

# **SONATUS: Aplicación móvil para el monitoreo del síndrome de muerte súbita en humanos recién nacidos y reconocimiento automático de señales sonoras emitidas por su llanto.**

## ***Trabajo Terminal No. — — — — —***

*Alumnos: \*Trejo Vera Fernanda, Torres Reyes Karla Elizabeth y Mireles Martínez Angel  
Mauricio*

*Directores: Morales Rodriguez Úrsula Samantha, José Cruz Martínez Perales*

*\*e-mail: ftrejov1400@alumno.ipn.mx*

**Resumen** - Debido a la integración al área laboral por parte de los padres de familia se necesita que terceros cuiden de los niños, presentando un mayor problema en el cuidado de aquellos entre 0 y 2 años quienes su única manera de comunicación es el llanto. Actualmente no existe aplicación móvil que permita la asistencia en el cuidado de los infantes interpretando su llanto, derivado de lo anterior, se propone el desarrollo e implementación de un prototipo de aplicación móvil que permita traducir el llanto del bebé para la identificación automatizada de malestares y patologías, además poder monitorear el ritmo cardiaco con la intención de prevenir el SMSL (Síndrome de muerte súbita del lactante) y mantener informado al padre y/o cuidador en caso de que se presente alguna emergencia y puedan actuar oportunamente. Para lograr una interpretación eficiente se analizarán diferentes clasificadores y distintas metodologías de procesamiento digital de señales para definir cuál será la metodología que presente mejores resultados basando el desarrollo en la comparativa de implementación de los diferentes clasificadores. El uso de la aplicación móvil permitirá que el infante tenga una mejor atención y cuidado ya que entender el llanto emitido facilitaría su cuidado, asistiendo el proceso del cuidado como una herramienta capaz de prevenir el SMSL a través de alertas manteniendo al padre informado ante cualquier eventualidad.

**Palabras clave** – Llanto de bebé, clasificación automática, reconocimiento de patrones, Aplicación móvil, Academia Ciencias de la Computación.

## **1. Introducción**

En México, durante el año 2020, se contabilizaron 1 629 211 nacimientos registrados en las oficinas del Registro Civil (INEGI, Sala de prensa, 2021). La tasa de nacimientos por cada 1000 mujeres en edad reproductiva es de 47.9, con una disminución de 13.1 unidades respecto a la del año anterior (INEGI, 2020). Existen diversos problemas que se pueden presentar cuando un ser humano nace, estos pueden ser distensión abdominal debido a gases o estreñimiento, lesiones durante el parto que pueden provocar dolor o letargo y adormecimiento, a la hora de dormir se debe de tener cuidado en su posición y constante monitores para evitar la muerte de cuna (American Academy of Pediatrics, 2021); considerando las cifras anteriores, en ocasiones no pueden ser atendidos por la falta de experiencia y/o de tiempo; dichos problemas pueden disminuir si se cuenta con un mecanismo que permita estar pendiente de la *etología* del neonato e interpretarla. A través del llanto, el bebé intenta comunicarse con su cuidador, ya que, mediante la emisión sonora, es posible apreciar si el neonato presenta algún malestar como irritabilidad, hambre, sueño, incomodidad, cólicos, por mencionar algunos. Cuatro de cada diez mujeres de 25 a 49 años que forman parte de hogares con hijas e hijos menores de 3 años y desempeñan una actividad económica en el mercado laboral (40.9%) (Mujeres, I., 2018), dejando a sus hijos al cuidado de guarderías o de alguna persona conocida. De acuerdo con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), las decisiones de trabajar fuera del hogar y contratar servicios de guardería son probablemente simultáneas para mujeres que no tienen una red de apoyo accesible, como algún familiar o amistad que cuide de sus hijos. La Encuesta Nacional de Empleo y Seguridad Social (ENESS) de 2017 muestra que la mayoría de los hijos de madres trabajadoras son cuidados por la abuela (55%) o son llevados a una guardería (16%), entre otros.” (Consumidor, P, 2019), derivado de lo anterior se considera que los padres de los recién nacidos no cuentan con el tiempo disponible para su cuidado.

Es de suma importancia el monitoreo constante de los recién nacidos ya que dependen de un cuidado especial; en ocasiones no solo se pretende evitar que pasen hambre, sed o algún malestar, también se debe resguardar que su respiración sea la correcta y considerando una prioridad que el padre pueda ser alertado cuando su hijo llegue a padecer alguna complicación relacionada con asfixia. En 2014, murieron 1545 niños debido al síndrome de muerte súbita del lactante (SIDS, por sus siglas en inglés), también conocido como “muerte de cuna”, uno de los problemas que se llega a presentar en los neonatos.

Cabe mencionar, que hoy en día una gran parte de la población cuenta un dispositivo móvil que permite acceder a la búsqueda de información cuando no se sabe cómo reaccionar ante alguna situación, una de ellas podría ser el llanto del bebé; según la información proporcionada por el INEGI, en el año 2020, se contaba con 88.2 millones de usuarios que portaban un teléfono celular inteligente (75.5% de la población de seis años o más), nueve de cada diez usuarios de teléfono celular disponen de un celular inteligente (Smartphone), además el 96% de los usuarios de internet acceden a él por este medio. Las principales actividades que realizan los usuarios de Internet son comunicarse (93.8%), buscar información (91.0%) y acceder a redes sociales (89.0%). (Trasportes, S, 2020). Dentro de la población descrita, se consideran a los cuidadores de infantes entre 0 y 2 años, quienes puedan tener acceso a una aplicación móvil y a internet que les permita estar al pendiente si es que existe algún llanto que represente un peligro que requiera de una atención médica o cuidado y de igual forma estar al pendiente de su respiración.

En el presente trabajo propone desarrollar una aplicación que pueda interpretar el llanto del bebé mediante la implementación de técnicas de procesamiento digital de señales y reconocimiento de patrones, con la intención de poder comprender sus necesidades a través del procesamiento de las señales sonoras emitidas provenientes del llanto del infante, y así facilitar al cuidador el entendimiento sobre la necesidad que pueda presentar en el momento el neonato. No sólo va a funcionar como un intérprete del llanto, también se realizará el monitoreo de su respiración mediante sensores que envíen los datos a la aplicación, es decir, cuando se presente un posible caso de muerte súbita del infante, sea posible identificarlo y alertar a los cuidadores para que puedan actuar oportunamente. En la sección posterior, se presenta el estado del arte donde se describen las principales aplicaciones similares e investigaciones sobre el tema; la sección 3, detalla los objetivos, tanto generales como particulares a cumplir, mientras que la sección 4 presenta la justificación del desarrollo de la aplicación móvil propuesta. La sección 5 muestra el listado de productos esperados una vez finalizado el desarrollo del trabajo, así como la arquitectura funcional del sistema mediante un diagrama de bloques; complementado lo anterior, la sección 6 indica la metodología que será implementada para desarrollar la propuesta y la sección 7 justifica las actividades a desarrollar e indica el tiempo designado para cada una de ellas mediante un cronograma de actividades. La información vertida sobre la presente propuesta se encuentra fundamentada bajo la sección 8, que trata de las referencias utilizadas, mientras que la sección 9 describe de manera breve la participación de cada integrante del presente trabajo.

## **2. Estado del Arte**

Si partimos de la definición de Lenguaje dada por la RAE “Facultad del ser humano de expresarse y comunicarse con los demás a través del sonido articulado o de otros sistemas de signos.”, el llanto de un recién nacido no podría ser considerado “lenguaje”. Por consiguiente, esta etapa se nombrará como “pre -lingüística” y durante los primeros 8 y 9 meses de vida el niño comienza a imitar el mundo sonoro que lo rodea y su primer enfoque está relacionado con sus propias emisiones sonoras que generalmente son silábicas.

En el presente apartado se hace una revisión pertinente de las investigaciones que tratan sobre el reconocimiento de patrones en el llanto de neonatos e infantes menores a 24 meses de edad, con la finalidad de evidenciar la ausencia de interés en aplicaciones móviles para tratar y darle significado a los llantos de los recién nacidos y poder prevenir la muerte de cuna, así como la investigación y desarrollo de un sistema de reconocimiento de palabras clave en conversaciones de voz desarrollado por alumnos de ESCOM en el año 2014 como trabajo terminal. Basándose en la información obtenida, se revisarán los distintos métodos y modelos implementados hasta la actualidad para la clasificación de las señales de audio que han sido implementados en el estudio de interés antes mencionado.

**Tabla 1.** Comparativa de investigaciones. Elaboración propia.

Autor - Trabajo	Base de Datos	Extracción de características	Clasificadores	Resumen	Clases
M. Petroni (1995).  <i>Classification of infant cry vocalization using artificial neural networks (ANNs).</i>	Base de datos real	Mel- cepstrum coefficients and mel-filter band energy coefficients	ANNs (red neuronal feed-forward, red neuronal recurrente, red neuronal de retardo de tiempo y red neuronal de correlación en cascada)	Este artículo presenta los resultados de automatizar el proceso de discriminación usando redes neuronales artificiales (ANN). De acuerdo con las pruebas realizadas hasta la fecha, se determina que las ANN son una herramienta útil para la clasificación de los llantos y merecen un estudio adicional en este campo.	Ira Miedo Dolor
J.O. Garcia (2003)  <i>Acoustic features analysis for recognition of normal and hypoacoustic infant cry based on neural networks</i>	Base de datos real	Linear Prediction Coefficients	Scaled Conjugate Gradient	El artículo presenta el desarrollo del reconocimiento automático del llanto infantil, con el objetivo de clasificar dos tipos de llanto: normal y llanto patológico de los bebés sordos. Se utilizan características acústicas obtenidas por la técnica de Predicción Lineal y como clasificador una red neuronal que fue entrenada con el algoritmo de gradiente conjugado escalado.	Normal
Mahmoud Mansouri Jam (2009).  <i>Identification of hearing disorder by multi-band entropy cepstrum extraction from infant's cry</i>	Baby Chillant o base de datos	Mel-frequency spectral entropy cepstrum coefficients (MFECs)	Multi layer perceptron artificial neural network (MLP)	En este artículo se presenta una nueva característica en el análisis del llanto infantil para el reconocimiento de dos grupos: los bebés con trastorno auditivo y los bebés normales, por la extracción del cepstrum de entropía multibanda de frecuencia de Mel del llanto infantil. Las FEM son características convenientes para clasificar el llanto de los bebés con trastorno auditivo de los bebés normales.	Hipoacúsi co
Israel Suaste-Rivas, et. al (2004)  <i>Implementation of a linguistic fuzzy relational neural network for detecting pathologies by infant cry recognition</i>	Baby Chillant o base de datos	Mel-frequency cepstrum	Fuzzy-relational neural network (usando la función de membresía triangular)	En este artículo se describe la implementación de un modelo difuso de red neuronal relacional. El algoritmo de aprendizaje es una versión modificada de backpropagation. El sistema se prueba en un problema de clasificación de llanto infantil, en el que el objetivo es identificar patologías en bebés recién nacidos.	Normal Hipoacúsi co

<p>. F. Reyes Galaviz, et. al (2005).</p> <p><i>Analysis of an infant cry recognizer for the early identification of pathologies</i></p>	<p>Baby Chillat o base de datos</p>	<p>Mel-frequency cepstrum coefficients</p>	<p>Feed forward input delay neural network</p>	<p>Este trabajo presenta el desarrollo y análisis del reconocimiento automático del llanto infantil, con el objetivo de clasificar tres clases, normal, hipoacústica y asfixia. Utilizaron técnicas de extracción de características acústicas como MFCC, para el procesamiento acústico de la onda sonora del grito, y una red neuronal de Feed Forward Input Delay con entrenamiento basado en descenso de gradiente con backpropagation adaptativo para su clasificación.</p>	<p>Asfixia</p>
<p>Karen Santiago- Sanchez (2009).</p> <p><i>Type-2 fuzzy sets applied to pattern matching for the classification of cries of infants under neurological risk</i></p>	<p>Base de datos real</p>	<p>Mel-frequency cepstrum, linear prediction, Intensity coefficients and Cochleograms</p>	<p>Type 2 fuzzy pattern matching (T2-FPM)</p>	<p>En este trabajo se presentó un algoritmo de clasificación de patrones basado en lógica difusa tipo 2 con la que se realiza la clasificación de llanto infantil. Los experimentos, así como los resultados también se muestran en dicho artículo.</p>	<p>Normal</p> <p>Asfixia</p> <p>Hyperbilir rubinemia</p>
<p>Ali Messaoud (2010).</p> <p><i>A cry-based babies identification system</i></p>	<p>Base de datos real</p>	<p>Mel frequency cepstrum coefficients</p>	<p>Probabilistic neural network</p>	<p>En este trabajo, se muestra el interés de reconocer a los bebés solo analizando sus llantos a través del uso de un sistema automático de análisis y reconocimiento utilizando una base de datos real de llantos.</p>	<p>Dolor</p> <p>Incomodi dad</p> <p>Hambre</p> <p>Enfermed ad</p>
<p>Juan Becerra Becerra Diego Alberto Fariás Pineda Victor Martínez Sánchez (2014)</p> <p><i>Sistema de Reconocimineto de Palabras Clave En Conversaciones de Voz</i></p>	<p>Base de datos real</p>	<p>Mel-frequency cepstrum coefficients, <i>Linear Predictive Coding</i></p>	<p>Backpropagati on neural network, Perceptrón multicapa, <i>Hidden Markov Model.</i></p>	<p>En este trabajo se propone el desarrollo de un prototipo que sea capaz de reconocer palabras clave dentro de conversaciones de voz, esto con el fin de recabar información que se considere importante y que pueda ser utilizada para el desarrollo de otras aplicaciones. Para lograrlo se planea hacer uso de técnicas de procesamiento digital de señales en el preprocesamiento de la señal digital de voz, redes neuronales para la clasificación de los vectores característicos de la señal de voz y reconocimiento de patrones para la identificación de las palabras emitidas.</p>	<p>Palabras clave en audios.</p>

---

Hipoacúsico: Es la incapacidad total o parcial para escuchar sonidos en uno o ambos oídos

---

Como parte complementaria, en esta sección se hará comparación de las características y diferencias de las implementaciones en el mundo real relacionado con el tema que se propone al principio de este documento. Gracias a el análisis de dicha comparación es posible para el equipo establecer cuáles son las deficiencias o fallas en la manera de trabajar de estas aplicaciones y así evitarlas, por otro lado, también es posible aprender de todas aquellas metodologías que se consideren correctas o de gran ventaja de dichas implementaciones mostradas en la Tabla 2 frente a lo que se propone.

**Tabla 2.** Comparativa de implementaciones. Elaboración propia.

Software	Descripción	Características	Diferencia
 <p>ChatterBaby</p>	<p>Ayuda a los padres a comprender mejor a sus bebés y a los investigadores de la UCLA a comprender cómo los gritos afectan a los bebés. A través de la encuesta y las grabaciones que los padres brindan, los investigadores utilizan los datos para realizar investigaciones sobre cómo pueden afectar su probabilidad de desarrollo y la probabilidad de autismo.</p>	<p>ChatterBaby se diseñó para sustituir el sonido infantil con estados etiquetados, destinado a ayudar a los padres sordos a comprender los llantos de sus bebés para que pudieran actuar de manera adecuada a las señales vocales de sus bebés y niños pequeños.</p>	<p>Se necesita forzosamente tener un dispositivo móvil para grabar el llanto del bebe, se envía a un servidor y la información que recibe el usuario son diferentes etiquetas con distintos porcentajes. Mencionan que es un grupo de investigadores, pero no se muestra el trabajo desarrollado.</p>
 <p>Baby Translator</p>	<p>Convierte el llanto de cualquier bebé en palabras. Baby Traductor hace coincidir los sonidos de su bebé con una de las numerosas traducciones. Guarda y comparte sus resultados directamente en la aplicación</p>	<p>Captura los sonidos de cualquier bebé y tomando una foto. En cuestión de segundos, podrá reproducir la divertida cita de su bebé. Edita, guarda y comparte todos los audios de tu bebe. Se puede acceder a la configuración de voz para cambiar el tono del llanto de tu bebe.</p>	<p>Principalmente lo que se muestra es que no cuenta con una base técnica ni seguimiento de investigación, por otro lado, se percibe que la función de la aplicación es mas de entretenimiento que de apoyo sustancial a los padres de familia.</p>
 <p>iCry2Talk</p>	<p>El sonido del llanto producido por un infante está asociado a una situación específica relacionada con su condición física y psíquica, y constituye la primera manifestación del habla del infante en su esfuerzo por comunicarse con su entorno.</p>	<p>iCry2Talk traduce en tiempo real el llanto del bebé y lo asocia con un estado fisiológico y psicológico específico, representando el resultado con texto, imagen, voz y señas.</p>	<p>iCry2Talk no puede proporcionar ninguna información sobre si su bebé está sano o enfermo o si se trata de una emergencia o no. Hace total recomendación de consultar a un médico en estos casos.</p>

Con base en la Tabla 2, es posible apreciar implementaciones enfocadas en el entretenimiento, tomando como ejemplo “Baby Translator” donde la principal característica es grabar el audio, guardarlo y personalizar la manera en que se compartirá el llanto del bebe. En las características de “Baby Translator” se menciona que se coloca una cita, frase o etiqueta de lo que posiblemente estaría diciendo, por otro lado, no realiza un análisis de la señal recibida ni interpreta

dicha información para dar datos certeros. Las otras dos opciones son similares, cuentan con más información sobre lo que trata su proyecto. Su principal objetivo es ayudar a padres de familia a identificar posibles problemas, sin embargo, como se menciona en una de las aplicaciones anteriores “no puede proporcionar ninguna información sobre si su bebé está sano o enfermo o si se trata de una emergencia o no”

Por lo tanto, con las investigaciones e implementaciones presentadas anteriormente, el sistema que se propone tendrá como distintivo proporcionar un monitoreo del bebé. Dicha aplicación móvil a su vez de traducir e interpretar el llanto o sentimiento que este puede estar transmitiendo, implementando un análisis en frecuencia de la señal sonora obtenida asistido a través de una metodología de Inteligencia Artificial, permitirá brindar un apoyo a los padres y cuidadores mandando alertas, por lo que brindará la confianza para saber el estado del infante. Principalmente se tiene como objetivo a apoyar a Padres que están ocupados por trabajo, pero quieren saber cómo se encuentra su hijo, ya que este puede estar al cuidado de una tercera persona o en una guardería, por otro lado, para padres primerizos que no cuenten con la experiencia necesaria, funcionaría como ayuda y mejoraría el cuidado del bebé.

### **3.Objetivo**

Objetivo general:

Diseñar, desarrollar e implementar un prototipo de aplicación móvil a través de un modelo de reconocimiento de patrones asistido por un procesamiento digital de señales sonoras provenientes del llanto del infante para apoyar a padres de familia que, por situaciones de trabajo u ocupación forzosa, dejen a cargo de cuidadores o guarderías a sus hijos, identificando de manera inmediata las necesidades y/o riesgos que lleguen a presentar los infantes para disminuir y prevenir el síndrome de muerte súbita.

Objetivos Particulares:

- Creación de un conjunto de datos mediante la recopilación de archivos de audio sobre el llanto para el entrenamiento de la un modelo de inteligencia artificial a implementar.
- Identificar el método más adecuado a implementar con la comparación de los distintos trabajos para la extracción de características de las señales.
- Implementar un método de clasificación de las señales con la ayuda de un servidor donde estará el modelo propuesto evitando la saturación de las peticiones y sea eficiente el rendimiento de la aplicación móvil.
- Implementación de la aplicación móvil con el lenguaje nativo para ocupar las funciones importantes del teléfono inteligente para proporcionar la información de manera clara al usuario.
- Diseño de un dispositivo de monitoreo con una tarjeta de desarrollo para el censado de los parámetros requeridos del infante.

### **4.Justificación**

Para lograr, en la medida de lo posible, el equilibrio entre el trabajo y el cuidado de los hijos, los padres deben hacer frente a diferentes gastos relacionados, principalmente con su cuidado, entre ellos los servicios de guardería o estancias infantiles. De acuerdo con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), las decisiones de trabajar fuera del hogar y contratar servicios de guardería son probablemente simultáneas para mujeres que no tienen una red de apoyo accesible, como algún familiar o amistad que cuide de sus hijos. La Encuesta Nacional de Empleo y Seguridad Social (ENESS) de 2017 muestra que la mayoría de los hijos de madres trabajadoras son cuidados por la abuela (55%) o son llevados a una guardería (16%), entre otros.” (Consumidor, P), ver Figura 1.

Contemplando los datos anteriores se puede ver que el público al que está dirigida la presente propuesta de aplicación móvil, podría considerarla necesaria, ya que, a pesar del desarrollo actual de investigación sobre el análisis y clasificación de frecuencia en el llanto de neonatos de forma general van dirigidas únicamente a la clasificación e interpretación de los mismos, así como al cálculo de veracidad con la que los sistemas desarrollados predicen la necesidad expresada por el llanto pero sin generar o proponer alguna aplicación particular en el desarrollo de estos sistemas.

Esta propuesta no solo ofrece la investigación e implementación del sistema de clasificación e interpretación en señales sonoras obtenidas del llanto de neonatos, sino también su implementación en una aplicación móvil como método de apoyo y supervisión en el cuidado de niños menores de 2 años por parte de cuidadores y padres de familia.



**Figura 1.** Elaborada con Datos del INEGI. Encuesta Nacional de empleo y seguridad 2017. (ENESS). (Consumidor, P)

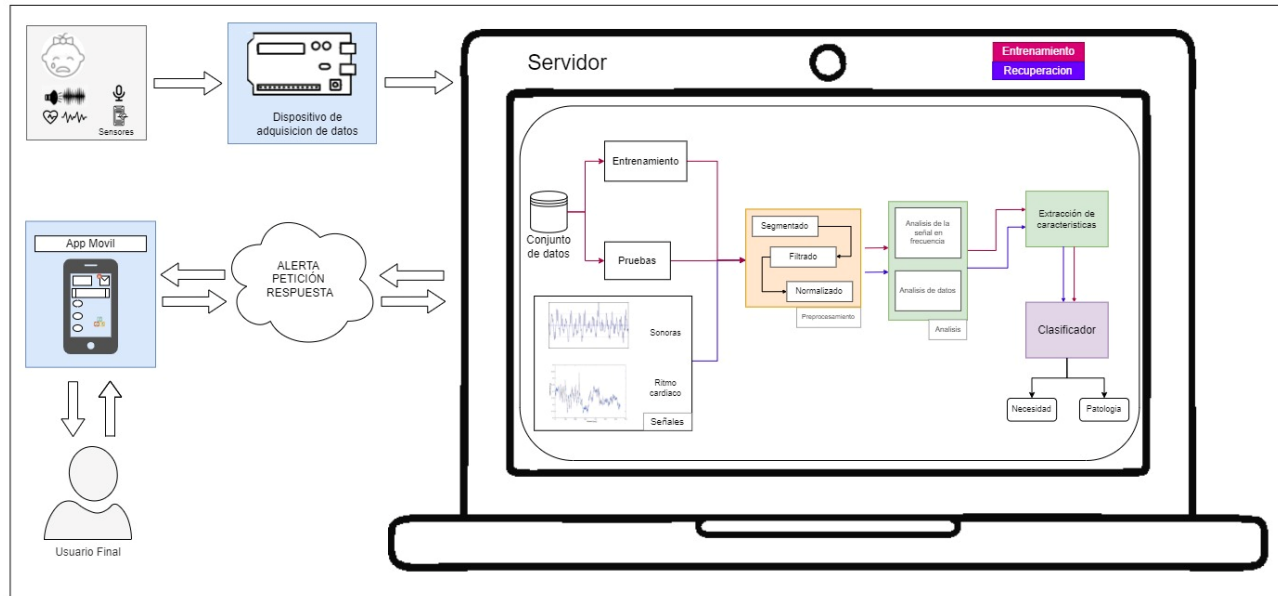
En la sociedad actual el monitoreo de infantes menores cobra una gran importancia e interés por parte de los padres o tutores legales, ya que con la evolución de la sociedad y la nueva concepción que se ha ido adquiriendo en cuestión del rol que cubre cada uno de los padres en los ámbitos personal, familiar y laboral como sustento económico para su familia, actualmente en la mayoría de las familias mexicanas se presenta que ambos padres cubren una actividad laboral remunerada, tanto por decisión personal como por necesidad. Creando la necesidad en caso de tener hijos pequeños contar con un cuidador para su atención. Esto siempre genera preocupación e inseguridad por el completo bienestar y cuidado de los infantes por parte de sus cuidadores. Esta es una de las necesidades que se busca solucionar con el desarrollo de la aplicación de monitoreo, ya que además de interpretar el llanto del infante, cubre la función de monitorearlo, lanzando diferentes alertas tanto a padres como cuidadores dependiendo de la necesidad o sentimiento detectado y la prolongación del llanto, buscando así la tranquilidad de los padres o tutores y el apoyo al cuidado por parte de los cuidadores.

A demás se busca un impacto en el apoyo a la prevención de muerte de cuna o síndrome de muerte súbita del lactante SMSL en infantes entre uno y doce meses de vida, ya que esta es la causa de mortalidad más frecuente en países desarrollados, pero no se puede descartar que cualquier niño puede ser candidato a presentar SMLS. El hecho de monitorear la respiración del infante permite estar más al pendiente del bebé, además la aplicación al alertar tanto a padres como a cuidadores puede ayudar a prevenir y detectar casos de maltrato infantil o síndrome del niño maltratado, ya que este tipo de muerte se sigue presentando y aunque se podría prevenir evitando que el niño este al cuidado de alguien que no lo atienda de la manera correcta.

Para lograr que la aplicación móvil sea funcional se deberán desarrollar distintos módulos. Una parte esencial es el dispositivo que reciba y envíe señales sobre la respiración del bebé además también pueda enviar las señales de audio que van a ser procesadas por nuestro servidor, por lo que nuestro dispositivo de adquisición de datos va a ser un de las entradas para manejar los datos. Dentro del servidor se debe de realizar varias funciones como lo es la clasificación de señales, siendo así el clasificador un desarrollo que necesita de inversión de tiempo para que este sea entrenado correctamente al igual al momento de recibir una señal de prueba se tenga el mínimo de errores. Al tratarse de una aplicación móvil es importante contar con una interfaz que sea amigable con el usuario para que no haya dificultad al momento de utilizar la aplicación; al poder enviar un mensaje de alerta al padre o tutor mientras se encuentra lejos del cuidador, es importante considerar el uso de una interfaz desarrollada para el cuidador y otra para los padres. Cómo se puede apreciar, son varias fases necesarias para desarrollar la aplicación y que cumpla con los requerimientos planteados en la especificación del proyecto, razón por la cual se considera la participación de tres estudiantes, y así lograr una aplicación eficiente.

## 5. Productos o Resultados esperados

En esta sección se presenta de manera general las acciones de cada módulo que se implementara para la recepción de la información, para que esta pueda ser recibida y mostrada de manera clara, limpia y de forma inmediata como se muestra en la Figura 2.



**Figura 2.** Arquitectura del sistema. Elaboración propia.

Como se muestra en la Figura 2, a la entrada del sistema se tienen dos señales una de ellas es la señal de audio que proviene del llanto del Infante y otra es el monitoreo del ritmo cardíaco del mismo. Las señales son recibidas por el dispositivo de adquisición de datos mediante sensores, el cual posteriormente envía la información un servidor. Dentro del servidor se tiene dos etapas, una de entrenamiento y otra de recuperación. La etapa de entrenamiento utiliza una base de datos con sonidos de llanto y frecuencias cardíacas que permiten entrenar al modelo, las señales son enviadas hacia un módulo de preprocesamiento que segmenta, filtra y normaliza las señales, posteriormente se analizan las señales en frecuencia y los datos; el siguiente bloque que recibe los datos es la extracción de características para, finalmente llegar al clasificador que nos entrega las distintas clases de necesidades o de patologías y en el caso del ritmo cardíaco si se encuentra normal o acelerado. En el mismo flujo de entrenamiento se cuenta con la entrada de pruebas, que permite conocer si el modelo clasificador ha sido entrenado correctamente. Cuando se habla de la recuperación dentro del servidor, este adquiere las señales provenientes del dispositivo de adquisición de datos, pasando las señales por el módulo de preprocesamiento para posteriormente ser analizado, caracterizado y clasificado con la finalidad de saber si el llanto recibido trata de una necesidad o una patología de acuerdo a la clase arrojada, y en conjunto, en el caso del monitoreo del ritmo cardíaco, si se requiere de una atención urgente o todo se encuentra sin señal de alarma. Una vez que el servidor tiene una respuesta manda una alerta o un mensaje a la aplicación móvil que es recibida por el usuario final; el usuario final puede mandar de igual forma señales al servidor para que estas sean procesadas.

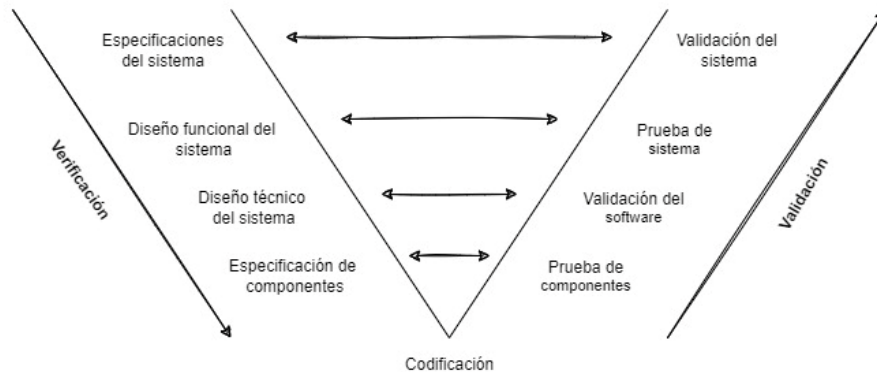
También se enlistan los productos esperados a implementar en el sistema:

1. Aplicación móvil para identificar e interpretar los llantos de bebés.
2. Modelo computacional para reconocimiento de llantos
3. Base de datos de llantos de infantes
4. Dispositivo de adquisición de datos para monitoreo de infantes
5. La documentación técnica de la aplicación.
6. El manual de usuario.



## 6. Metodología

La metodología en V, mostrada en la Figura 3, es considerada para llevar a cabo el presente trabajo. La metodología consiste en definir el proyecto en fases individuales para tener una mejor planificación y a su vez poder realizar pruebas mediante la implementación de cada fase e iterar el desarrollo. Al momento de llevar a cabo las fases de prueba o validación se necesita verificar la calidad del producto, y para lograr un mejor control de calidad se basará en la norma ISO 9001 (Geoinnova ISO 9001, 2021) que a su vez nos ayuda a tener una aplicación eficaz del sistema.



**Figura 3.** Diagrama metodología en V

La metodología en V permite ir realizando pruebas desde que se comienza el desarrollo del sistema, permitiendo que cada fase quede con las menores inconsistencias. Se planea llevar a cabo 4 fase de verificación y 4 de validación las cuales son:

### Verificación

**Especificaciones del sistema:** Se definen puntualmente las reglas de negocio, la lógica de negocio del sistema para definir el posible preprocesamiento de señales e implementación de posibles clasificadores que servirán como base para los siguientes módulos.

**Diseño funcional del sistema:** Tomando en cuenta la arquitectura se comienzan a desarrollar los módulos presentes en la figura 2, como lo son los bloques de preprocesamiento, análisis de señales, extracción de características y clasificador.

**Diseño técnico del sistema:** Para desarrollar correctamente los módulos de la figura 2 se debe de seleccionar la técnica propuesta de procesamiento al igual que un tipo de clasificador, una vez que se tenga el diseño óptimo se comienza a programar nuestros bloques.

**Especificaciones de componentes:** Se escoge el tipo de tecnología a implementar tanto en el dispositivo propio de recolección de datos, sensores para el control de apnea, así como las herramientas para realizar el código y las interfaces de la aplicación móvil.

### Validación

**Prueba de componentes:** Se prueba la funcionalidad del dispositivo para la obtención de señales al igual que se verifica que nuestro lenguaje de programación sea el más óptimo.

Validación de Software: Se debe de probar si los tipos de clasificadores propuestos y técnica de procesamiento de datos entregue una salida optima y así validar que el tipo escogido es el mejor para implementar.

Prueba de sistema: Se utiliza esta fase para probar bloque por bloque la funcionalidad de este, como un bloque depende de la salida del otro, interesados en que muestre los resultados esperados; en estas pruebas se incluyó la validación del dispositivo propio de adquisición de datos y la aplicación móvil.

Validación del sistema: una vez que se tenga el sistema completamente implementado se utilizaran las especificaciones del sistema para poder realizar la validación de este a partir de las reglas de negocio con las que se inició el desarrollo.

Para poder entrenar correctamente el clasificador propuesto se utilizará un repositorio de llantos de bebé ya existente. El entrenamiento del clasificador propuesto llevará a cabo varias etapas de entrenamiento para tener una mejor referencia al momento de recibir una señal de prueba y así garantizar una mayor eficacia. Nuestra principal herramienta para poder entrenar y utilizar el clasificador será el lenguaje de programación elegido por el equipo, también se debe de tener en cuenta el desarrollo de las interfaces móviles de la aplicación para el correcto uso de esta. Con la finalidad de que se tenga un producto de calidad de la meta propuesta es satisfacer las necesidades de los clientes, los cuales deben de tener como principal interés la asistencia para cuidado del infante mediante el entendimiento del llanto, la detección de patologías por el mismo, así como el monitoreo de la respiración.

## 7. Cronograma

**Alumno 1: Trejo Vera Fernanda**

[illegible]

**Alumno 2: Mireles Martinez Angel Mauricio**

[illegible]

**Alumno 3: Torres Reyes Karla Elizabeth**

[illegible]

## 8. Referencias

- Alberto, M. A. M. (2019, 14 febrero). *Instituto Nacional de Pediatría: Muerte súbita del lactante. Qué hacemos y qué debemos hacer para prevenirla*. Instituto Nacional de Pediatría. Recuperado 20 de abril de 2022, de <http://repositorio.pediatría.gob.mx:8180/handle/20.500.12103/1793>
- American Academy of Pediatrics, (2021) Afecciones comunes de los recién nacidos. Retrieved 24 April 2022, from <https://www.healthychildren.org/Spanish/ages-stages/baby/Paginas/common-conditions-in-newborns.aspx>
- Becerra, J.B., Pineda, D.A.F. & Chávez, V.M., 2014. *Sistema De Reconocimiento De Palabras Clave En Conversaciones De Voz*.
- Consumidor, P. (2019). Guarderías. Cuando de cuidar lo más importante se trata. Retrieved 22 April 2022, from <https://www.gob.mx/profeco/documentos/guarderias-cuando-de-cuidar-lo-mas-importante-se-trata?state=published>
- Delfín-Ruiz Claudia, Cano-Guzmán Rodrigo, Peña-Valencia, Erwin José. (Abril-Junio 2020). Funcionalidad familiar como política de asistencia social en México. *Revista de Ciencias Sociales*, XXVI, 43 - 55.
- Estadísticas a propósito del día del niño (30 de Abril)*. (2021, 28 abril). INEGI. Geraadpleegd op 15 april 2022, van <https://www.inegi.org.mx/app/saladeprensa/noticia.html?id=6473>
- Fernández Soto, Inmaculada; Amarís, María; Camacho Puentes, Rosa. (enero-julio, 2000). EL ROL DEL PADRE EN LAS FAMILIAS CON MADRES QUE TRABAJAN FUERA DEL HOGAR. *Psicología desde el Caribe*, 5, 157 - 171.
- García, J.O., & García, C.A. (2003). *Detecting Pathologies from Infant Cry Applying Scaled Conjugated Gradient Neural Networks*. ESANN.
- Geoinnova ISO 9001 - ¿Qué es?, importancia y trámites de certificación. (2021). Retrieved 25 April 2022, from [https://geoinnova.org/blog-territorio/iso-9001/#Para\\_que\\_sirve\\_la\\_ISO\\_9001](https://geoinnova.org/blog-territorio/iso-9001/#Para_que_sirve_la_ISO_9001)
- Mujeres, I. (2018). Las Madres en Cifras. Retrieved 24 April 2022, from <https://www.gob.mx/inmujeres/articulos/las-madres-en-cifras>
- Messaoud, A., & Tadj, C. (2010). *A Cry-Based Babies Identification System* (τ. 6134). doi:10.1007/978-3-642-13681-8\_23
- M. M. Jam, & H. Sadjedi. (2009). *Identification of hearing disorder by multi-band entropy cepstrum extraction from infant's cry*. doi:10.1109/ICBPE.2009.5384066
- M. Petroni, A. S. Malowany, C. C. Johnston, & B. J. Stevens. (1995). *Classification of infant cry vocalizations using artificial neural networks (ANNs)* (τ. 5). doi:10.1109/ICASSP.1995.479734
- Orozco-García, J., Reyes-García, C.A. (2003). *A Study on the Recognition of Patterns of Infant Cry for the Identification of Deafness in Just Born Babies with Neural Networks*. In: Sanfeliu, A., Ruiz-Shulcloper, J. (eds) *Progress in Pattern Recognition, Speech and Image Analysis. CIARP 2003. Lecture Notes in Computer Science*, vol 2905. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-24586-5\\_42](https://doi.org/10.1007/978-3-540-24586-5_42)
- Robotics Baby Caregiver*. International Journal of Advanced Robotic Systems. <https://doi.org/10.5772/55406>
- Sala de prensa. INEGI (2021). Retrieved 25 April 2022, from <https://www.inegi.org.mx/app/saladeprensa/noticia.html?id=6801>
- Santiago-Sánchez, K., Reyes-García, C. A., & Gómez-Gil, P. (2009). Type-2 Fuzzy Sets Applied to Pattern Matching for the Classification of Cries of Infants under Neurological Risk. *Emerging Intelligent Computing Technology and Applications*, 201–210. doi:10.1007/978-3-642-04070-2\_23

Software Process Models. (2022). Retrieved 22 April 2022, from [https://web.archive.org/web/20081223163420/http://www.the-software-experts.de/e\\_dta-sw-process.htm](https://web.archive.org/web/20081223163420/http://www.the-software-experts.de/e_dta-sw-process.htm)

Suaste-Rivas, I., Reyes-Galaviz, O. F., Diaz-Mendez, A., & Reyes-Garcia, C. A. (2004). A Fuzzy Relational Neural Network for Pattern Classification. *Progress in Pattern Recognition, Image Analysis and Applications*, 358–365. doi:10.1007/978-3-540-30463-0\_44

Transportes, S. (2020). En México hay 84.1 millones de usuarios de Internet y 88.2 millones de usuarios de teléfonos celulares: ENDUTIH 2020. <https://www.gob.mx/sct/prensa/en-mexico-hay-84-1-millones-de-usuarios-de-internet-y-88-2-millones-de-usuarios-de-telefonos-celulares-endutih-2020>

Yamamoto, S., Yoshitomi, Y., Tabuse, M., Kushida, K., & Asada, T. (2013). *Recognition of a Baby's Emotional Cry towards*

## 9. Alumnos y directores

*Fernanda Trejo Vera.* – Alumna de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta:2015011108, [ftrejov1400@alumno.ipn.mx](mailto:ftrejov1400@alumno.ipn.mx)

Firma: 

*Karla Elizabeth Torres Reyes.* – Alumna de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta:2015021307, [ktorresr1400@alumno.ipn.mx](mailto:ktorresr1400@alumno.ipn.mx)

Firma: 

*Angel Mauricio Mireles Martinez.* – Alumno de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta:2019630504, [amirelesm1500@alumno.ipn.mx](mailto:amirelesm1500@alumno.ipn.mx)

Firma: 

*Úrsula Samantha Morales Rodríguez.* - Dra. en Ciencias de la Computación (2022) y M. en C. en ingeniería de Computo (2018) del Centro de Investigación en Computación del Instituto Politécnico Nacional. Ingeniería en Sistemas Computacionales (2016) de la Escuela Superior de Computo/IPN. Áreas de interés: Reconocimiento de patrones, procesamiento de señales, IA. E-mail: [umoralesr@ipn.mx](mailto:umoralesr@ipn.mx)

Firma: 

*José Cruz Martinez Perales.* – Maestro en Administración de Negocios (2013), Egresado de administración Industrial, UPIICSA (1996). Áreas de interés: Reconocimiento de patrones, Autómatas Celulares. Correo: [jmartinezp@ipn.mx](mailto:jmartinezp@ipn.mx)

Firma: 

CARÁCTER: Confidencial  
FUNDAMENTO LEGAL: Artículo 11 Fracc. V y Artículos 108, 113 y 117 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.  
PARTES CONFIDENCIALES: Número de boleta y teléfono