacientes también darán lugar a una sobredosis o una subdosis ocasionales, no es lo mismo monitorear la administración del anestésico que monitorear el efecto anestésico.<sup>3</sup>

#### *Anestésicos generales.*

Todos los anestésicos generales ingresan a la circulación sistémica y, por lo tanto, a la circulación cerebral. Para que un anestésico tenga efecto, debe interactuar receptores en el cerebro: inhibidores o excitadores.<sup>1</sup>

El aumento de los receptores inhibitorios o la inhibición de los receptores excitatorios puede provocar el deterioro de la conciencia y otras actividades funcionales (percepción y memoria). Entre los receptores del cerebro, el receptor del ácido gamma-aminobutírico (GABA) es el receptor inhibitor representativo.<sup>1,3</sup>

Muchos anestésicos aumentan la afinidad del GABA por su receptor y reducen la posibilidad de excitación de la membrana postsináptica. Estas acciones inhibitorias pueden estar asociadas con acciones conductuales (p. ej., sedación, amnesia y anestesia), que se observan comúnmente después de la administración de anestesia.<sup>1</sup>

Los anestésicos generales se clasifican ampliamente en dos vías de administración: (a) agentes intravenosos, generalmente administrados junto con sedantes o narcóticos y (b) agentes inhalados. Ambos tipos de anestésicos modulan la permeabilidad de los canales iónicos que regulan la transmisión sináptica y los potenciales de membrana en regiones clave del SNC (tronco encefálico, la protuberancia, el tálamo (núcleos talámicos) y la corteza cerebral).<sup>3</sup>

- Los anestésicos intravenosos tienen efectos hipnóticos que involucran menos supresión muscular y la mayoría actúan casi exclusivamente sobre los receptores GABA tipo A (excepto ketamina).<sup>1</sup>
- Los anestésicos inhalados exhiben diferentes acciones farmacológicas con mayor actividad supresora muscular. Los anestésicos inhalados modulan varios tipos de receptores: receptor de glicina y GABA A.<sup>1</sup>

Los anestésicos que afectan la actividad del receptor de una neurona específica modularán, a su vez, las conexiones locales y de largo alcance en el cerebro, es decir tienen un efecto global en el cerebro, sin embargo el proceso por el cual estas acciones se traducen en anestesia general (es decir, el mecanismo de la anestesia general) no se comprende bien.<sup>1,3</sup>

Las propiedades anestésicas distintas se correlacionan con sitios distintos en el SNC: la pérdida de conciencia se asocia con la corteza cerebral, la pérdida de memoria con el sistema límbico y la inmovilidad y analgesia con efectos en la médula espinal. Los efectos de los anestésicos generales en el cerebro, que conducen a la pérdida de la conciencia, se comprenden mejor a nivel de la corteza y el tálamo.<sup>1,3</sup>

## Monitoreo Cerebral durante la Anestesia.

### *Electroencefalograma (EEG).*

El EEG es la representación de la actividad eléctrica cerebral a lo largo del tiempo.<sup>4</sup> Refleja la actividad sináptica compuesta de los potenciales postsinápticos excitadores e inhibidores generados por las neuronas corticales.<sup>3</sup>

El registro de EEG se hace de manera convencional con electrodos de escalpe utilizando el sistema internacional 10/20 (Figura 1).<sup>5</sup>

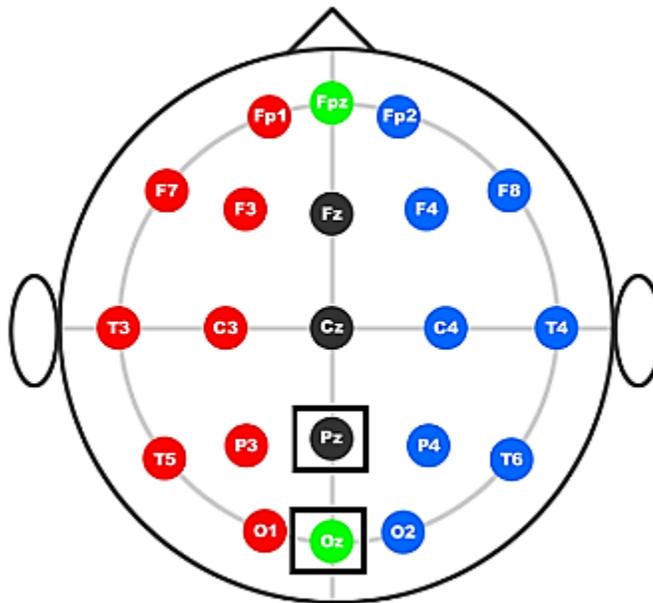


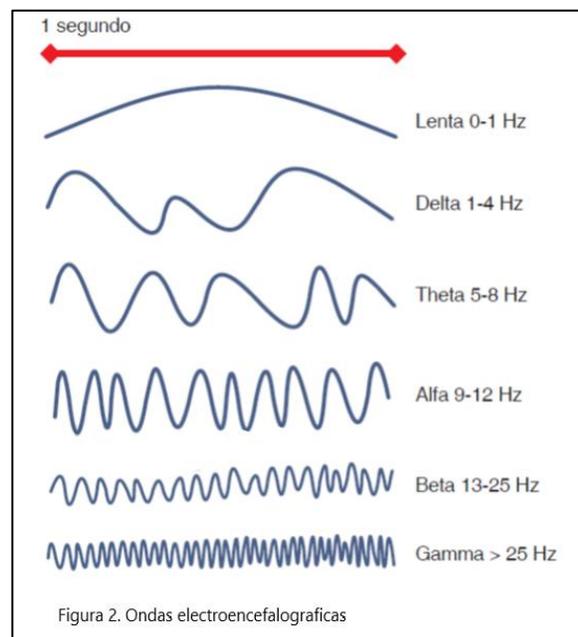
Figura 1. Electroencefalograma. Sistema internacional 10/20.

La actividad eléctrica registrada en el EEG es generada por el movimiento de iones y se transmite hasta el electrodo que colocamos en la superficie de la piel para su procesamiento, de modo que la resistencia que presentan los electrodos al paso de la corriente se conoce como impedancia, idealmente debe encontrarse entre 300 y 5,000 ohmios ( $\Omega$ ), lo que es lo mismo que 0.3-5 kilohmios ( $k\Omega$ ).

Si los electrodos no alcanzan similar impedancia, la amplitud de la señal recibida será diferente, por lo que el equipo no identificará la totalidad de artefactos y será procesada como EEG. (Recomendaciones: retirar todo aquello que modifique el paso de la corriente, una vez colocado, de ser posible, verificar la impedancia; si ésta se encuentra mayor a la recomendada, agregar adhesivos adicionales).<sup>4</sup>

Las ondas de EEG las ondas se agrupan con base en su frecuencia en rangos de hercios (Hz, frecuencia de onda por segundo), recibiendo diferente nomenclatura con las letras del alfabeto griego (Tabla 1) y la potencia de cada rango de frecuencia se compacta en un espectro (Figura 2).<sup>4,5,6</sup> Solo los avances en hardware informático y algoritmos de procesamiento de señales han permitido el procesamiento de señales EEG.<sup>3</sup>

Tabla 1 <sup>6</sup>	
Nombre	Rango de frecuencia (Herz, ciclos por segundo)
Lenta	< 1
Delta	1-4
theta	5-8
Alfa	9-12
Beta	13-25
Gama	26-80



### Monitoreo de la anestesia.

Hace 80 años, Gibbs, Gibbs y Lenox<sup>6</sup> demostraron que se producen cambios sistemáticos en el electroencefalograma durante la anestesia, consideraron el uso del electroencefalograma como medida de la profundidad de la anestesia.

En 1949 Faulconer demostró que una progresión regular de los patrones del electroencefalograma se correlacionaba con la concentración de anestésico (éter) en la sangre arterial.<sup>6</sup> Sin embargo, durante casi 50 años esta toma de decisiones se llevó a cabo basada en variables fisiológicas, los cambios agudos, o la ausencia de cambios, en la presión arterial y la frecuencia cardíaca en respuesta a estímulos nocivos, sin embargo son indicadores poco confiables de la profundidad anestésica y comúnmente están influenciados por la analgesia y los eventos intraoperatorios.<sup>5-7</sup> A partir de entonces desde la década de 1990 los monitores de función cerebral para evaluar la profundidad de la anestesia o la hipnosis están disponibles para ayudar a los médicos a evaluar los efectos anestésicos mientras los pacientes están anestesiados, varios dispositivos disponibles comercialmente registran e interpretan la actividad cerebral a través de EEG.<sup>8,9</sup> El monitoreo de la actividad del electroencefalograma de pacientes anestesiados para rastrear en el cerebro se ha rastreado utilizando índices calculados a partir del electroencefalograma y mostrados en dispositivos de monitoreo cerebral.<sup>6</sup>

La transición de un estado de vigilia a un estado de AG se acompaña de profundos cambios en la actividad eléctrica espontánea del cerebro registrada con electrodos colocados en el cuero cabelludo (electroencefalograma o EEG).<sup>3</sup> Las acciones de un anestésico general a nivel molecular se reflejan en la actividad EEG específica<sup>10</sup>, como una transición del patrón de vigilia de alta frecuencia y bajo voltaje (conocido como EEG activado) al EEG de onda lenta de la vigilia profunda, no sueño de movimientos oculares rápidos (NREM) y, finalmente, a un patrón de supresión de ráfagas de EEG.<sup>3</sup> En el paciente despierto muestra un trazo de EEG con actividad rápida, en rangos beta y gamma, asociados a actividad intelectual, interrumpida en ocasiones por artefactos (movimientos oculares o el parpadeo) que sobrepasan la escala de visualización.<sup>5</sup>

Desafortunadamente, la interpretación de datos de EEG de montaje completo sin procesar es compleja y requiere mucho tiempo. Para superar esta limitación clave, recientemente se han desarrollado varios dispositivos para la monitorización de electroencefalogramas procesados para obtener índices numéricos que representan la profundidad de la anestesia.<sup>8,11</sup>

Estos dispositivos obtienen señales de EEG continuas y no invasivas utilizando electrodos de gel adhesivos colocados en la frente. La señal obtenida es posteriormente amplificada, filtrada y procesada a través de un algoritmo patentado para proporcionar un índice final de la profundidad de la anestesia, así como otros índices como el índice de supresión de ráfagas, la actividad electromiográfica (EMG) y los índices de calidad de la señal.<sup>11</sup>

#### PRINCIPIOS DEL MONITOREO EEG.<sup>8</sup>

Para ser registrada por los sensores, la corriente total generada debe penetrar varias capas de tejido y los electrodos de monitoreo. Las señales recibidas en la superficie de la piel son aproximadamente 100 veces más pequeñas que las señales electrocardiográficas y, como resultado, son muy sensibles a las interferencias eléctricas y los artefactos. Las señales analógicas de EEG recibidas de los electrodos de la superficie de la frente se amplifican y luego se filtran para eliminar el ruido y la interferencia. La interferencia común incluye actividad eléctrica y muscular. Los electromiogramas de la frente contribuyen al algoritmo y, a menudo, se aíslan para mostrarlos por separado como otro indicador de la profundidad de la anestesia.

Todos los monitores de profundidad de la anestesia tienen limitaciones importantes: la edad del paciente (cambios relacionados con la edad en la estructura y función del cerebro) y las posiciones quirúrgicas afectan la precisión de la máquina para una medición adecuada.<sup>12</sup>

La concentración ideal de un medicamento anestésico para un paciente bajo anestesia general es dinámica y depende de innumerables factores del paciente, medicamentos y situaciones clínicas<sup>7</sup>, por lo tanto, continúa la necesidad de un monitor de función cerebral efectivo para guiar la titulación anestésica para una atención clínica óptima y mejores resultados para los pacientes.<sup>8</sup>

### **Antecedentes Específicos.**

#### *Monitoreo con SedLine®*

El sistema de monitorización SedLine® es un monitor de función cerebral no invasivo que se fundamenta en un examen del registro electroencefalográfico obtenido por un sensor que se coloca en la región frontal del cuero cabelludo.<sup>10, 13</sup> Este sensor utiliza un algoritmo patentado para analizar la señal de EEG sin procesar que incorpora una alta heterogeneidad de varianza en diferentes niveles de sedación o hipnosis.<sup>14, 15</sup>

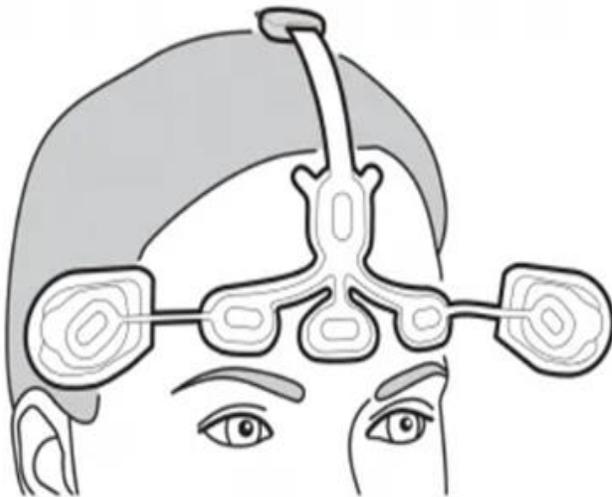


Figura 3. Colocación monitor SedLine®  
Es una tira adhesiva fronto-temporal bilateral que consta de seis electrodos (un frontal superior, tres frontales inferiores, un temporal derecho y un temporal izquierdo)<sup>13</sup> dispuestos de acuerdo con el sistema internacional 10-20 de colocación de electrodos del EEG, que en el caso del Sedline® se ubican aproximadamente en las posiciones Fp1, Fp2, F7 y F8, un canal de referencia (CT) y un canal de tierra (CB) que recopilan datos de la corteza frontal y prefrontal del cerebro con un sensor normalmente colocado en la frente del paciente (Figura 3).<sup>15</sup>

Sin embargo, la posición convencional del sensor puede resultar inapropiada cuando la ubicación del sensor coincide con el campo quirúrgico.

El montaje aproximadamente 2 cm por debajo de la ubicación estándar recomendada, a través del puente nasal y luego colocarlos debajo de los ojos con electrodos R2/L2 en la ubicación temporal normal dejaría todo el montaje fuera del alcance campo operatorio pero todavía tendría valores correspondientes similares y lecturas de EEG.<sup>15</sup>



Figura 4. Alternativa colocación SedLine®

El monitor procesa (algoritmo específico) la señal bioeléctrica fronto-temporal cerebral y refleja mediante un número (índice), el grado de inconsciencia.<sup>13</sup> Procesa la información del EEG frontal para calcular PSI (*Patient State Index*) mediante valor numérico en porcentaje que va de 0 (EEG isoelectrico) a 100 (nivel pleno de consciencia).<sup>10</sup> Los valores de PSI van de 0 (silencio cortical total) a 100 (estado de vigilia), y 25-50 indica el estado hipnótico óptimo para la anestesia.<sup>14</sup> La posición alternativa mide actividad cerebral similar en morfología y frecuencia al sensor convencional con una confiabilidad del 88%, mostrando una diferencia de solo 5 unidades PSI como límite aceptable de concordancia. Los artefactos asociados con la manipulación de la vía aérea durante la inducción y el despertar, así como los artefactos del movimiento ocular durante estas fases, afectaron la interpretación adecuada y óptima de los datos.<sup>15</sup>

También muestra la matriz espectral de densidad (DSA), electromiografía (EMG), artefactos (ARTF), relación de supresión (SR) y frecuencia de borde espectral (SEFL para el lado izquierdo y SEFR para el lado derecho).<sup>10, 15</sup>

DSA muestra los cambios en la potencia espectral del EEG a lo largo del tiempo como en la pantalla del monitor para proporcionar al anestesiólogo información adicional sobre la composición oscilatoria del EEG. Para visualizar de manera óptima el trazo del EEG, el anestesiólogo puede ajustar la escala de tiempo del EEG, así como la resolución de amplitud. La escala es de 15 mm o 30 mm por segundo y las amplitudes se pueden ajustar a 1, 2, 3, 5, 10, 25, 50 o 100  $\mu$  V por mm.<sup>10</sup>

SR. Cuando tenemos una profundidad anestésica (componente hipnótico) excesiva (respecto al estímulo aferente) pueden aparecer periodos temporales con ausencia de ondas electroencefalográficas (silencio eléctrico) mezclado con rachas de ondas ondulantes (ondas de gran amplitud y baja frecuencia). Este patrón del EEG se denomina supresión de ráfagas (*burst suppression*) que es frecuente observar en planos anestésicos muy profundos, en el coma farmacológico inducido e incluso en la hipotermia inducida moderada-profunda.<sup>10, 13</sup>

La tasa de supresión (TS) es otro parámetro del espectrograma que nos informa sobre el grado de depresión cortical. Además de informar de sobredosificación (plano profundo), tiene otras aplicaciones. Otras aplicaciones clínicas del EEG-procesado, incluyen la detección del infarto/isquemia cerebral (si se produce en la zona de registro) y la identificación del estado comicial no convulsivo, relacionado con las convulsiones subclínicas, los episodios de despolarización cortical propagada (CSD: *cortical spreading depression*) y las despolarizaciones peri-infárticas (PID: *peri-infarct depolarization*) o fenómenos CSD-like.<sup>13</sup>

El espectrograma que muestra el Sedline®, cada ritmo se encuentra representado con base en su frecuencia a través del tiempo y utilizan escala de colores que van cambiando de rojo intenso, para representar la mayor proporción de ondas (mayor potencia), a azul para aquellos rangos de frecuencia donde la cantidad de ondas es menor (menor potencia).<sup>4</sup>

Guiar la AG por espectrograma-EEG tienen diversas ventajas:<sup>13</sup>

- Minimizar el despertar intraoperatorio (memoria explícita).
- Disminuir el consumo de anestésicos.
- Evita la sobredosificación.
- Facilitar la emersión anestésica rápida y precoz.

Otro parámetro que determina el Sedline® es la asimetría MDE interhemisférica (ASYM). Se trata de una variable procesada que indica el porcentaje de potencia del EEG presente en el hemisferio izquierdo o derecho, con relación a la potencia total del EEG. En una situación de clara diferencia (>20%) entre los hemisferios, la ASYM señala el hemisferio con mayor potencia-EEG.<sup>13</sup>

El dispositivo proporciona una función de exportación que permite la recopilación de datos y el análisis retrospectivo del EEG registrado mediante la exportación de EEG sin procesar a través de un puerto USB.<sup>10</sup>

No obstante la precisión y la utilidad clínica de este dispositivo dependen de varios factores, incluidos EMG, agentes anestésicos, electrocauterio, edad del paciente, trastornos neurológicos preexistentes y la fisiología de los pacientes. la edad, la medicación. Por lo tanto, a pesar de su atractivo, los datos de EEG procesados deben interpretarse con cautela.<sup>7, 14</sup> Aunque BIS es el monitor de EEG más popular en todo el mundo, los valores de PSI pueden ser más sensibles a los efectos de los fármacos anestésicos residuales sobre el sistema nervioso central que los valores de BIS, por tanto el uso de Sedline® es una alternativa adecuada y rentable para evaluar la conciencia durante la inducción y el despertar de la anestesia general.<sup>14</sup>

### **3. Justificación.**

El electroencefalograma es un método no invasivo, objetivo y relativamente de bajo costo el cual nos ayuda a evaluar la función cerebral. Existe un creciente interés en la utilización de este monitoreo en la práctica clínica y durante los procedimientos quirúrgicos. Su papel sigue evolucionando y expidiéndose. El panorama general de lo que sucede al cerebro durante el periodo perioperatorio no está claro, particularmente en los procedimientos realizados bajo anestesia general.

La utilidad del electroencefalograma es muy amplia, proporciona información importante sobre la corteza cerebral durante el evento quirúrgico, como lo es la detección de agresión cerebral como la isquemia e hipotermia, proporciona información sobre la profundidad anestésica y la prevención de los trastornos neurocognitivos perioperatorios. Las Guías Americanas y de Gran Bretaña del 2016 recomiendan el uso de monitoreo de profundidad anestésica en todos los pacientes que se encuentre bajo anestesia general para reducir la incidencia de despertar intraoperatorio. En el 2018, la organización mundial de la salud y la federación mundial de sociedades de anestesiología recomiendan el uso de dispositivo electrónico con la intención de medir la función cerebral, en especial en pacientes con riesgo de despertar intraoperatorio y delirio posoperatorio.

Existen diferentes dispositivos comerciales de monitoreo basados en el electroencefalograma, ejemplo de ello es el BIS, módulo de entropía, Narcotrend, Sedline entre otros. Generalmente la señal del electroencefalograma es capturada desde la frente, las cuales se procesan y muestran un índice numérico que representa el estado anestésico guiando al anesthesiólogo a tomar decisiones de manera intraoperatoria.

El monitoreo con electroencefalograma o sus derivados tiene una aplicación clínica para la prevención de múltiples complicaciones y diversos estudios han demostrado un grado de confiabilidad en su utilización. En múltiples estudios se ha corroborado los amplios beneficios de utilizar monitoreo de profundidad anestésica.

#### **4. Pregunta de Investigación.**

¿La colocación de electrodos Sedline® en región nasal es igual de efectiva para la monitorización de la profundidad anestésica en cirugía neurológica que un electroencefalograma (EEG) convencional?

#### **5. Hipótesis.**

- HO: La colocación de electrodos SedLine® en región nasal no es efectivo para la monitorización de profundidad anestésica en cirugía neurológica en comparación con EEG.
- H1: La colocación de electrodos SedLine® en región nasal es efectivo para la monitorización de profundidad anestésica en cirugía neurológica en comparación con EEG.

## **6. Objetivos.**

### **Objetivo general:**

- \* Determinar la variabilidad del monitoreo de profundidad anestésica SedLine® con colocación nasal en neurocirugía.

### **Objetivos específicos-particulares:**

- \* Comparar el porcentaje de ondas de electroencefalograma Sedline® contra electroencefalograma durante el evento anestésico en cirugía neurológica.

## 7. Metodología.

### 7.1 Diseño de la investigación.

- \* Estudio observacional, prospectivo, longitudinal, quasi experimental.
- \* *Ubicación espacio-temporal.* Hospital Juárez de México en el periodo comprendido entre octubre 2021 a abril 2022.

### 7.2 Definición de la población.

Todos los pacientes que hayan sido sometidos a cirugía de neurológica durante el periodo señalado.

#### **Criterios de inclusión:**

- Pacientes programados para cirugía neurológica programada o urgencia.
- Edad mayor de 18 años y menores de 65 años.
- Estado físico del paciente: ASA I, II, III, IV.

#### **Criterios de exclusión**

- Pacientes con epilepsia.
- Cirugía neurológica con abordaje frontal.
- Pacientes con alteraciones neurológicas que afecten el electroencefalograma.
- Edema/Trauma a nivel de cara y/o cuero cabelludo

#### **Criterios de eliminación**

- Paciente en los que se extienda el abordaje durante el evento quirúrgico.
- Paciente que haya requerido RCP.
- Pacientes que presenten hemorragia masiva durante el evento quirúrgico.
- Paciente que haya fallecido durante el evento quirúrgico.
- Paciente que haya convulsionado en el transoperatorio.

### 7.3 Definición de variables.

Variable	Definición	Nivel de medición	Tipo	Escala de medición
<b>Edad</b>	Tiempo transcurrido a partir del nacimiento de una persona	Años	Cuantitativa	Intervalo
<b>Genero</b>	Variable biológica y genética que divide a los seres humanos	Femenino Masculino	Cualitativa	Nominal
<b>Onda gamma</b>	Oscilaciones electromagnéticas en el rango de frecuencias de 80-26 Hz que surgen de la actividad sincrónica y coherente del cerebro	Porcentaje	Cuantitativa	Nominal
<b>Onda beta</b>	Oscilaciones electromagnéticas en el rango de frecuencias de 25-13 Hz que surgen de la actividad sincrónica y coherente del cerebro	Porcentaje	Cuantitativa	Nominal
<b>Onda alfa</b>	Oscilaciones electromagnéticas en el rango de frecuencias de 12-9 Hz que surgen de la actividad sincrónica y coherente del cerebro	Porcentaje	Cuantitativa	Nominal
<b>Onda theta</b>	Oscilaciones electromagnéticas en el rango de frecuencias de 8-5 Hz que surgen de la actividad sincrónica y coherente del cerebro	Porcentaje	Cuantitativa	Nominal
<b>Onda delta</b>	Oscilaciones electromagnéticas en el rango de frecuencias de 4-1 Hz que surgen de la actividad sincrónica y coherente del cerebro	Porcentaje	Cuantitativa	Nominal

#### **7.4 Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de la información.**

Los datos se recolectarán de forma retrospectiva en los expedientes de los pacientes sometidos a cirugía neurológica en un periodo de 12 meses.

Los pacientes se seleccionan mediante muestreo consecutivo no probabilístico que cumplan con los criterios de inclusión.

Una vez que el paciente entra a quirófano, se coloca en posición decúbito supino en la mesa de operaciones y se procede a monitorización de signos vitales. Se procede a limpiar la piel del paciente con torunda alcoholada de 70% en la frente del paciente, se deja secar el área y se pegan los bordes adhesivos de los electrodos del electroencefalograma en región frontal del paciente limpia. Posteriormente se realiza el mismo proceso de limpieza en la región nasal del paciente, se pegan los bordes adhesivos del sensor de SedLine® en el área limpia. En todos los pacientes se colocarán dos métodos de monitorización de profundidad anestésica: electroencefalograma y SedLine®.

Para cada uno de los métodos de medición, se recopilarán la lectura del porcentaje de presencia de las ondas minuto 1, minuto 30 y minuto 60 durante el tiempo anestésico.

#### **7.3.4 Tipo de muestreo.**

Conveniente.

##### **7.3.4.1 Metodología para el cálculo del tamaño de la muestra y tamaño de la muestra.**

Se requerirá un tamaño de muestra de 25 pacientes para probar la hipótesis de que los dos métodos comparten el 95% de su varianza.

## **8. Procesamiento y análisis estadístico.**

El análisis de los resultados se realizará mediante escalas de frecuencia y tendencia.

Los datos serán recabados en programa Excel.

- Para la estadística descriptiva, los datos numéricos se expresarán en media y desviación estándar, las variables nominales se expresarán en frecuencia.
- Para la estadística inferencial se empleará T de student (diferencia de medias en variables numéricas) y para asociar se calculará RR a través de chi cuadrada y se considerará significancia estadística un p valor <0.05.

## **9. Recursos.**

- RECURSOS HUMANOS: Personal médico: anestesiólogos adscritos y residente de neuroanestesiología.
- RECURSOS MATERIALES: El total del material a utilizar se encuentra disponible en el Hospital Regional Juárez de México, para la realización de este protocolo.
- RECURSOS FINANCIEROS: Los destinados de manera rutinaria para el tratamiento de este tipo de pacientes.

## **10. Aspectos Éticos.**

- No aplica para el estudio.

## **11. Aspectos de Bioseguridad.**

- Los riesgos inherentes estipulados en el consentimiento informado para procedimiento quirúrgico y anestésico.

## 12. Cronograma de actividades.

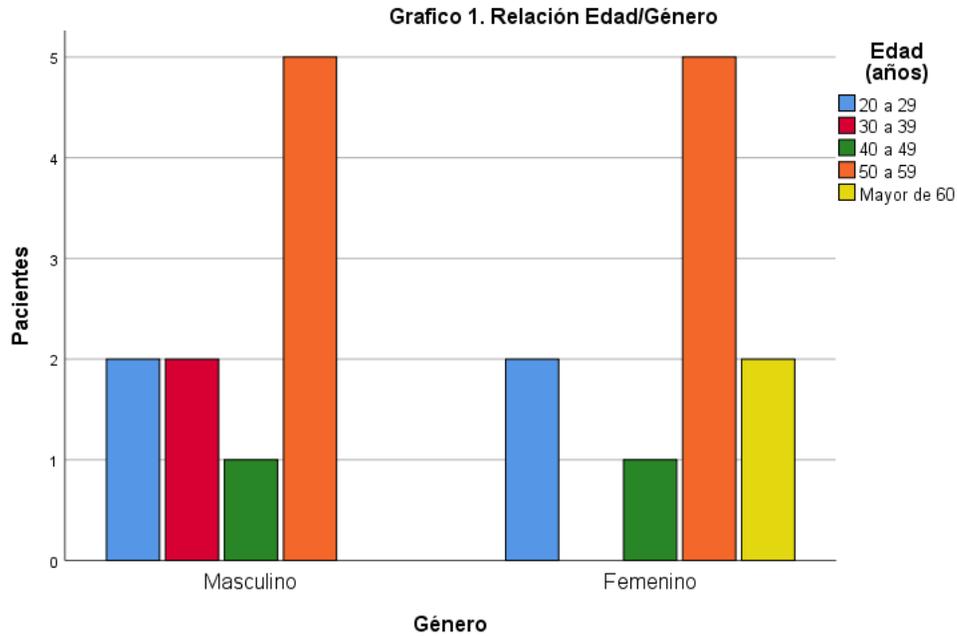
Actividad	Fechas			
	Octubre 2021	Noviembre 2021	Diciembre 2021 a mayo 2022	Junio y Julio 2022
Elaboración de protocolo	X			
Revisión	X	X		
Desarrollo del Proyecto			X	
Análisis Estadístico				X
Análisis de datos y Conclusiones				X
Elaboración de escrito final				X

## 12. Conflicto de intereses.

- No existe conflicto de intereses.

### 13. Resultados.

Se incluyeron un total de 20 pacientes que cumplían los criterios de inclusión en el periodo señalado. Fue un total de 10 mujeres (50%) y 10 hombres (50%), en un rango de edad de 20 a 71 años (promedio  $45.8 \pm 13.4$  años). (Gráfico 1).



Durante las mediciones comparativas al primer minuto de monitorización, se obtuvo una lectura similar en el análisis de la onda Alpha, no obstante el registro del EEG se mostro mas sensible a diferencia del SedLine® con resultados estadísticamente significativos ( $p$  value  $<0.05$ ). Tabla 1.

<b>Tabla 1. Evaluación SedLine® vs Electroencefalograma minuto 1.</b>					
<b>Monitor</b>	<b>SedLine®</b>		<b>Electroencefalograma</b>		<b>Valor <i>p</i></b>
	<b>Media</b>	<b>DE</b>	<b>Media</b>	<b>DE</b>	
<b>Delta %</b>	0.00	0.000	0.34	0.216	0.000
<b>Theta %</b>	0.00	0.000	0.25	0.140	0.000
<b>Beta %</b>	6.50	3.154	7.65	3.964	0.005
<b>Alpha %</b>	94.00	2.317	93.85	1.694	0.795
<b>Número de Casos: 20.</b>					

Durante el registro de la evaluación en el minuto 30, se obtuvo perdida de lectura SedLine® en 13 de los pacientes por lo que solo se pudieron evaluar 7 casos. De los cuales las similitudes en la calidad de lectura solo se presentaron en la onda Beta, en el resto de los registros hubo una diferencia significativa entre ambos monitores, teniendo una mejor calidad de registro el monitor de SedLine®. Tabla 2

<b>Tabla 2. Evaluación SedLine® vs Electroencefalograma minuto 30.</b>					
<b>Monitor</b>	<b>SedLine®</b>		<b>Electroencefalograma</b>		<b>Valor <i>p</i></b>
	<b>Media</b>	<b>DE</b>	<b>Media</b>	<b>DE</b>	
<b>Delta %</b>	25.71	2.628	21.86	1.215	0.021
<b>Theta %</b>	22.71	1.799	17.43	2.149	0.008
<b>Beta %</b>	3.43	0.976	3.29	1.799	0.873
<b>Alpha %</b>	36.29	3.861	45.71	3.729	0.002
<b>Número de Casos: 7.</b>					

En la evaluación de registro del minuto 60, también hubo pérdida de casos con lectura SedLine® en 16 de los pacientes por lo que solo se pudieron evaluar y comparar 4 casos. De los cuales no se observa diferencias significativas entre ambos monitores, refiriendo ambos una calidad similar en porcentaje de registro. Tabla 3.

<b>Tabla 3. Evaluación SedLine® vs Electroencefalograma minuto 60.</b>					
<b>Monitor</b> <b>Onda</b>	<b>SedLine®</b>		<b>Electroencefalograma</b>		<b>Valor</b> <i>p</i>
	Media	DE	Media	DE	
<b>Delta %</b>	25.25	1.89297	25.75	1.25831	0.664
<b>Theta %</b>	20.00	2.44949	18.00	3.74166	0.332
<b>Beta %</b>	2.50	1.73205	3.50	2.08167	0.495
<b>Alpha %</b>	51.50	2.64575	45.75	0.95743	0.031
<b>Número de Casos: 4.</b>					

#### 14. Discusión.

La anestesia general se define como una pérdida de conciencia inducida por fármacos durante la cual los pacientes no pueden despertarse, ni siquiera mediante estimulación dolorosa<sup>2</sup>, estas son las características esenciales de una AG exitosa. Las variaciones individuales en los requisitos farmacológicos de los pacientes también darán lugar a una sobredosis o una subdosis.<sup>3</sup>

El monitoreo de la actividad eléctrica cerebral mediante electroencefalograma de pacientes anestesiados para rastrear los efectos anestésicos se ha rastreado utilizando índices calculados a partir del electroencefalograma y mostrados en dispositivos de monitoreo cerebral.<sup>6</sup>

El monitor SedLine<sup>®</sup> es un método no invasivo que se fundamenta en un examen del registro electroencefalográfico.<sup>13</sup> La posición del sensor convencional recomendada por el fabricante es que los electrodos CT/CB deben estar en la frente por encima de la nariz y R2/L2 en el área sin vello justo por encima de la sien, Tufegdzcic & cols.<sup>15</sup> Empleo una posición nasal donde demostró que la diferencia de 5 unidades PSI es un límite aceptable de concordancia, pero también observo que la lectura del sensor puede resultar inapropiada (artefactos) en diversos momentos del procedimiento quirúrgico: manipulación de la vía aérea durante la inducción y el despertar, así como los artefactos del movimiento ocular durante estas fases, cuando la ubicación del sensor coincide con el campo quirúrgico, algo que pudo ser observado también en nuestro estudio. También observo que la ubicación nasal tiene una mayor predisposición a desarrollar artefactos de movimiento que el sistema frontal, particularmente en las primeras etapas y a menudo tenía voltajes más bajos que el sistema frontal, que corresponde a nuestros hallazgos en nuestro estudio, donde se observó este mismo fenómeno. A pesar de la discrepancia de amplitud, ambos trazos en nuestro estudio reflejaron de manera similar la profundidad de la anestesia al analizar visualmente las frecuencias subyacentes relativas en los trazados correspondientes.

Belliti<sup>11</sup> observo que el dispositivo SedLine® se ve afectado por la actividad EMG y, probablemente, debería mantenerse al menos por debajo del 50 % para lograr valores significativos, algo que fue confirmado también en el estudio de Caputo & cols.<sup>16</sup> y que pudimos observar en la mayoría de nuestras mediciones de onda.

Nuestro estudio al igual que el estudio de Von & cols.<sup>10</sup> tuvimos complicaciones en respecto a la distorsión de la señal EEG del SedLine® que afecto el registro y subsecuente la perdida de casos en la medición en el minuto 30 y 60.

En nuestro estudio para comprender el índice de EEG procesados con el monitor SedLine® y para buscar características de EEG que puedan ayudar a mejorar la confiabilidad de estos índices, recurrimos al simultaneo de EEG intraoperatorio.<sup>10</sup>

Recordemos que las ventajas que existen en el monitoreo de EEG intraoperatorio es: minimizar el despertar intraoperatorio, disminuir el consumo de anestésicos, evitar sobredosificación entre otros. <sup>13</sup>

## **15. Limitaciones del estudio.**

Los índices de EEG procesados pueden brindar apoyo para la evaluación clínica de la profundidad anestésica o estar en desacuerdo con las evaluaciones clínicas durante los períodos de despertar o estados de anestesia profunda. Es importante considerar que los cambios en los índices de EEG procesados pueden retrasarse en relación con los parámetros cardiovasculares.

La interferencia del electrocauterio, la posición quirúrgica y la ubicación del equipo quirúrgico (cirujano), limitó nuestra capacidad para evaluar de manera confiable el empleo de Sedline® Nasal en pacientes que se someten a cirugía neurológica. El diseño de nuestro estudio permitiría una comparación válida de los índices EEG y SedLine®. Será necesario realizar más investigaciones con nuestro diseño dados los beneficios potenciales de evaluar con precisión la profundidad anestésica.

## **16. Conclusión.**

En conclusión, el empleo de SedLine® nasal resulta una alternativa aceptable para el monitoreo de EEG, cuando el campo quirúrgico no permita una colocación convencional. No obstante las limitaciones que existen con respecto a artefactos que pudieran alterar los resultados es una noción a determinar y amerita una investigación con un mayor número de pacientes y una mayor eliminación de artefactos.

17. Anexos.

**Colocación sensores SedLine® en región nasal como alternativa en monitoreo de profundidad anestésica en cirugía neurológica en el Hospital Juárez de México**

**Investigadora:** Ángela Gabriela Sánchez Luna. Residente del cuarto año de Neuroanestesiología  
**Director de tesis:** Dr. Israel Ivan Hernández Ortiz. Neuroanestesiólogo adscrito del curso de subespecialidad de Neuroanestesiología

**HOJA RECOLECCIÓN DE DATOS**

**Fecha:** \_\_\_\_\_

**Nombre:** \_\_\_\_\_ **Expediente:** \_\_\_\_\_

**Genero:** \_\_\_\_\_ **Edad:** \_\_\_\_\_ **ASA:** \_\_\_\_\_

**Diagnostico:** \_\_\_\_\_

**Cirugía programada y abordaje:** \_\_\_\_\_

**EEG Frontal**

Porcentaje	Minuto 1	Minuto 30	Minuto 60
Onda Beta			
Onda Alfa			
Onda theta			
Onda Delta			

**SedLine Nasal**

Porcentaje	Minuto 1	Minuto 30	Minuto 60
Onda Beta			
Onda Alfa			
Onda theta			
Onda Delta			

## 18. Referencias bibliográficas.

1. Shin, T. J., Kim, P. J., & Choi, B. (2022). How general anesthetics work: from the perspective of reorganized connections within the brain. *Korean journal of anesthesiology*, 75(2), 124–138. <https://doi.org/10.4097/kja.22078>
2. Botero-Rosas, Daniel. (2017). Monitoring the Depth of Anesthesia and Current Technology. *Journal of Anesthesia & Intensive Care Medicine (JAICM)*. 1. 1-2. [10.19080/JAICM.2017.01.555572](https://doi.org/10.19080/JAICM.2017.01.555572).
3. Musizza, B., & Ribaric, S. (2010). Monitoring the depth of anaesthesia. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 10(12), 10896–10935. <https://doi.org/10.3390/s101210896>
4. García-Colmenero, I. G., Zorrilla-Mendoza, J. G., Vega-Anzures, L. A., & García-Nájera, O. (2018). Electroencefalografía para el anestesiólogo, consideraciones clínicas. *Revista Mexicana de Anestesiología*, 41(S1), 39-43.
5. López-Castruita, V., Muñoz-García, A. & De La Serna-Soto, H. (2017). Efecto de los anestésicos en la electroencefalografía. *Revista Mexicana de Anestesiología*. 40. 216-219.
6. Purdon, P. L., Sampson, A., Pavone, K. J., & Brown, E. N. (2015). Clinical Electroencephalography for Anesthesiologists: Part I: Background and Basic Signatures. *Anesthesiology*, 123(4), 937–960. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000000841>
7. Jones, J. H., Nittur, V. R., Fleming, N., & Applegate, R. L., 2nd (2021). Simultaneous comparison of depth of sedation performance between SedLine and BIS during general anesthesia using custom passive interface hardware: study protocol for a prospective, non-blinded, non-randomized trial. *BMC anesthesiology*, 21(1), 105. <https://doi.org/10.1186/s12871-021-01326-5>
8. Fahy, B. G., & Chau, D. F. (2018). The Technology of Processed Electroencephalogram Monitoring Devices for Assessment of Depth of Anesthesia. *Anesthesia and analgesia*, 126(1), 111–117. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002331>

9. Eagleman, S. L., Drover, C. M., Li, X., MacIver, M. B., & Drover, D. R. (2021). Offline comparison of processed electroencephalogram monitors for anaesthetic-induced electroencephalogram changes in older adults. *British journal of anaesthesia*, *126*(5), 975–984. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2020.12.042>
10. von Dincklage, F., Jurth, C., Schneider, G., S García, P., & Kreuzer, M. (2021). Technical considerations when using the EEG export of the SEDLine Root device. *Journal of clinical monitoring and computing*, *35*(5), 1047–1054. <https://doi.org/10.1007/s10877-020-00578-9>
11. Belletti, A., Naorungroj, T., Yanase, F., Eastwood, G. M., Weinberg, L., & Bellomo, R. (2021). Normative values for SedLine-based processed electroencephalography parameters in awake volunteers: a prospective observational study. *Journal of clinical monitoring and computing*, *35*(6), 1411–1419. <https://doi.org/10.1007/s10877020-00618-4>
12. Pleasants, D., Zak, R., Ashbrook, L. H., Zhang, L., Tang, C., Tran, D., Wang, M., Tabatabai, S., & Leung, J. M. (2021). Processed electroencephalography: impact of patient age and surgical position on intraoperative processed electroencephalogram monitoring of burst-suppression. *Journal of clinical monitoring and computing*, [10.1007/s10877-021-00741-w](https://doi.org/10.1007/s10877-021-00741-w). Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s10877-021-00741-w>
13. Herrero, R. L., Quirós, B. S., & Villanueva, D. V. (2021). Electroencefalografía clínica para el anesestesiólogo. *Revista electrónica AnestesiaR*, *13*(2), 1.
14. Lee, K. H., Kim, Y. H., Sung, Y. J., & Oh, M. K. (2015). The Patient State Index is well balanced for propofol sedation. *Hippokratia*, *19*(3), 235–238.
15. Tufegdžić, Boris & Lamperti, Massimo & Khozenko, Andrey & Achi, Eugene & Jayaprakasam, Srinivasan & John, Terrence. (2021). Validation of a nasal SedLine® sensor placement: Going beyond the forehead when depth of anesthesia is important. *Interdisciplinary Neurosurgery*. 26. 101310. [10.1016/j.inat.2021.101310](https://doi.org/10.1016/j.inat.2021.101310).
16. Caputo, T. D., Ramsay, M. A., Rossmann, J. A., Beach, M. M., Griffiths, G. R., Meyrat, B., Barnes, J. B., Kerns, D. G., Crump, B., Bookatz, B., & Ezzo, P. (2011).

Evaluation of the SEDline to improve the safety and efficiency of conscious sedation. *Proceedings (Baylor University Medical Center)*, 24(3), 200–204.  
<https://doi.org/10.1080/08998280.2011.11928715>



**Lista de Cotejo de Validación de Tesis de Especialidades Médicas**

<b>Fecha</b>	01	julio	2022
	día	mes	año

<b>INFORMACIÓN GENERAL</b> (Para ser llenada por el área de Posgrado)				
<b>No. de Registro del área de protocolos</b>	Si	x	No	Número de Registro
				HJM166/21-R
<b>Título del Proyecto</b> COLOCACION DE SENSORES SEDLINE EN REGIÓN NASAL COMO ALTERNATIVA EN MONITOREO DE PROFUNDIDAD ANESTÉSICA EN CIRUGIA NEURLOGICA EN EL HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO				
<b>Nombre Residente</b>	ANGELA GABRIELA SANCHEZ LUNA			
<b>Director de tesis</b>	ISRAEL IVAN HERNÁNDEZ ORTIZ			
<b>Director metodológico</b>	NO LO CONTACTO			
<b>Ciclo escolar que pertenece</b>	2021-2022	<b>ESPECIALIDAD</b>	NEUROANESTESIOLOGIA	
<b>INFORMACIÓN SOBRE PROTOCOLO/TESIS</b> (Para ser validado por la División de Investigación/SURPROTEM)				
<b>VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD</b>	<b>HERRAMIENTA</b>	<b>PLAGSCAN</b>	<b>PORCENTAJE</b>	6%
<b>COINCIDE TÍTULO DE PROYECTO CON TESIS</b>	SI	X	NO	
<b>COINCIDEN OBJETIVOS PLANTEADOS CON LOS REALIZADOS</b>	SI	X	NO	
<b>RESPONDE PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN</b>	SI	X	NO	
<b>RESULTADOS DE ACUERDO A ANÁLISIS PLANTEADO</b>	SI	X	NO	
<b>CONCLUSIONES RESPONDEN PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN</b>	SI	X	NO	
<b>PRETENDE PUBLICAR SUS RESULTADOS</b>	SI		NO	
<b>VALIDACIÓN</b> (Para ser llenada por el área de Posgrado)				
<b>Si</b>		<b>Comentarios</b>		
<b>No</b>		NO SE CONTACTO CON EL RESIDENTE PARA CONOCER SI PUBLICARAN SUS RESULTADOS		